

**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:** 102 (1921)

**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:** 05.04.2026

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

Eröffnungsrede  
des Jahrespräsidenten  
und  
Hauptvorträge

---

Discours d'introduction  
du Président annuel  
et  
Conférences

---

Discorso inaugurale  
del Presidente annuale  
e  
Conferenze

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten

DR. BERNHARD PEYER

Hochgeehrte Versammlung!

Im Namen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen heisse ich Sie alle herzlich willkommen!

Die Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft ist ein Fest der Arbeit und der Freude. Ein solcher Jahrestag fordert auf zu einem Rückblick auf die Vergangenheit, zumal wenn eine Gesellschaft, wie die unsere, den hundertsten Geburtstag schon hinter sich hat. Der Ablauf eines Jahrhunderts seit der Gesellschaftsgründung ist in Genf in glanzvoller Weise gefeiert worden; dagegen hat leider die Grippe-Epidemie im Jahre 1918 durch die hundertste Jahresversammlung einen unerbittlichen Strich gemacht. Infolgedessen sind dann im folgenden Jahre die Säkulargedanken nicht gebührend zu ihrem Rechte gekommen. Einen Rückblick auf ein Jahrhundert Schweizerischer Naturforschender Gesellschaft soll Ihnen deshalb die vorliegende graphische Darstellung vermitteln, welche der Kunstsinn eines meiner Freunde in eine festliche Dekoration umzusetzen wusste. Ich muss es aber dem einzelnen Beschauer überlassen, an Hand dieser Darstellung vergleichende schweizerische Statistik zu treiben, und mich selber auf einen knappen Rückblick auf Schaffhausen beschränken.

Es ist nun das fünfte Mal, dass Schaffhausen die Freude hat, die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft bei sich zu Gaste zu sehen. Die letzte hiesige Versammlung fand im Jahre 1894 statt. Der damalige Jahrespräsident, Professor Jakob Meister, wirkt noch heute in unverminderter Arbeitskraft und Rüstigkeit unter uns. Er hat sich auch, trotz seiner vielen Berufsarbeit, gewinnen lassen, an der Organisation der gegenwärtigen Versammlung in der tätigsten Weise mitzuwirken, wofür ich ihm meinen besonderen Dank sagen möchte.

Andere aber sind dahingegangen, so Dr. Vogler, der während Jahrzehnten die Seele der hiesigen naturwissenschaftlichen Be-

strebungen bildete, und Kelhofer, den Krankheit und früher Tod aus kurzem, aber reichem Schaffen gerissen haben. Sodann lassen Sie mich des badischen Landesgeologen, des Geh. Bergrates Dr. Ferdinand Schalch gedenken, der, trotz seines Wirkens jenseits der Grenze, allezeit ein guter Schaffhauser geblieben ist. Er gedachte, seinen Lebensabend unter uns zu verbringen; der Tod hat ihn dahingerafft. Die Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen hat ihm einen erratischen Block, einen Phonolithen aus dem Hegau, als Grabstein gestiftet. Einen kleinen Teil seiner grossen Lebensarbeit können Sie in seiner Sammlung überschauen, die er seiner Vaterstadt als Vermächtnis hinterlassen hat.

Ich hätte Ihnen gerne über das, was seit der Versammlung von 1894 in Schaffhausen oder von Schaffhausern in naturwissenschaftlicher Hinsicht geleistet wurde, zusammenfassend referiert. Da es sich aber um Arbeiten aus den verschiedenartigsten Gebieten handelt, die in allen möglichen Zeitschriften zerstreut sind, und da wir auch nicht auf ein eigenes Publikationsorgan hinweisen können, so muss ich darauf verzichten. Ich begnüge mich, zu erwähnen, dass die lokale Arbeit der letzten Jahre insbesondere der Schalchschen Sammlung gewidmet wurde.

Der Museumsverein, der seit 1843 bestand, hat sich vor einigen Jahren aufgelöst, als er gleichzeitig mit dem Historisch-antiquarischen Verein und dem Kunstverein seine Sammlung der Stadt Schaffhausen zu Eigentum übergab behufs einheitlicher Förderung eines Museums-Neubaues. Für alle drei Sammlungen ist durch die Bestellung eines städtischen und kantonalen Konservators gesorgt worden. Was nun die naturwissenschaftlichen Sammlungen anbelangt, so bleiben diese trotz der Einrichtung einer ständigen Beamtung, welche einen grossen Fortschritt bedeutet, infolge der Beschränktheit der vorhandenen Mittel nach wie vor auch auf die freiwillige Mithilfe der Naturfreunde angewiesen.

Ueber das städtische Museumsprojekt nur soviel, dass es nach langwieriger Vorgeschichte nunmehr greifbare Gestalt angenommen hat, indem fertige Pläne von Architekt Martin Risch in Chur vorliegen, die hoffentlich bald ausgeführt werden mögen. Selbst im günstigsten Falle werden aber die naturwissenschaftlichen Sammlungen noch lange auf ihr neues Heim zu warten

haben, da dieses als letzte der auf einen längern Zeitraum zu verteilenden Bauetappen vorgesehen ist. Doch hoffen wir, in absehbarer Zeit im bisherigen Gebäude mehr Platz zu erhalten.

An der Versammlung von 1894 standen die Grabungen von Schweizersbild im Vordergrund. Was seither, und auch was vorher auf dem Gebiete der Prähistorie bei uns geleistet wurde, darüber mögen Sie sich in der Ausstellung orientieren, welche Herr Konservator Sulzberger im alten Kloster veranstaltet hat. Sie bringt die Resultate aller der verschiedenen Arbeiter gleichmässig zur Geltung.

Von der Jahresversammlung von 1873 ist hauptsächlich zu sagen, dass sie den Anstoss gab zur Neukonstituierung der seit den dreissiger Jahren nicht mehr zusammengetretenen kantonalen Naturforschenden Gesellschaft. In der Eröffnungsrede des damaligen Jahrespräsidenten Dr. Stierlin tritt uns ein Stück Schaffhausergeschichte entgegen, indem er nicht etwa über sein wissenschaftliches Spezialgebiet, die Entomologie, vortrug, sondern über die Erstellung des Moserdammes berichtete, auf welches Unternehmen der industrielle Aufschwung Schaffhausens zurückgeht.

Die Versammlung von 1847, welche Apotheker Laffon präsiidierte, spiegelt trefflich den wissenschaftlichen Habitus jener vordarwinischen Epoche wieder, welche sich, speziell in der Biologie, durch ruhiges Ordnen und Sichten eines gewaltigen Materials von neuen Einzeltatsachen auszeichnete.

Von dem hervorragenden Manne, welcher 1824 die erste Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft zu Schaffhausen, die zehnte in der ganzen Reihe, leitete, von Joh. Conrad Fischer, gibt Ihnen unsere Beilage zur Teilnehmerkarte ein so treffliches Lebensbild, dass ich nichts beizufügen habe, sondern mit dem besten Dank an den Herrn Verfasser Sie auf diese Biographie verweisen kann.

Gestatten Sie mir nun, rückschauend, mit ein paar Worten noch über die 100 Jahre Schweizer. Naturf. Gesellschaft hinaus einen Blick in die fernere Vergangenheit des naturwissenschaftlichen Lebens in Schaffhausen zu tun. Da ist zunächst zu nennen der Mediziner Joh. Konrad Ammann, der sich unvergängliche Verdienste um den Taubstummenunterricht erworben hat mit seiner 1692 erschienenen, der internationalen Verbreitungs-

möglichkeit halber lateinisch abgefassten Schrift: „Der sprechende Taube, oder Verfahren, wie ein Taubgeborener sprechen lernen kann.“ Von den Neunzigerjahren des 17. Jahrhunderts auf etwa zwei Jahrzehnte rückwärts erstreckt sich sodann die glänzendste Periode im naturwissenschaftlichen Leben Schaffhausens. Da wirkte das Dreigestirn von Aerzten und zugleich Naturforschern, Joh. Jakob Wepfer, welcher der älteste unter ihnen war und dessen Name vom hellsten Glanze umstrahlt wurde, Johann Konrad Brunner aus Diessenhofen und Johann Konrad Peyer. Es würde mich zu weit von meinem eigentlichen Thema abführen, wenn ich auf die hochbedeutenden Forschungen jenes Aerztekreises näher eingehen wollte. Die Namen von Brunner und Peyer muss sich noch heute jeder Student der Medizin einprägen. Es liegt mir nur daran, darauf hinzuweisen, dass der lebendige, echt wissenschaftliche Geist jener Akademie — unter dieser Bezeichnung trat der Freundeskreis nach aussen hervor — wurzelte in jenem gewaltigen Rinascimento antiker Bildung, welches als Humanismus zusammengefasst wird.

Jene mächtige Bewegung hat sich nicht kampflos durchgesetzt. Im ganzen Abendlande gab es manchen scharfen Strauss auszufechten zwischen dem jungen Humanismus und der alternen Scholastik. Es ist heute schwer, sich ein der Wirklichkeit entsprechendes Bild von den damaligen Gegensätzen zu machen, die leider bald durch religiöse Differenzen getrübt und verschoben wurden. Namentlich soll man sich hüten, nach Art der populären Darstellungen konfessionelle Gegensätze, die erst nachträglich hinzukamen, in den Vordergrund zu stellen und von da aus, je nach dem Standpunkte, alles Licht dem einen Teile, allen Schatten dem andern, zuzusprechen.

Jch habe mir erlaubt, Ihre Aufmerksamkeit auf jenes gewaltige Ringen zwischen Scholastik und Humanismus hinzulenken, deswegen, weil die humanistische Bildungsweise, damals jung und angriffslustig, heute selber in eine Defensivstellung geraten ist. Es scheint da nach dem Worte zu gehen, das Friedrich Paulsen auf die Scholastik im 16. Jahrhundert prägte: „Es ist das Schicksal jeder historischen Gestaltung, von der nachdrängenden Lebensform mit Hass und Verachtung beseitigt zu werden.“

Die grossen Wandlungen im Geistesleben der Völker vollziehen sich nach Gesetzen, die vielleicht einmal in ferner Zukunft an Hand eines ungeheuren Materials werden formuliert werden können; zurzeit bleibt uns ein Prophezeien nach Schema versagt. Nicht versagt aber ist es uns, den Umwandlungsprozess, der sich in der Struktur unseres Bildungslebens vor unsern Augen abspielt, mit Bewusstsein zu überdenken und uns insbesondere Rechenschaft zu geben über die Stellung, welche die Naturwissenschaft, in mannigfaltiger Weise interessiert und beteiligt, einzunehmen hat in der vielumstrittenen Frage nach dem Werte der humanistischen Bildung für unsere heute heranwachsende Jugend.

Es ist ein Kampf zwischen Altem und Neuem. Ich habe mir erlaubt, hier auf Schaffhauser Boden gerade diese Frage zu meinem Thema zu machen, weil jedem Besucher Schaffhausens, und insbesondere den Teilnehmern an der Jahresversammlung Altes und Neues in engstem, friedlichem Nebeneinander sich präsentieren:

Das Alte, ich brauch's kaum zu nennen: Die alten Türme und Mauern, das bodenständige, solide Bürgertum, die Bürgerhäuser, jene Zeugen einer feinsinnigen, formsicheren Baukunst, die Kirchen des Mittelalters, und, von der Gegenwart mit besonderem Interesse wieder ans Licht gezogen, die zahlreichen Spuren früherer Vergangenheit bis zurück zu jenen uralten Dokumenten der Menschheit, zu Renntierzeichnung und Feuersteingerät.

Das Neue: Eine ausserordentlich vielgestaltige Industrie, die sich, zumal in den jetzigen schweren Zeiten, bis aufs äusserste rastlos anstrengt, um sich im Wettkampfe zu behaupten, eine Industrie, welche mit ihren Wohlfahrtseinrichtungen, mit ihren Arbeiterproblemen, mit ihrem ganzen Ringen und Schaffen so recht mitten in der lebendigsten Gegenwart steht, um ein Bild zu gebrauchen, gleichsam „vor Ort“ in dem ungeheuern Stollen, der in die Zukunft getrieben wird.

Aus diesem Bilde eines engen, friedlichen Nebeneinander von Altem und Neuem, wie es das heutige Schaffhausen bietet, gewinnen wir die richtige Einstellung zu unserer Frage. Die Bildung, wie sie einst das „Collegium humanitatis“ zu Schaffhausen, wie tausend andere Anstalten, vermittelte, hat längst

den Anspruch verloren, eine wirklich allgemeine heissen zu dürfen. Schon Voltaire hat sich darüber lustig gemacht, wie man im Abendlande das bisschen griechische und römische Geschichte nebst dem europäischen Mittelalter als Universalgeschichte betrachte. Seither hat sich der Begriff der allgemeinen Bildung noch mehr verschoben. Als in den Jahren 1863 bis 1866 der Moserdamm im Rhein errichtet wurde (an welches Werk sich, wie schon erwähnt, die intensivere industrielle Entwicklung Schaffhausens knüpft), — da haben die lateinischen Verba nichts mit der Sache zu tun gehabt, so wenig, als zu der mannigfaltigen Verarbeitung von Wolle, Baumwolle, Eisen, zur Fabrikation von Uhren, Bahnwagen, Aluminium, zur tausendfachen Dienstbarmachung des elektrischen Stromes, im feinsten Apparat wie in der mächtigsten Kraftmaschine, griechische Verbalformen von Nöten sind! Man versteht daher die zahlreichen Stimmen, welche sagen: „Latein und Griechisch sind ein unnützer, toter Ballast in unserem Bildungswesen, sie gehören zum alten Eisen und je schneller, je besser gänzlich aus der modernen Jugenderziehung hinausgeworfen.“

Wenn ich nun hier den Standpunkt vertrete, dass die humanistische Bildung auch heute noch und auch für die Naturwissenschaften hohe und zurzeit unersetzliche Werte in sich birgt, so möchte ich von vorneherein klipp und klar erklären: Ich halte sie für *einen* oft erprobten, sichern Weg zum Ziele, aber nicht für den einzig möglichen. Und ferner sei betont: Ich bin nicht in der Lage, zu den praktischen Einzelfragen, wie sie gegenwärtig vielerorts und mit viel Leidenschaft ausgekämpft werden, mit kompetentem Urteil Stellung zu nehmen, sondern ich möchte, entsprechend dem würdigen Forum, auf welchem ich diese Sache zur Sprache zu bringen die Ehre habe, den Blick aufs Ganze menschlichen Geisteslebens richtend, ruhig dartun, warum ich die humanistische Bildung, wohlbemerkt in einem Umfange, der es gestattet, daneben auch die Fundamente zu mathematisch-naturwissenschaftlichem und neu-sprachlichem Wissen zu legen, auch heutzutage noch als zeitgemässe und zweckmässige Vorschule naturwissenschaftlicher Hochschulbildung betrachte.

Ich verzichte darauf, die Gegenargumente zu formulieren und rhetorisch zu bekämpfen und begnüge mich damit, Ihnen

diejenigen Gründe, welche mir zur Unterstützung meines Standpunktes am wesentlichsten erscheinen, ganz einfach vorzulegen.

Während des Weltkrieges sagte mir ein bekannter deutscher Pädagoge gesprächsweise: „Wenn doch dieser Krieg nur das eine Gute hätte, das Lateinische und das Griechische totzuschliessen!“, worauf ich ihm erwiderte, das liesse sich hören, wenn es möglich wäre, unter die ganze Vergangenheit einen dicken Strich zu ziehen und völlig neu anzufangen. Aber wer kann diesen Strich ziehen! Wie in der Gesetzgebung eines Volkes nicht ungestraft die ganze historische Entwicklung vernachlässigt werden darf, wie in der ontogenetischen Entwicklung eines Individuums unverkennbar auch seine Stammesgeschichte mitbestimmend ist, so scheinen mir die humanistischen Bildungselemente, welche zurzeit noch vielgestaltig unser ganzes Geistesleben durchsetzen, nicht ohne schweren Nachteil auf einmal und plötzlich beseitigt werden zu können. Wenn schon ein Abbau notwendig wird, so hat er langsam und besonnen zu geschehen. Wahrung der Continuität des Geisteslebens — so möchte ich den ersten der Gründe formulieren, welche für Beibehaltung humanistischer Bildungsweise sprechen.

Zum zweiten sei der formale Bildungswert der alten Sprachen hervorgehoben. Das Uebersetzen lateinischer oder griechischer Texte ist eine zwar strenge, aber anerkannte und bewährte Schulung zu begrifflicher Klarheit. Klarheit im Denken und im Ausdruck sind aber im heutigen Betriebe der Naturwissenschaften so notwendig, wie nur je zuvor. Man gewinnt oft beim Durchmustern unserer Fachschriften den Eindruck, manche langatmige Diskussion hätte sich abkürzen oder vermeiden lassen, wenn nicht dieses Erfordernis über dem reichen Tatsachenmaterial vernachlässigt worden wäre.

Sodann gewährleistet die humanistische Bildungsweise das tiefere Verständnis des Wortschatzes der Naturwissenschaften. Ich halte diesen Punkt nicht für so nebensächlich, wie er oft eingeschätzt wird. Gewiss lässt sich da mit Fremdwörterbüchern nachhelfen; allein wer tut's? Es sei mir gestattet, hierzu eine persönliche Erfahrung anzuführen, welche ich bei Gelegenheit einer vorübergehenden Betätigung im anatomischen Unterrichte machen konnte. Ich habe da den Eindruck gewonnen, dass sprachlich nicht genügend vorgebildete Schüler

die Sprache ihrer akademischen Lehrer überhaupt nicht verstanden und infolgedessen sich den Stoff in rein mechanischer Weise mit ungeheurem Zeitaufwande aneigneten, während dasselbe Wissen sich dem Verstehenden durch den vortrefflichen Unterricht meiner damaligen Lehrer in elegantem Aufbau schön und freudvoll erschloss, beim vierten Teil des Zeitaufwandes, und dabei, innerlich erlebt, sicher tiefer haften blieb, als das mechanisch Angelernte.

Zum Folgenden muss ich etwas weiter ausholen. Der freie Geist der Forschung, der unsere ganze Naturwissenschaft be-seelt, der es versteht, Wissen und Glauben auseinanderzuhalten, der sich der Hypothesen bedient, solange sie nicht durch Erfahrungen widerlegt werden, und sie fröhlich verlässt, sobald dieser Fall eintritt, der Geist, der ohne Rücksicht auf den Nutzen zu forschen und zu vergleichen beginnt: Es ist ein Stück hellenischen Geistes, der da fortlebt. Die Griechen waren die Ersten, welche über das eigene Volkstum hinaussahen und bewusst sich mit den andern zu vergleichen begannen; sie legten auch den Grund zur vergleichenden Betrachtung in der Biologie. Ich brauche wohl nicht besonders zu betonen, welche ungeheure Bedeutung der Prozess des Vergleichens nachmals in aller Naturwissenschaft gewonnen hat. Die Griechen begannen zu experimentieren und die Experimente zu diskutieren. Freilich waren die Versuche noch roh und unvollkommen und die Resultate vielfach falsch. Das tut aber der Tatsache keinen Eintrag, dass in dem leichtbeweglichen, hellen griechischen Geiste die lebendige Naturforschung unserer Tage wurzelt. Der Zusammenhang mit diesem Mutterboden soll erhalten bleiben! Man vergesse nie, welche köstliche Frucht das Zurückgreifen auf die Antike zur Zeit der Renaissance gebracht hat.

Nunmehr noch ein Wort an manche unserer Altphilologen. Sie möchten doch begreifen lernen, dass die Position ihrer Disziplin eine gefährdete ist, und sie möchten alles tun, damit nicht die Jugend an dem Schatze, den sie hüten, achtlos vorbeigeht. Dazu gehört aber meines Erachtens, dass sie sich mit dem ganzen Bildungsinhalte der Antike vertraut machen und ihren naturwissenschaftlichen Kollegen im Lehramte in die Hände arbeiten. Gegenwärtig besteht an vielen Mittelschulen, wenn nicht geradezu ein erbitterter Kampf um die Seele der

Jugend, so doch ein verständnisloses Nebeneinanderhergehen. Wie fein und lieblich wäre es doch, wenn, während der Naturwissenschaftler die Anfangsgründe seines Gebietes lehrt, der Altphilologe in den obersten Klassen gleichzeitig vom lebendigen Anfang echter Wissenschaft im alten Griechenland zu berichten wüsste! Wenn ausserdem ein Minimum von Zeit auf die Erläuterung der gebräuchlichsten lateinischen und griechischen Fremdwörter der Naturwissenschaften, welche durchaus nicht am üblichen Schulwege liegen, verwendet würde, so dürfte auch diese Zeit nicht verloren sein.

Der folgende Punkt scheint mir für die gegenwärtige Zeit besondere Bedeutung zu besitzen: Bei einer vorwiegend mathematisch-naturwissenschaftlich orientierten, auf zahlreiche Fachlehrer verteilten und schon aufs Spezielle zugeschnittenen Bildungsweise liegt die Gefahr nahe, der Jugend in den eindrucksfähigsten Jahren blosse Kenntnisse beizubringen ohne die gleichzeitige Vermittlung ethischer Werte. Was es aber heisst, in die Hand eines Menschen die Gewalt über die ganzen chemischen, physikalischen oder biologischen Machtmittel zu legen, indem man ihm die dazu nötigen Kenntnisse erschliesst, ohne ihn gleichzeitig zu einem sittlichen Menschen erzogen zu haben, das brauche ich nicht näher auszuführen. Kommt es doch schon vor, dass in allgemein zugänglichen Handbüchern manches unterdrückt wird, damit es nicht in unrechte Hände gelange. Es gibt sicher verschiedene Wege, um dieser Gefahr zu begegnen. Ich möchte hier, wie für meine ganzen Ausführungen, nochmals scharf betonen, dass mir die humanistische Bildungsweise *einen* Weg zum Ziele bedeutet, durchaus nicht den einzigen; aber einen bewährten Weg auch in dieser Frage: Die humanistische Schulung hat es ohne allen Zweifel mit grossem Erfolge verstanden, Menschen von anständiger Gesinnung heranzubilden.

Das letzte Argument, das ich namhaft machen will, dürfte hier in der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft ein ganz besonderes Verständnis finden; denn diese hat jetzt nach dem Weltkriege die schöne Aufgabe, in der Welt der Wissenschaft zwischen den Gegnern von gestern die abgerissenen Fäden der internationalen Beziehungen, welche für das Ganze der Wissenschaft so notwendig sind, behutsam wieder anzu-

knüpfen. Es gab einmal eine einigende Weltsprache, ein Esperanto der Gelehrten. Das war die lateinische Sprache. Ein bekannter Mathematiker hat sich jüngst gesprächsweise dahin geäußert, er betrachte deren Abolition als allgemeine Gelehrtensprache als ein schweres Unglück, welches das Geistesleben der neueren Zeit betroffen habe, und ich möchte ihm darin lebhaft beipflichten. Wenn es nun auch nutzlos ist, der vergangenen Herrlichkeit nachzutauern, so ist doch soviel sicher, dass die humanistische Bildungsgrundlage, wie sie heute noch geboten wird, den werdenden Gelehrten in den Stand setzt, bei allem selbstbewussten Festhängen am eigenen Volkstum doch über die eigenen Grenzpfähle hinauszusehen und zu jenem kosmopolitischen Verständigungswillen zu gelangen, der für die Wissenschaft Lebensatem ist.

Von dem ganzen, unendlichen Reichtum an sonniger Schönheit, an unvergänglich lebendigem, vielgestaltigem Menschentum, den die Antike in sich birgt, vom zartesten Liebesliede bis zum derbsten Spasse, vom selbstsichern Epos bis zur raffiniertesten Dekadenzliteratur, von Homer bis Lukian, von Ennius bis Ausonius — von all dem durfte ich gar nicht reden, denn mein Thema lautete speziell: Die Stellung der Naturwissenschaften zur Frage der humanistischen Bildung. Auch in dieser engen Umgrenzung wäre noch manches zu sagen, allein ich muss zu Ende kommen. Ich tue es, indem ich auf meinen Ausgangspunkt zurückverweise, auf jenes Bild eines engen, friedlichen Nebeneinander von Altem und Neuem, wie es unsere gute Stadt Schaffhausen bietet. Mögen sich die Teilnehmer an der Jahresversammlung erfreuen an dem vielen schönen Alten, das hier noch zu sehen ist, und an den uralten, interessanten Dokumenten der Prähistorie und der Geologie, und mögen die wissenschaftlichen Verhandlungen recht viel Neues zu Tage fördern!

Ich erkläre die 102. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft für eröffnet.

# Über die genetischen Beziehungen der lebenden Hominiden, auf Grund von Studien an Neu-Caledoniern

FRITZ SARASIN

Die Klassifikation der lebenden Formen des *Homo sapiens* bildet ohne Zweifel einen wunden Punkt der anthropologischen Wissenschaft. Eine ganze Reihe von Systemen sind aufgestellt worden, ohne dass eines derselben volle Anerkennung sich hätte erwerben können. Von den Einen wird die lebende Menschheit in eine wechselnde Zahl von Gattungen und Arten aufgelöst; von den Anderen werden bloss Varietäten oder Rassen einer und derselben Spezies, *Homo sapiens* L., anerkannt.

Nicht einmal über die Grundfrage, ob die lebende Menschheit mono- oder polyphyletischen Ursprungs sei, das heisst, ob sie von einer oder von mehreren tierischen Stammformen abgeleitet werden müsse, ist eine Einigung erzielt worden, und es entbehrt auch die Diskussion hierüber jeder sicheren Grundlage, so lange die Paläontologie, von der allein eine Lösung zu erhoffen ist, uns, wie dies heute noch der Fall ist, im Stiche lässt. Man muss sich daher über die ans Naive grenzende Sicherheit wundern, mit welcher von einzelnen modernen Autoren Stammbäume aufgestellt werden, welche die verschiedenen lebenden Menschenstämme, von denen in der Regel drei, der Weisse, Gelbe und Schwarze, manchmal auch mehr, angenommen werden, mit den verschiedenen, heute noch lebenden Anthropoiden-Arten, Gorilla, Schimpanse, Orang und *Hylobates* und deren Vorfahren in genetische Beziehung gebracht werden.

Auch die enorm wichtigen mittelpleistocänen Funde der *Homo neandertalensis*-Gruppe, die man zuerst als Stammform der lebenden Menschheit, als *Homo primigenius* begrüsst, haben uns keine Lösung des Abstammungsproblems der Menschheit gebracht, weil wir keine der lebenden Formen direkt aus ihr

können hervorgehen lassen, es vielmehr durchaus den Anschein hat, dass es sich dabei um einen abgestorbenen Ast am Stamm der Menschheit handelt. Immerhin liefert uns diese Menschenform, als deren nahe verwandter, bis jetzt nur durch eine Mandibel repräsentierter Vorfahr *Homo heidelbergensis* gelten kann, da der Wurzel des Menschengeschlechts näher stehend und sehr viel mehr pithecoïde Merkmale aufweisend als irgend einer der heute noch lebenden Zweige der Menschheit äusserst wichtige Anhaltspunkte für die Beurteilung der Frage, welche Eigenschaften der heutigen Menschheit als primitive anzusehen sind, wobei freilich stets im Auge behalten werden muss, dass auch die Neandertalensis-Gruppe in mancher Beziehung ihre eigenen, phylogenetisch nicht verwertbaren Entwicklungswege eingeschlagen hat.

Wenn der mittelpleistocäne *Homo neandertalensis* nicht die Wurzel der heutigen Menschheit darstellt, ist der Schluss unabweislich, dass neben ihm andere Menschenformen gelebt haben müssen, die als Vorläufer des rezenten *Homo sapiens* anzusprechen wären. Unsere Kenntnisse in dieser Richtung sind aber noch äusserst dürftige. Die nach VERNEAU negroïd afrikanischen Charakter zeigenden Skelette der in der Grotte des Enfants bei Monaco entdeckten Grimaldi-Rasse gehören ihrer Lage und den begleitenden Kulturresten nach dem frühen Aurignacien an, sind also zeitlich jünger als die Neandertaler. Noch etwas jünger, aber auch noch ins Aurignacien fallend, sind die Reste des den Europäer ankündenden Cro-Magnon-Menschen und die Skelette von Combe Capelle und anderen Orten. Funde aus späterer Zeit und solche unbestimmten Alters lassen wir hier bei Seite. Leider sind auch die wichtigen fossilen Reste von Talgai in Queensland und Wadjak auf Java zeitlich nur schätzungsweise datierbar. Erhebliche Schwierigkeiten bereitet der nach Angabe altpleistocäne Fund des *Eoanthropus dawsoni* in Piltdown, England, bestehend aus einem Schädel von rezent menschlichem Charakter und einer schimpansenartigen Mandibel, über deren Zusammengehörigkeit die Forscher sehr verschiedener Meinung sind.

Bei dem gegenwärtigen Stand unserer paläontologischen Kenntnisse liegt meines Einsehens kein zwingender Grund vor, eine polyphyletische Entstehung des Menschengeschlechts aus verschiedenen Primatenwurzeln anzunehmen, und zweifellos ist

die Verwandtschaft aller heute lebenden Hominiden untereinander eine viel engere als die der vier lebenden Anthropoidengattungen unter sich. Dagegen ist als sicher anzunehmen, dass die Stämme der heutigen menschlichen Hauptvarietäten sich schon frühe voneinander geschieden haben. In jedem derselben scheint die Entwicklung nach denselben Gesetzen ähnliche Wege eingeschlagen zu haben, wonach die Endformen in vielen Punkten Übereinstimmungen zeigen werden, ohne doch nahe miteinander verwandt zu sein. So nehme ich beispielsweise an, dass die Prognathie in den verschiedensten Stämmen selbständig allmählich abgenommen und damit Hand in Hand die Gesichtsförmigkeit sich verändert habe, desgleichen die Fussbildung und die der unteren Extremität überhaupt sich mehr und mehr dem aufrechten Gang angepasst, die Armlänge sich verkürzt habe usw. Dabei darf ferner gewiss postuliert werden, dass in jedem Stamm einzelne Glieder in der Entwicklung, gegenüber anderen, zurückgeblieben sind, andere in fortschreitender Entwicklung sich befinden, wieder andere vielleicht aus früherer Höhe zurückgesunken sind, und dasselbe gilt für die einzelnen Individuen jeder scheinbar noch so homogenen Varietät.

Es ist im allgemeinen unverkennbar, dass die Unterschiede zwischen den heutigen menschlichen Varietäten augenfälliger in den äusseren Körpermerkmalen als im Bau von Schädel und Skelett sich aussprechen. Hautfarbe, Haarwuchs, Nasenflügelbreite, Lippen- und Epicanthusbildungen, Fettpolsterentwicklung usw. liefern leichter fassbare Unterscheidungsmerkmale als das Knochensystem. Diese Erscheinung findet sich aber auch im Tierreich wieder. Jeder Zoologe weiss, wie mühsam es ist, den Schädel des Löwen von dem des Tigers zu unterscheiden, so abweichend diese beiden Tierformen uns im Leben entgegenreten, und kaum dürfte es möglich sein, die so verschieden gestreiften Zebra-Arten nach ihrem Schädel zu bestimmen. Und doch müssen wir dem menschlichen Skelettsystem eine um so grössere Aufmerksamkeit widmen, weil dieses den einzigen Vergleich mit den fossilen Formen ermöglicht und somit den einzigen Weg weisen kann, der zur Aufstellung eines Stammbaums der Hominiden zu führen vermag.

Es dürfte heute eine allgemein anerkannte Tatsache sein, dass es kein einziges Merkmal gibt, weder in der äusseren Kör-

perform, noch am Skelett, das für sich allein eine Klassifikation der lebenden Hominiden ermöglichen würde. Niemand wird, denke ich, heute noch behaupten wollen, dass beispielsweise alle Langköpfe und Kurzköpfe, Hochschädel und Flachschaedel, Langgesichter und Breitgesichter, Grossgewachsene und Kleinwüchsige, Hell- und Dunkelhäutige usw. auf Grund dieser Eigenschaften nahe miteinander verwandt seien. Von der Mehrzahl der Forscher wird noch der Haarform ein ausschlaggebendes Gewicht für die Einteilung der Menschheit zuerkannt, und wir haben selber früher bei der Bearbeitung der Wedda von Ceylon diese Anschauung vertreten.

Heute bin ich aber geneigt, der Haarform keine so fundamentale Bedeutung mehr zuzuschreiben und zweifle an der bloss einmaligen Entstehung des Woll- oder besser Spiralhaars, das uns als das fremdartigste unter den menschlichen Haarkleidern erscheint. Hat es einmal spontan entstehen und sich erblich fixieren können, so ist im Grunde nicht einzusehen, warum es nicht ein zweites und drittes Mal aus Ursachen, die uns freilich unbekannt sind, sich zu entwickeln vermöchte, denn dass es ein ursprüngliches, schon einer tierischen Urwurzel zukommendes Merkmal sein könnte, ist ganz ausgeschlossen. Keine einzige tierische Primatenform besitzt eine der menschlichen Ulo- oder besser Helicotrichie entsprechende Behaarung. Auch der Berggorilla, der gelegentlich als wollhaarig bezeichnet wird, hat bloss einen dichten, an den Beinen leicht lockigen Pelz, der aber mit der menschlichen Spiralhaarigkeit nicht das mindeste zu tun hat.

Ich werde zu der Annahme einer mehrfachen Entstehung des menschlichen Wollhaares durch die Beobachtung geführt, dass die im erwachsenen Zustand dicht kraushaarigen Neu-Caledonier neugeboren fast glattes, als Kinder noch locker spiraliges Haar besitzen und durch die Tatsache, dass beim afrikanischen Neger dieser Haarwechsel viel früher und rascher, in wenigen Tagen oder Wochen, sich vollzieht, was mir auf einen geologisch älteren Erwerb des Spiralhaarkleids bei diesen letzteren hinzuweisen scheint. J. FRÉDÉRIC hat die interessante Beobachtung gemacht, dass bei Negerembryonen die Haarfollikel noch nicht die säbelförmige Krümmung des Spiralhaars aufweisen, sondern eine gerade Gestalt besitzen, wie sie geraden oder welligen Haaren zukommt.

Hierher gehört auch die bei den Australiern konstatierte Variabilität der Behaarung, indem neben der vorwiegend welligen oder lockigen nach KLAATSCH, PÖCH, BASEDOW und anderen Beobachtern Formen vorkommen, die als gekräuselt oder sogar als eigentlich kraus bezeichnet und als Vorstufen des Spiralhaars gedeutet werden können. Auch bei einzelnen Individuen der sonst wellhaarigen Wedda von Ceylon ist dies der Fall, und in Neu-Guinea und dem vorgelagerten Bismarck-Archipel variiert nach dem Zeugnis von HAGEN und NEUHAUSS das in der Regel helicotriche Haar bis zu fast schlichten Formen. Zuweilen ist überhaupt der Haarwuchs das einzige Merkmal, durch das sich menschliche Varietäten unterscheiden. Nach MARTIN z. B. lassen die wollhaarigen Semang von Malakka ausser dem Haarwuchs, physisch und ergologisch, keinerlei markante Unterschiede von der wellhaarigen Gruppe der Senoi erkennen.

Wenn Spiralhaar, wie ich es für äusserst wahrscheinlich halte, an verschiedenen Orten selbständig hat entstehen können, kommt natürlich die Notwendigkeit in Wegfall, alle durch solches ausgezeichneten Menschenformen von Afrika bis zu den Andaman-Inseln, den Philippinen und Melanesien als gemeinsamen Stammes, den andershaarigen Menschenvarietäten gegenüber, zu betrachten.

Die Stellung einer menschlichen Varietät im System kann meiner Meinung nach nur bestimmt werden durch die Summe anatomisch niederer oder höherer Merkmale, die ihr eigen sind. Um dies festzustellen, ist es vor allem nötig, zu präzisieren, was unter höheren und primitiveren Merkmalen zu verstehen sei, einen bestimmten Maßstab zu suchen, nach welchem gemessen werden kann.

Als höhere oder *progressive* Merkmale möchte ich solche bezeichnen, welche in der Stufenleiter der rezenten menschlichen Varietäten sich am weitesten entfernen von den entsprechenden des Homo neandertalensis und der Simiiden, speziell der Anthropomorphen, als deren am wenigsten einseitig veränderte und der menschlichen Urwurzel noch am nächsten stehende Form heute wohl sicher der Schimpanse angesehen werden muss. Als den progressivsten, höchst entwickelten Formenkreis des Menschen dürfen wir wohl den europäischen oder doch wenigstens gewisse Gruppen desselben bewerten, da in den

meisten, wenn auch nicht in allen Merkmalen, sich am weitesten von primitiven Zuständen entfernend. Als niedrige, primitive oder *inferiore* Merkmale wären andererseits alle diejenigen zu bezeichnen, welche in gegenteiligem Sinne weisen, also weniger als bei den höchst entwickelten Menschenformen von tieferen Bildungsstufen sich entfernen. Endlich gibt es eine Gruppe von Eigenschaften, in denen sich die menschlichen Varietäten voneinander unterscheiden und die phylogenetisch kaum als höher oder tieferstehend angesehen werden können. Hierher dürften z. B. die stärkere oder geringere Pigmentierung der Haut, des Haares und der Iris gehören, die Fettpolsterentwicklung, Epicanthusbildungen, vielleicht auch der Haarwuchs und manches andere. Ich nenne diese *indifferente*.

Am unzweideutigsten inferior oder primitiv erscheinen diejenigen Merkmale, welche, gegenüber den heute lebenden Menschenformen, in gesteigertem Grade bei der Gruppe des *Homo neandertalensis*, den Anthropoiden oder auch niedrigeren Primatenformen sich wiederfinden und zugleich beim menschlichen Fetus oder Kinde in die Erscheinung treten, aber bei den höchststehenden Varietäten im erwachsenen Zustand progressiv überwunden werden, während sie bei den auf tieferer anatomischer Stufe stehenden dauernd erhalten bleiben.

Ich habe meinen letzten Aufenthalt in Neu-Caledonien dazu benützt, die dortigen, vor der europäischen Zivilisation rapid dahinschwindenden Eingeborenen zu untersuchen und in den letzten Jahren mein umfangreiches Schädel- und Skelettmaterial durchgearbeitet. An diesem habe ich 110 Merkmale zusammengestellt — es würden sich noch mehr finden lassen — in denen sich die Neu-Caledonier, dem Europäer gegenüber, als inferior, somit nach primitiveren Zuständen hinweisend, verhalten.

Es kann sich in der beschränkten Form eines Vortrags nicht darum handeln, diese inferioren Merkmale ausführlich zu besprechen; es seien nur eine Anzahl der wichtigsten genannt und im übrigen für die weitere Ausführung auf meine demnächst erscheinende Anthropologie der Neu-Caledonier verwiesen. Als dem Europäer gegenüber inferior wären etwa die folgenden Eigenschaften der Neu-Caledonier zu betrachten: Geringere Kapazität des Schädels, sehr starker Knochenbau, hohes Calvar- und Mandibelgewicht, senkrechter Aufbau der Seitenwände der schmalen,

dolichocranen Schädelkapsel, eine nur wenig nach vorne zu, nicht selten nach hinten aufgerichtete Achse der Ebene des Hinterhauptsloches, mehr oder weniger langer paralleler Verlauf der Temporallinien auf dem Stirnbein, niedriger Frontobiorbitalindex, das heisst starke Differenz zwischen den Breitenmassen an der postorbitalen Einschnürung und der äusseren Augenhöhlenumrandung, an der untersten Grenze menschlicher Bildung stehend, niedriger Profilwinkel der Stirne, starke Ausbildung der Glabella und der Arcus superciliares, zuweilen echten Torusbildungen sich annähernd, langer Nasenfortsatz des Stirnbeins, schwache Ausbildung der Stirnbeinhöcker, starker Torus occipitalis des Hinterhauptsbeins, meist nur wenig gebogener Verlauf des Oberrands der Schläfenschuppe, Häufigkeit des Processus frontalis des Schläfenbeins und anderer pterischer Anomalien, primitive Bildung der weiten und meist wenig vertieften, zuweilen fast flachen, mit nur leicht vorgewölbtem Tuberculum articulare versehenen Gelenkgrube für das Capitulum des Unterkiefers, derjenigen am Schädel von La Chapelle aux Saints, dem besterhaltenen der Neandertalgruppe entsprechend, nicht selten noch primitiver als bei diesem erscheinend, ausserordentlich starke Prognathie des Mittelgesichts und infolge davon niedere Profilwinkel des Gesichtes; die neucaledonische Prognathie übertrifft vielfach diejenige der Neandertalgruppe; weiter niedrige Neigungswinkel des Vomer und der Pars basilaris ossis occipitis, ferner die in der Höhenrichtung des Gesichtes, gegenüber dem Europäer, beträchtlich grössere Ausdehnung des Nasenfeldes, das heisst der Distanz von den unteren Augenhöhlenrändern zum tiefsten Nasalpunkt, ein Merkmal, auf das SCHWALBE am Schädel von La Chapelle aufmerksam gemacht hat; auch der Anteil des Jochbeins am Aufbau des Gesichtes ist beim Caledonier grösser als beim Europäer; sehr primitiver Bau des Nasenskelettes, indem der Boden der Nasenhöhle meist ohne scharfe Grenze schräg auf den Alveolarfortsatz des Oberkiefers sich fortsetzt, Clivus nasoalveolaris, und die Seitenränder der Nasalaperatur sich nach unten zu ausrunden und häufig in zwei Äste spalten; dabei sehr hohe Nasalindices, d. h. relativ zur Nasenhöhe breite Apertur; das caledonische Nasenskelett ist durchschnittlich merklich primitiver gebaut als das des La Chapelle-Schädels; geringe Breite der Lamina papyracea des Siebbeins, Alveolar- und Zahn-

bogen des Ober- und Unterkiefers länger und schmaler als beim Europäer, vielfach primitiver als beim La Chapelle-Schädel erscheinend, sehr starke Bezahnung beider Kiefer, grosse Dental-längen; schon die Milchmolaren sind grösser als europäische; Alveolarbogen des Oberkiefers hinter dem dritten Molaren oft noch bedeutend verlängert; weiter grosse Breite der die vier Schneidezähne tragenden Zwischenkieferpartie, diese häufig nahezu transversal gerichtet, statt wie beim Europäer im Bogen verlaufend; Unterkiefer massig und schwer gebaut, an paläolithische Mandibeln erinnernd, sehr grosse Breite des aufsteigenden Astes, niedriger, einem rechten sich annähernder Astwinkel, sehr grosse Capitula, starker Umfang und grosse Dicke des Corpus, nach rückwärts verschobene Lage des Foramen mentale, Kinnbildung bei mehr als der Hälfte negativ, seltener neutral, noch seltener positiv vorspringend, Innenfläche des Symphysenteils primitiv gebaut; wie BOULE dies von den Mandibeln des Neandertaltypus beschreibt, ist bei der Ansicht von oben nicht selten nur die Innenfläche des Symphysenteils sichtbar, nicht wie beim Europäer die vordere Kinnplatte. Von inferioreren Merkmalen des Körperskeletts seien genannt die, gegenüber dem Europäer, mehr senkrecht vom Wirbelkörper abstehenden Dornfortsätze der untersten Hals- und obersten Brustwirbel, worauf zuerst BOULE beim Skelett von La Chapelle aufmerksam gemacht hat, das langsamere Anwachsen der Sagittaldiameter der Brustwirbelkörper, die Konkavität der männlichen Lendenwirbelsäule, die lange, schmale und wenig gewölbte Gestalt des Kreuzbeins, die höhere und schmalere Form des Beckens, die schwache Konkavität der Fossa iliaca des Darmbeins, die Kleinheit des Acetabulums, die schwache Entwicklung der Spina ossis ischii, die dolichopel-lische Eingangsform des männlichen Beckens, die geringere Höhe des kleinen Beckens, die Dicke des Axillarrands der Scapula, die der Horizontalen angenäherte Stellung der Humerus-Trochlea, die sehr geringe Torsion des Humerus, vielfach geringer als bei den Neandertalern, die grosse Länge des Vorderarms im Verhältnis zum Oberarm und der Tibia im Verhältnis zum Femur, beides Merkmale, die der Neandergruppe fehlen, die mehr cristallwärts gerichtete Lage der Tuberositas radii, das breitere Spatium interosseum zwischen Ulna und Radius, der sehr hohe Armwinkel, die langgestreckte Form des Condylus

lateralis des Femur, die höheren Retroversions- und Inklinationswinkel der Tibia, die schlanke Gestalt des Malleolus der Fibula, am Handskelett die Verkürzung der Handwurzel im Verhältnis zur Länge der Mittelhand, die Schlankheit der relativ langen Metacarpalknochen und ersten Phalangen, am Fuss die Verkürzung und Verschmälerung der Fusswurzel im Verhältnis zum Mittelfuss, die schräge Stellung des Talushalses und der niedrige Torsionswinkel des Caput tali, die grosse Breite der seitlichen Gelenkfacetten des Talus, das sehr breit ausladende Sustentaculum tali des Fersenbeins und manche andere primitive Merkmale an den kleinen Fusswurzelknochen, weiter die stärkere Abplattung des Corpus und des Capitulum des ersten Metatarsus, die den anderen Metatarsen mehr zugekehrte Stellung dieses Capitulum und die mehr basalwärts schauende Richtung des Capitulum des fünften Metatarsus, endlich die stärkere Verkürzung des Metatarsus und der ersten Phalange der ersten Zehe im Verhältnis zu den entsprechenden Knochen der zweiten Zehe.

Allen diesen inferioren Merkmalen gegenüber kommen als im Vergleich zum Europäer progressive höchstens in Betracht die grosse Schädelhöhe, der infolge davon hohe Calottenhöhenindex und der hohe Glabella-Bregmawinkel, vielleicht auch der hohe Torsionswinkel des Oberschenkels und der niedrige Robustizitätsindex des Femurkopfes.

In einer ausserordentlich grossen Zahl körperlicher Eigenschaften und darunter in solchen bedeutungsvoller Art sehen wir somit die Neu-Caledonier auf einer deutlich tieferen Organisationsstufe stehen als die Europäer und andere hochentwickelte Menschenformen. Dabei ist in vielen Beziehungen eine Annäherung an die Gruppe des fossilen Homo neandertalensis unverkennbar; nicht selten aber weisen ihre Merkmale noch über diese hinaus nach noch primitiveren, präneandertaloïden Zuständen hin, wie dies für die Australier auch KLAATSCH, PÖCH und Andere ausdrücklich betont haben.

Trotz dieser Annäherung ist es selbstverständlich, dass die Neu-Caledonier und Australier nicht etwa als direkte Abkömmlinge oder auch nur als nahe Verwandte des Homo neandertalensis aufgefasst werden können; schon die völlig abweichenden Proportionen der Gliedmassen würden eine solche Annahme verbieten. Sie müssen vielmehr einen uralten, primitiv gebliebenen

Hominidenzweig repräsentieren, dessen Verbindung mit dem des *Homo neandertalensis* erst in einer bedeutend früheren Periode als der, in welcher diese letztere Form auftrat, erwartet werden kann.

In einer grossen Zahl von Merkmalen, äusseren sowohl, als skelettlichen, schliessen sich die Caledonier enge an die Australier an; in manchen verhalten sie sich sogar noch primitiver als diese. Auf die Abweichungen zwischen den beiden Stämmen in der Behaarung und in der Schädelform — die Neu-Caledonier zeichnen sich, wie viele andere Melanesier, durch eine hohe Wölbung ihrer schmalen Schädelkapsel aus — bin ich geneigt, kein grosses Gewicht zu legen. Es darf eben nie die grosse Variabilität namentlich primitiver Menschenformen ausser acht gelassen werden, wonach jede Insel und jedes Inselchen, zuweilen fast jede Talschaft, einen eigenen Typus ausbilden, wie sich schon auf einem so kleinen Gebiet wie Neu-Caledonien verschiedene Typengruppen unterscheiden lassen. So kann ich keinen Grund einsehen, warum nicht Australier, Tasmanier und Melanesier als verwandte, aber in verschiedenem Grade entwickelte und vielfach in einzelnen Merkmalen spezialisierte Zweige eines und desselben Stammes aufgefasst werden könnten, wie auch schon von anderen Autoren genetische Beziehungen zwischen den genannten Menschenformen angenommen worden sind. Ich erwähne hier nur GIUFFRIDA RUGGERI, der in seinem Klassifikationsschema der lebenden Hominiden alle die genannten Formen unter der Bezeichnung „*Homo sapiens australis*“ zusammenfasst.

Dieser *austro-melanesische* Stamm ist ohne Zweifel ein sehr primitiver, wenn auch die verschiedenen, ihn zusammensetzenden Elemente in ihrer Entwicklung, somatisch sowohl, als kulturell, eine ungleich hohe Stufe erreicht haben. Aber eine solche grosse Zahl deutlich inferiorer Merkmale, wie sie Australiern und Neu-Caledoniern eigen sind, dürfte sich kaum anderwärts wieder vereinigt finden. Ich glaube daher, dass diese Gruppe uns von allen lebenden noch am getreuesten das Bild der Vorfahrenform der rezenten, höher entwickelten Menschheit widerspiegelt.

Australier und Neu-Caledonier sind in ihrem Körperbau primitiver geblieben als die ältesten auf europäischem Boden

bisher fossil bekannt gewordenen Formen des Homo sapiens. Es gilt dies sogar für den Piltdown-Schädel, falls der schimpansoide Unterkiefer ihm nicht zugehört, jedenfalls für die Grimaldi-Skelette von Monaco und für die etwas jüngeren Reste von Combe-Capelle, Cro-Magnon usw. Es genügt, um dies zu erhärten, schon ein Blick auf die Verhältnisse der Prognathie, die an den Grimaldi-Schädeln wesentlich eine alveolare ist, wie bei den heutigen afrikanischen Negeren, bei den anderen genannten Formen überhaupt fast fehlt, während beim Caledonier, schwächer beim Australier, das ganze Mittelgesicht schnauzenartig vortritt. Alle diese Formen setzen Vorfahren voraus, wie sie die austro-melanesische Gruppe noch heute repräsentiert, und eine Rückführung auf eine solche scheint mir keinen prinzipiellen Schwierigkeiten zu begegnen.

Die austro-melanesische Gruppe hatte ohne Zweifel früher eine viel grössere Verbreitung als gegenwärtig; sie kann nicht in dem Gebiete entstanden sein, das sie heute bewohnt. Das verbieten die Zoologie und Paläontologie dieser Landstrecken durchaus. Die unlängst von DUBOIS veröffentlichten Funde menschlicher Reste von zweifellos austro-melanesischem Typus in Wadjak auf Java sind für die Verbreitungsfrage unserer Gruppe von allergrösster Bedeutung, denn hierdurch wird die Brücke geschlagen zu den Dravidern Vorderindiens, deren Zusammenhang mit dem australischen Formenkreis schon vielfach überzeugend betont worden ist. Damit ist aber eine uneingeschränkte Verbreitungsmöglichkeit gegeben.

Wenn nun aber die austro-melanesische Menschengruppe die primitivste der heute lebenden repräsentiert, wie sind dann die gleichfalls höchst primitiven *Kleinstämme* der Menschheit zu bewerten, die wellighaarige Gruppe der Wedda von Ceylon und ihrer Verwandten in Vorderindien, Hinterindien und dem malayischen Archipel und die spiralhaarige Gruppe der afrikanischen Zwergvölker, der Andamaner, der Negrito der Philippinen und der Pygmäen Neu-Guineas und der Nachbargebiete? Alle diese haben wir früher als Primärvarietäten aufgefasst, von denen die höher entwickelte Menschheit abzuleiten wäre.

Zur Zeit, als wir unsere Primärvarietäten des Menschen aufstellten, im Jahre 1892, war die Bedeutung der Homo neanderthalensis-Gruppe noch nicht erkannt. Durch VIRCHOW'S mächtigen

Einfluss war die Neander-Calotte sogar in Misskredit geraten. Heute kennen wir nicht nur die grosse geographische Verbreitung dieser Menschenart von Gibraltar bis Kroatien, sondern es sind auch ihr geologisches Alter und ihre phylogenetische Bedeutung sicher festgelegt, dank den Arbeiten von SCHWALBE, BOULE, GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, KLAATSCH und Anderen. Die Annäherung der austro-melanesischen Gruppe an diesen Formenkreis erscheint daher bedeutsam, nicht etwa, um dies zu wiederholen, im Sinne einer direkten Deszendenz, sondern als Fingerzeig, der nach einer gemeinsamen, wahrscheinlich pliocänen Wurzel hindeutet.

Was nun die Bedeutung der Kleinstämme angeht, so homologisiert sie EUGEN FISCHER, dem von ihm auf die Menschheit übertragenen Domestikationsprinzip getreu, mit den Zwergrassen der Haustiere; SCHWALBE betrachtet sie einfach als lokale, durch ungünstige Einflüsse der Umwelt entstandene Formen, wobei er an eine Art von Selektion denkt, die den Kleinwüchsigen im Kampfe gegen schädigende Einflüsse, wie Nahrungsmangel, Vorteile gegenüber den Grosswüchsigen und mehr Aussicht auf Fortkommen gewährt; sie wären demnach durch Selektion entstandene Kümmerformen, eine, wie mir scheint, sehr künstliche Hypothese. Dagegen haben alle Forscher, die sich selber mit solchen Stämmen beschäftigt haben, sich gegen eine Verkümmernung derselben ausgesprochen. Ich nenne bloss PÖCH für die afrikanischen Buschmänner, SCHLAGINHAUFEN und NEUHAUSS für die Pygmäen Neu-Guineas, MARTIN für die Kleinstämme Malakkas, und was die Wedda von Ceylon angeht, so haben wir gegen die Annahme einer Degeneration schon zu verschiedenen Malen Stellung genommen.

KOLLMANN andererseits hat auf unseren Primärvarietäten seine bekannte Pygmäentheorie aufgebaut, ausgehend von dem Gedanken, dass ihre zum Teil kindlichen Merkmale, wie z. B. ihre gerundete Schädelkapsel, in dem Sinne zu verwerten seien, dass sie auch das Anfangsstadium der Menschheit bedeuten.

In seinem Werke über die Stellung der Pygmäenvölker in der Entwicklungsgeschichte des Menschen betrachtet sie Pater W. SCHMIDT, wie KOLLMANN, als kindlich gebliebene Menschenformen und setzt sie, in strikter Befolgung des biogenetischen Gesetzes, an die Wurzel der Menschheit. Der kindliche Charakter

der Kleinstämme ist auch von anderen Autoren betont worden, so durch PÖCH für die Buschmänner, durch v. LUSCHAN für ebendieselben und für die zentralafrikanischen Zwergvölker.

Als infantile Merkmale, die in freilich sehr ungleichem Grade den verschiedenen Kleinstämmen zukommen, seien genannt: Der kleine Körperwuchs, die Länge des Rumpfes und Kürze der Beine, Feinheit der Hände, das zuweilen konservierte Flaumhaarkleid des Körpers, die oft rundliche Schädelkapsel, die steile oder vorgewölbte Stirne, schwache oder fehlende Supraorbitalwülste, tiefe, kurze Sattelnase, schwache oder fehlende echte, nicht bloss alveolare Prognathie der Kiefer, grosse Augenhöhlen und zarter Knochenbau.

Ich bin nun gleichfalls der Meinung, dass wir in den menschlichen Kleinstämmen in mehr oder minder starkem Grade kindlich gebliebene vor uns haben. Sie indessen *infantil* zu nennen, ist viel zu weitgehend, da nur einzelne Merkmale jugendlich geblieben sind, viele andere aber, wie z. B. die Geschlechtsdrüsen oder die Bezahnung, durchaus nicht. Besser ist es, den Kollmannschen Ausdruck „*neoten*“ zu gebrauchen, den er für geschlechtsreif gewordene Amphibienlarven angewandt hat, am richtigsten „*partiell neoten*“ zu deutsch: „zum Teil jugendliche Merkmale besitzend“, aus dem oben angeführten Grunde.

P. SARASIN hat, ausgehend von den sogenannten Haarmenschen, bei denen das ganze Integument fetal geblieben ist, wonach weder das definitive Haarkleid, noch das definitive Gebiss zur Entwicklung kommen, das Gesamtgebiet der Zoologie nach analogen Erscheinungen durchsucht. Das klassische Beispiel von Neotenie bildet der geschlechtsreif gewordene Axolotl, die Larve des Salamanders *Amblystoma*, bei der eine ganze Reihe von Organsystemen larval geblieben sind. Perennibranchiaten und Derotremen repräsentieren ein früheres und ein späteres Stadium der Larvenentwicklung. Auch bei den Cetaceen und den Edentaten wurden weitgehende neotene Erscheinungen konstatiert. Daran anschliessend, hat der genannte Autor auf die Analogie des konservierten Flaumhaarkleides, *Lanugo*, bei gewissen afrikanischen Zwergstämmen hingewiesen und daraus gefolgert, dass sie sich bis zu einem gewissen Grade im Zustand der Neotenie befänden.

Mit einem Beispiel, wie es der Axolotl bietet, verglichen, sind die bei den menschlichen Kleinstämmen zu beobachtenden neotenen Merkmale gering, stärker bei den eigentlichen wollhaarigen Pygmäen, viel schwächer bei den weddalen Formen. Gleichwohl handelt es sich offenbar um dieselbe Erscheinung, und ich glaube daher, dass in der Tat alle die zartknochigen Kleinstämme als partiell neotene Menschenformen aufzufassen seien. Es fragt sich nun, wie sie nach dieser Anschauung phylogenetisch zu bewerten sind.

Zunächst ist klar, dass kindliche Merkmale nicht ohne weiteres Vorfahrenmerkmale bedeuten müssen, wie KOLLMANN und W. SCHMIDT dies annehmen; sie können es sein, brauchen es aber nicht zu sein, infolge der vielen caenogenetischen Störungen in der Ontogenie, als deren auffallendste das Vorausschieben der Gehirnentwicklung über die des Gesichtsteils erscheint, der Blasenkopf mit steiler oder vortretender Stirne und zurückgeschobenem, orthognathem Gesicht, eine Erscheinung, die bekanntlich, wenn auch in geringerem Grade, im ganzen Säugetierstamm wiederkehrt. Ebenso möchte ich die Proportionen des neugeborenen Körpers, den langen Rumpf und die kurzen Extremitäten, nicht als etwas Ursprüngliches, sondern als etwas durch das Intrauterinleben Bedingtes ansehen. Beibehaltung solcher Zustände im späteren Leben darf daher nicht als ein Vorfahrenstadium repräsentierend, sondern muss als eine neotene Erscheinung angesehen werden.

Wenn die Kleinstämme, zoologisch gesprochen, in gewissen Beziehungen als geschlechtsreif gewordene Menschenlarven aufzufassen sind, scheiden sie natürlich aus dem direkten Stammbaum der Menschheit aus, larvale Seitenzweige desselben darstellend. Desswegen können sie gleichwohl von hohem Alter sein, sogar älter als die Stämme, die sie heute umwohnen, denn von welcher Zeit an sie ihre neotenen Eigenschaften bewahrt haben, ist a priori nicht zu sagen. Jedenfalls brauchen sie durchaus nicht neotene Formen jetzt noch existierender Varietäten zu sein.

Als sehr alte Formen werden wir sicherlich diejenigen zu betrachten haben, in deren Umgebung heute keine Stämme mehr existieren, deren neotene Glieder sie darstellen könnten. Das gilt für die Negrito der Philippinen, die Andamaner, die Semang,

weiter für die Mehrzahl der zentralafrikanischen Kleinstämme und die Buschmänner, die nach dem Zeugnis von POUTRIN und PÖCH von den umgebenden Negern zu verschieden sind, als dass sie ihnen in irgend einer Weise anzugliedern wären. Wir haben daher wahrscheinlich diese Formen als neotene Glieder pränegroider Varietäten anzusehen, das heisst von Vorfahren der heutigen Neger abzuleiten. Bei den Wedda lassen es ihre neben einzelnen neotenen Merkmalen, wie geringe Körpergrösse, Orthognathie, wohl gerundete Schädelkapsel, hohe Augenhöhlen usw., vorhandenen zahlreichen sehr primitiven Organisationsverhältnisse nicht unwahrscheinlich machen, dass sie und ihre Verwandten partiell neotene Formen praeaustral-melanesischer Stämme sein könnten.

Anders liegen aber die Sachen auf Neu-Guinea und den Nachbargebieten. Hier sind offenbar die Verwandtschaftsbeziehungen der grossgewachsenen Stämme und der Pygmäen viel engere, als dies in Afrika der Fall ist. SCHLAGINHAUFEN hat z. B. die Kleinwüchsigen des Torricelli-Gebirges mit drei grösser gewachsenen Küstenstämmen derselben Gegend verglichen und gefunden, dass sie zu einem dieser Küstenstämmen nähere Beziehungen aufweisen als diese unter sich. Ich glaube daher, dass die Neu-Guinea-Pygmäen und wohl auch die von SPEISER entdeckten kleinen Stämme der Neuen Hebriden jünger neotene Formen sind als die oben genannten.

Es ist natürlich eine unausweichliche Folge der Anschauung, die Kleinformen des Menschen als partiell neotene aufzufassen, dass sie nicht notwendig miteinander verwandt und nicht notwendig gleich alt sein müssen. In der Tat gewinnt auch mehr und mehr die Meinung an Boden, die eine Verwandtschaft derselben ablehnt. SCHLAGINHAUFEN, PÖCH und POUTRIN haben sich mit aller Entschiedenheit gegen eine morphologische Zusammengehörigkeit aller Kleinformen des Menschen ausgesprochen. Das gemeinsame Band, das alle diese verschiedenen Stämme umschlingt, besteht offenbar bloss im übereinstimmenden Besitz von bald mehr, bald weniger neotenen, jugendlichen Merkmalen, während ohne Zweifel diese Neotenie in den verschiedensten Stämmen und zu den verschiedensten Zeiten aufgetreten ist. Auch die Ergologie dieser Stämme zeigt übereinstimmend etwas Primitives, Neotenes, das in vielen Fällen ursprünglich sein mag,

nämlich dann, wenn die Stämme, deren neotene Glieder sie darstellen, selber keine höhere Kultur besessen haben, in einzelnen Fällen aber vielleicht eine mit der Neotenie Hand in Hand gehende Verarmung einer höheren Kultur bedeutet. Über die Ursachen, welche Neotenie hervorrufen, wissen wir nichts; Hypothesen darüber aufzustellen, ist zur Stunde ein müßiges Unterfangen.

Leider gibt uns die Paläontologie bis jetzt keinen Anhalt für ein hohes Alter der Kleinstämme; kein einziger Fund eines Pygmäen oder Pygmöiden erreicht auch nur annähernd das Alter der Neandertalgruppe. Die in Europa signalisierten Pygmäen gehen nicht hinter das Neolithikum zurück. Was die asiatischen Kleinstämme betrifft, so erweisen unsere Funde in den Wedda-Höhlen von Ceylon und in den Toala-Grotten von Süd-Celebes immerhin ein gewisses, aber in Anbetracht des Umstands, dass die die Knochen und Steingeräte begleitende Tierwelt keine ausgestorbenen, in Süd-Celebes nur einige aus der Gegend verdrängte, aber in anderen Inselteilen noch lebende Arten enthält, ein geologisch gesprochen nicht sehr hohes Alter. Ähnlich dürfte es um die kleinen Menschenknochen stehen, die vermischt mit Geräten aus Obsidian, von A. TOBLER in der Höhle Ulu Tjanko, Residentschaft Djambi, Sumatra, entdeckt worden sind, obschon wir die begleitende Tierwelt nicht kennen. Fossile menschliche Reste aus dem Gebiet der eigentlichen helicotrichen Pygmäen fehlen noch gänzlich. Selbstverständlich kann jeden Augenblick ein glücklicher Fund — der ganze Tropengürtel ist ja für diese Fragen noch beinahe unerforschtes Land — die geschilderte Sachlage verändern, aber zur Stunde erlaubt die Paläontologie nur von einem relativ hohen Alter der Kleinstämme zu sprechen. Ich bin aber nicht der Meinung, dass dieses heute noch negative Ergebnis die oben ausgesprochenen Erwägungen über das Alter mancher Kleinstämme zu beeinträchtigen vermöge.<sup>1</sup>

Wir sind am Schluss unserer Untersuchung angelangt; sie führte uns zur Aufstellung einer austro-melanesischen Menschengruppe, die, wenigstens in einzelnen ihrer Glieder, als die primi-

<sup>1</sup> Während des Druckes dieses Vortrags erhielt ich eine Arbeit über einen im Boden von Manila in einer Tiefe von 2½ bis 3 m gefundenen Schädel. Der Bearbeiter, *Domingo Sánchez y Sánchez*, schreibt ihn einer pränegritischen Rasse zu, die er *Homo manillensis* nennt. Der Schädel sowohl, als die Mandibel zeigen einen zarten kindlichen Charakter mit primitiven Merkmalen. Der genannte Autor vergleicht ihn mit dem eines jungen Orangs; sein Alter ist indessen nicht mit Sicherheit bestimmbar.

tivste der heute lebenden Menschenformen uns entgegentritt. Ihre vielfach an den *Homo neandertalensis* erinnernden, zum Teil sogar noch ursprünglicher erscheinenden Merkmale legen den Gedanken nahe, dass es sich um eine Gruppe handelt, die näher als alle anderen heute lebenden nach einer mit diesem gemeinsamen präneandertaloïden Wurzel hinweist, wie eine solche schon von vielen Forschern als notwendige Annahme erkannt worden ist. Diese ihrerseits dürfte auf *pithecanthropus*artige und schimpansoïde Vorfahren zurückzuführen sein.

Da ohne Zweifel die heute lebenden Austro-Melanesier auch ihrerseits wieder spezielle Entwicklungsrichtungen eingeschlagen haben und daher nicht als solche, wie sie uns gegenwärtig entgegentreten, die Vorfahren der übrigen lebenden Menschheit darstellen können, führe ich sie zunächst auf eine Urgruppe des *Homo sapiens* mit austro-melanesischen Merkmalen zurück. Dieser Urgruppe möchte ich eine weite geographische Verbreitung zuschreiben und von ihr nicht nur als nächste, nur wenig veränderte Abkömmlinge die heutigen Austro-Melanesier ableiten, sondern auch weiterhin alle anderen, von ihr mehr entfernten und höher entwickelten Menschenstämme, die Negroïden Afrikas sowohl, als die mongoloïden und europäoïden Formen. Was wir bis jetzt von fossilen Resten des *Homo sapiens* kennen, scheint mir mit einer solchen Annahme wohl vereinigbar zu sein. Wenn es sich bewährt, dass die Grimaldi-Skelette bereits negroïden, der spätere Aurignacien-Mensch europäoïden Charakter besitzen, während andererseits an manchen fossilen Skeletten des Magdalénien mongoloïde, Eskimo-Merkmale, signalisiert worden sind, so spricht das für eine frühe Spaltung der menschlichen Stämme.

Die kleinwüchsigen, zartknochigen Menschenformen, unsere früheren Primärvarietäten oder, wie wir sie auch nannten, die Weddalen und Akkalen, SCHMIDTS Pygmoïde und kraushaarige Pygmäen, die bisher einer Einreihung in den menschlichen Stammbaum so viele Schwierigkeiten bereitet haben, wurden als in verschiedenem Grade neotene Formen verschiedenen Ursprungs aus der direkten Genealogie der Hominiden ausgeschieden, ohne dass sie deswegen, wenigstens zum Teil, den Charakter hohen Alters und primitiven Wesens einzubüssen brauchten.

Wenn ich es gewagt habe, meine Anschauungen über die

genetischen Beziehungen der lebenden Hominiden zu entwickeln, brauche ich wohl nicht zu versichern, dass mir nur allzuwohl bewusst ist, wie bei dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse jegliche Bemühung nach dieser Richtung nur ein tastender Versuch sein kann, denn die Lösung des schwerwiegenden Problems der menschlichen Genealogie liegt zur Stunde noch im Schoss der Erde begraben.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Für alle näheren Ausführungen, sowie für die Literaturbelege, sei auf mein demnächst als dritter Teil der „Nova Caledonia“ erscheinendes, von 64 Tafeln begleitetes Werk über die Anthropologie der Neu-Caledonier und Loyalty-Insulaner verwiesen.

# Orientierung über den geologischen Spaziergang an den Rheinfall

Prof. Dr. ALBERT HEIM

Um möglichst kurz und einfach das Verständnis des Rheinfalles zu vermitteln, wird ausser einer geologischen Wandkarte des Rheinfalles ein grosses, an die Wandtafel gezeichnetes, farbiges Profil N—S durch die Gegend benutzt, entsprechend der Zeit zu Beginn des Diluviums. An demselben werden unter gleichzeitigen Erläuterungen mit Schwamm und Kreide schrittweise die Veränderungen vorgenommen bis auf den heutigen Zustand: Ablagerung des Deckenschotter, Einschneiden breiter und untiefer Täler, Ablagerung des zweiten („Mindel“-) Deckenschotter, enorme Erosion während der grossen Interglazialzeit bis zur Bildung eines Tales, dessen Sohle wenigstens 20 m tiefer ist, als heute der Rhein unterhalb des Rheinfalles. Dann folgt Zuschüttung dieser Tiefrinne mit „Rinnenschotter“ (Hochterrassenschotter?), darüber mit Moräne der letzten Vergletscherung und mit dem Kies der letzten Vergletscherung (Niederterrassenschotter) bis 83 m über dem Rheinfallbecken (100 m über dem Grund der interglazialen Rinne). Auf dem Niveau des badischen Bahnhofes schwankt der Rhein links und rechts auf seiner Auffüllung. Er hat eben mit einem Bogen tüchtig nach S ausgeholt, als andere Verhältnisse von Wassermasse und Geschiebelast — vielleicht auch von Gefälle — ein *neues Einschneiden* des Flusses bedingten. Nun durchschneidet der Rhein Niederterrasse und Moräne, trifft aber in dem Bogen Flurlingen—Rheinfall seinen alten tieferen Lauf nicht wieder. Er gelangt auf den Jurakalk. In dem festen Fels vertieft er nur langsam, besonders auch, weil ihm Geschiebe als Feile fehlen. Unten, wo der neue Lauf mit dem alten zusammentrifft, schreitet die Eintiefung rascher vor, vermag aber auch nicht den Boden der alten Tiefrinne zu erreichen. *Der Rheinfall ist diejenige Stelle, wo der neue Rhein aus seinem neuen Wegbogen im Jurakalk hinabstürzt über sein*

*einstiges interglaziales Felsbord in den schon wieder 20—36 m tiefer ausgespülten alten Talweg.*

Ganz entsprechende Erscheinungen wiederholen sich an vielen Stellen (Stromschnelle von Schaffhausen-Stadt, Laufenburg, Brugg, Rheinfeldern usw.), und es ist gelungen, manche Ortschaften mit dem Grund- oder Quellwasserstrom der Tiefrinnen (20—70 m unter den jetzigen Flussläufen) zu versorgen (Neuhausen, Schaffhausen, Baden usw.).

Der Rheinfall ist relativ sehr stabil, weil der Rhein fast kein Geschiebe führt und der Kalkfels im Rheinfallgebiet mit Algen überzogen ist, die einen lederigen, zähen, schützenden Überzug auf dem Fels bilden. Geologisch gesprochen ist der Rheinfall *jung*. Die Bewohner der Höhle von Thayngen hörten oder sahen ihn noch nicht. Da begann erst der Einschnitt in der Niederterrasse. Zur Pfahlbauzeit musste er schon ähnlich wie jetzt ausgesehen haben. Er ist erst wenige Meter von seiner ursprünglichen Stelle zurückgewandert. Seine Ausbildung begann vor etwa 15 Jahrtausenden, und er war vor etwa sechs Jahrtausenden der fertige Rheinfall geworden.

Je nach Jahreszeit stürzen 100 bis 600 m<sup>3</sup> klares Wasser pro Sekunde 20 m hoch herab. Schon oberhalb ist ein Steillauf von ca. 6 m. Die Industrie benützt ca. 60 m<sup>3</sup>. Soviel wollen wir ihr gönnen. Aber auch heute sind wir durchdrungen von dem Wunsche, dass die Menschen den Rheinfall nicht weiter schädigen möchten, sondern das herrliche Werk der Natur als ein heiliges Gemeingut der Menschheit betrachten, und seinen Einfluss auf die Herzen seiner Bewunderer höher achten sollen als den Gewinn von einigen tausend Pferdekräften.

Die am folgenden Tage sich anschliessende Exkursion zeigte zuerst die Stelle zwischen dem SBB-Bahnhof und Flurligen, wo der junge Rhein die zugedeckte alte Rinne kreuzt und plötzlich in seinem Laufe die Kalkfelsriffe auftreten. Dann ging der Weg am rechten Rheinufer bis unter den Fall, wo dann der plötzliche Abfall des Kalkfelsens, im Querschnitt der alten Rinne der Rinnenschotter, und nachher das rechtsseitige Felsbord der interglazialen Rheinschlucht sichtbar ist. Schloss Wörth und Rhenania liegen schon wieder auf dem rechtsseitigen Felsbord.

# Das Paläolithikum und Neolithikum des Kantons Schaffhausen

Konservator K. SULZBERGER

Sehr geehrte Mitglieder der Schweiz. Naturf. Gesellschaft!

Sehr geehrte Gäste!

Es wurde mir der Auftrag, in der heutigen Generalversammlung über ein Gebiet der prähistorischen Forschung im Kanton Schaffhausen zu sprechen. Ich erachte diesen Auftrag als eine Ehrung jener Männer, die seit dem Jahre 1873 so Verdienstliches auf dem Gebiete der prähistorischen Forschung bei uns geleistet haben, als eine Ehrung der hiesigen naturforschenden Gesellschaft und des historischen Vereins, die diese Forschungen stets mit Rat und Tat unterstützten, als eine Ehrung unserer Regierung und der Stadt, die stets mit reichen Geldmitteln beisprangen und in neuester Zeit durch die Schaffung des Postens eines kantonalen Konservators die zukünftige systematische Forschung und Erhaltung der wertvollen Bodenfunde ermöglichten.

Als Thema habe ich gewählt: Das Paläolithikum und Neolithikum des Kantons Schaffhausen.

Wir müssen auf diesem Gebiete die Leistungen früherer Forscher dankend anerkennen, die ihr Möglichstes leisteten zu einer Zeit, da die Chronologie der Urgeschichte erst sich langsam herauszuschälen begann, und die Kenntnis des Diluviums noch sehr vage war. Wenn wir die „Mitteilungen“ der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich verfolgen, werden wir sehen, wie bis in die siebziger Jahre grosse Verlegenheit in der Zuteilung der prähistorischen Funde an bestimmte Perioden herrschte, und man gerne mit dem Worte „keltisch“ operierte.

Auch wenn wir heute mit modernstem Rüstzeug des Wissens an solche Grabungen gehen, dürfen wir nie vergessen, dass wir Menschen mit allen Schwächen sind, von denen das Wort

gilt: Siehe, die Füße derer, die dich begraben, stehen schon vor der Türe.

Im Jahre 1873 haben wir die Entdeckung der ersten paläolithischen Ansiedelung im Kanton, nämlich des „Kesslerloch“ durch Konrad Merk, Lehrer in Thayngen. Vorausgegangen ist in der Schweiz die Durchforschung von Mont Salève bei Veyrier. Die Ausgrabungen begannen den 19. Februar 1874 und endeten den 9. April, dauerten also 7 Wochen. Merk kam in eine Tiefe von 2,54 m und fand zwei paläolithische Kulturschichten, nämlich eine schwarze und eine rote Kulturschicht. Den Höhlenwänden entlang war die oberste Kulturschicht von harter Breccie überdeckt. Als Unterlage der roten Schicht konstatierte Merk eine gelbe Lehmschicht, in die nur noch einzelne spärliche Funde eingedrückt waren. Er glaubte also das Ende der Fundschichten erreicht zu haben.

Wie reich die Funde waren, geht daraus hervor, dass Merk 12,600 Feuersteine zählen konnte; die Tierknochen betrug wenigstens 1500 kg. Die grösste Überraschung bereiteten aber die Umrisszeichnungen und Skulpturen aus Renngewei.

Infolge eingeschmuggelter Fälschungen seitens eines Arbeiters war die Freude darüber nicht ungetrübt, und weite Kreise standen auch den andern Kunstprodukten nun sehr skeptisch gegenüber. In Konstanz bildeten diese Funde den Gegenstand erregter Verhandlungen, und es brauchte das ganze Eintreten der Herren Dr. Heim und Dr. Fraas um die Echtheit dieser paläolithischen Kunstprodukte zu verteidigen. Heute zweifelt nun niemand mehr an der Echtheit dieser Funde.

Im Jahre 1898 und 1899 durchsuchte Dr. Nüesch zum zweiten Male diese Fundstelle. Es gelang ihm, verschiedene neue Tiere in den Knochenfunden nachzuweisen, und auch seine Ausbeute an sonstigen Fundstücken war eine grosse. Dr. Nüesch konnte bis 3,60 m in die Tiefe gelangen. Am weitem Vordringen in die Tiefe wurde er durch das starke Grundwasser verhindert.

Die dritte Ausgrabung geschah unter Dr. Heierli. Heierli fand noch intakte Reste der schwarzen Kulturschicht Merks, die er graue Schicht nannte, und die von den untern Schichten durch ein Steinbett „Bsetzi“ getrennt war.

Die untern Schichten teilte er nach der Färbung in drei Schichten und nennt sie Kulturschicht I, II und III. Kultur-

schicht III teilte Heierli wegen ihrer Mächtigkeit in III A und III B.

Heierli konnte mit 4,20 m das Ende der Kulturschichten endgültig erreichen. In seiner Publikation über die Funde begnügt Heierli ein Rechenfehler, indem er die oberste Kulturschicht Merks einen Meter stark taxiert, während sie tatsächlich nur 0,45 m mächtig war. Nach Korrektur dieses Irrtums ergibt sich, dass Dr. Nüesch schon in die dritte Kulturschicht Heierlis hineingeraten sein muss, wofür übrigens auch die Funde Dr. Nüesch's sprechen. Heierli arbeitete 1902—1903 mit 500 Tagesarbeiten, und jetzt wird diese Fundstelle vollständig erschöpft sein. Unter den Funden Heierlis sind speziell die vielen Gagatfunde hervorzuheben, unter denen ein Gagatplättchen eine Pferdezeichnung aufweist.

Die zweite Fundstelle in unserem Kanton ist die Höhle „Rosenhalde“, die etwa 24 m über der Talsohle des Freudental liegt. Diese Fundstelle wurde im Februar 1874 entdeckt. Die Entdecker und Ausgraber waren Dr. Karsten und Dr. E. Joos. Die archäologischen Schichten betragen zusammen zwei Meter. Sie ist die einzige Station in unserem Kanton, die uns Reste des Höhlenbären geliefert hat. Vor ein paar Jahren hatte der Vortragende Gelegenheit, die Funde dieser Ansiedelung zu sehen. Dabei kam er zur Ueberzeugung, dass diese Stelle aufs mustergültigste untersucht wurde, und dass die bisherige Publikation keineswegs der Wichtigkeit der Funde entspricht. Schön wäre es gewesen, und auch im Interesse der Ehrung dieser Forscher, wenn auch diese Funde neben den andern paläolithischen Funden den Besuchern der Generalversammlung hätten vorgezeigt werden können. Leider war die Erlaubnis vom Besitzer der Sammlung nicht zu erhalten.

Eine dritte Station ist das „Schweizersbild“. Die Ausgrabung wurde von Dr. Nüesch 1891 begonnen und 1893 beendet. Die archäologischen Schichten betragen 2,50 m. Ein Verdienst bei dieser Ausgrabung ist vor allem die genaue Beobachtung und Sammlung der kleinsten Wirbeltiere in den dieselben führenden Schichten. Wenn man heute Dr. Nüesch den Vorwurf macht, dass die von ihm angegebene horizontale Lagerung dieser kleinsten Wirbeltierschichten nicht stimmen könne, dann darf dies nicht auf Kosten der genauen Ausgrabungsarbeit dieses Forschers

behauptet werden, sondern dies ist auch wieder eine Folge der Schwierigkeiten, die ein solcher Forscher hat, unabhängig von damaligen Ansichten und entsprechenden Ratschlägen objektiv die Fundverhältnisse festzustellen. Damals glaubte man für unsere ganze Gegend nach der letzten Vergletscherung ein Aufeinanderfolgen von Tundra, Steppe und Wald annehmen zu müssen, dementsprechend auch die Fundschichten mit den tierischen Vertretern dieser Perioden horizontal aufeinander zu lagern hätten.

Eine neue Station, die „Bsetze“, hat einwandfrei gezeigt, dass in ihrer, kleinste Wirbeltiere führenden Schicht dies nicht zutrifft, sondern dass Vertreter der Tundra und der Steppe diffus, ja sogar vertikal, nebeneinander eingelagert sind.

Eine vierte Station ist die kleine Höhle „Kerzenstübchen“ nordöstlich von Lohn. Schenk machte in einer Sitzung des historischen Vereins Mitteilung über seine dortigen Funde. Wo dieselben hingekommen sind, konnte ich nirgends eruieren. In unserer Sammlung befindet sich eine Tibia des *Rhinoceros trichorhinus*, die von dort stammt. Betrachten wir die Publikationen über unsere paläolithischen Stationen, so wird man in einem Teil davon unangenehm berührt, durch den Polemikton, der darin herrscht, und der im Ausland vielfach peinlich empfunden wurde.

Der Wunsch an noch unberührten Stationen unsere paläolithischen Fundverhältnisse nachzuprüfen, führten mich und meinen Bruder zur Entdeckung der paläolithischen Ansiedelung „Vorder-Eichen“, ein paar hundert Meter westlich vom „Kesslerloch“.

Es ist dies eine kleine Station, nur vorübergehend bewohnt. Ursprünglich als Abri sous roche beginnend, wird in der Schlusszeit auch die kleine Höhle zur Bewohnung herangezogen.

Die archäologischen Schichten betragen 3,58 m. Es konnten drei Kulturschichten nachgewiesen werden, die jeweils durch sterile Schuttbänder voneinander getrennt sind. Die mittlere Kulturschicht ist typisches Hoch-Magdalénien. Die unterste Kulturschicht ergab ausgesprochene Solutrémenten. Da nur 2,20 m breit in der untersten Fundschicht gegraben werden konnte, indem der andere Teil unter einer Strasse liegt, muss die Frage noch offen bleiben, ob wir hier einen Horizont aus der eigent-

lichen Solutréenperiode haben, oder nur einige Solutréenanklänge in einer Magdalénienschicht.

Diese Ausgrabung fand im September und Oktober 1914 statt. Wie angenehm empfand ich den Frieden der Schweiz, wo ich ungestört und unter grossen Kosten des Staates der Vorgeschichte des Menschen nachgehen konnte, während man in andern Ländern ringsum Geld und Kraft der Vernichtung seiner Mitmenschen opferte.

Nach Schluss dieser Grabung sondierten wir unter einem Abri sous roche, genannt „Bsetze“, in der Hoffnung, eine ausgesprochene Solutréenstation finden zu können. In zwei Meter Tiefe stiessen wir auf eine Feuerstelle mit typischem paläolithischem Begleitinventar.

Die Durchforschung wurde im August und September 1915 durchgeführt. Die Fundstelle liegt in der Mitte zwischen Thayngen und Herblingen links der Fulach. Die archäologischen Schichten betragen drei Meter. Es konnten zwei paläolithische Fundschichten nachgewiesen werden, wieder getrennt durch ein steriles Schuttband. Die unterste Schicht enthält ausgesprochene Aurignacientypen. Obwohl auch die tierischen Begleitfunde einen Aurignacienhorizont als möglich erscheinen lassen, möchte ich diese Frage, ob Aurignacien, noch nicht definitiv bejahen, sondern die Entscheidung spätern Funden überlassen. Wertvoll ist die Fundschicht der kleinsten paläolithischen Wirbeltiere, deren Lagerung von mir und E. von Mandach aufs genaueste beobachtet werden konnte und ein Nebeneinanderbestehen von Tundra, Steppe und Wald für unsere Gegend beweist.

In unserem Kanton sind neolithische Funde sehr häufig. Abgesehen von den Streufunden, haben bereits alle paläolithischen Fundstellen in den obersten Schichten neolithische Skelette ergeben.

Vom „Kesslerloch“ sind noch Reste eines Skelettes erhalten, das offenbar neolithisch war.

Berühmt sind die neolithischen Skelettfunde vom Dachsenbühl, die zwei Gräber und Fragmente von vier menschlichen Skeletten aufweisen. Diese Funde wurden 1874 von Dr. von Mandach gehoben.

Auch die Skelettfunde aus der Höhle „Rosenhalde“ dürften neolithisch sein.

Das „Schweizersbild“ ergab sogar 27 Gräber: 14 Erwachsene und 13 Kinder.

Auch die Station „Vorder-Eichen“ ergab ein Kinderskelett und Knochen von mehreren Skeletten. Ebenso ergab die „Bsetze“ ein Kinderskelett mit reichstem steinzeitlichem Schmuck und spärliche Reste von zwei menschlichen Föten.

Wahrscheinlich bildet jede Begräbnisgruppe die Familiengrabstätte irgend einer Sippe.

Nach den neuesten Skelettfunden musste angenommen werden, dass eine neolithische Ansiedelung in unserer Gegend bestehen müsse. Nach fruchtlosen Grabungen in Wald und Feld fiel unser Verdacht auf ein kleines Sumpfgebiet südlich von Thayngen, dessen noch deutliche Bänder einen einstigen kleinen See verrieten.

Tatsächlich fand auch im Frühjahr 1915 mein Bruder H. Sulzberger in der Mitte des Sumpfes auf Maulwurfhäufen Feuersteine und Topfscherben.

Die längst gesuchte Ansiedelung war gefunden. Die systematische Durchforschung begann im Oktober 1915, und jedes Jahr werden drei Monate dieser Forschung gewidmet. Wir haben eine bewohnte Fläche von 4000 m<sup>2</sup> nachweisen können. Da die Hüttenböden noch gut erhalten sind, können wir die Hüttenmasse auf 4 m Breite und 7 oder teilweise 8 m Länge erweisen. Es kämen auf 100 m<sup>2</sup> zwei Hütten, also im ganzen hätte das Dorf in der Blütezeit etwa 80 Hütten gezählt. Der Unterbau der Hütten ist Faschinenwerk. Die Hütten sind miteinander durch aufgeschüttete Terrassen oder Bohlenwege verbunden. So hängt das ganze Dorf zusammen und ist nichts anderes, als eine künstlich erhöhte Insel, ringsum mit tiefem Wasser kanalartig umgeben, während die Ufer des Sees seicht waren.

Die Form des Dorfes ist oval. Zum bessern Schutz ist es mit Wehrgang, Palisade und zugespitzten Pfählen umgeben.

Die zahlreichen Gefässfunde weisen die Stammgehörigkeit dieses Dorfes der Michelsbergerperiode zu. Einzelne Gefässe zeigen auch Einflüsse der Stichkeramiker. Auf diese Tagung haben wir ein Stück dieses Dorfes abgedeckt und der Zufall war so freundlich, uns zur Feier des Tages die langgesuchte Brücke vom Lande zum Pfahlbaudorf auffinden zu lassen.

Geehrte Mitglieder der Schweiz. Naturf. Gesellschaft. Auf diese Tagung haben wir in monatelangem Fleiss das gesamte Fundmaterial unserer paläolithischen Stationen und des Pfahlbaues „Weiher“ in einer Ausstellung vereinigt. Sie haben nun selber Gelegenheit, das ganze, reiche Material zu überprüfen und kennen zu lernen. Sie werden auch mit mir den Wunsch haben, dass eine Publikation über die neuesten Forschungen, sowie über die frühern einmal erscheine, die unserer schweizerischen Forschung im Inland wie im Ausland zur Ehre gereiche.

# Die Schwerebestimmungen der Schweizerischen Geodätischen Kommission und ihre Ergebnisse

Prof. TH. NIETHAMMER

Vor 60 Jahren wurde an der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Lausanne die *schweizerische Geodätische Kommission* gegründet und mit der Aufgabe betraut, diejenigen Messungen in unserem Lande anzuordnen, die der Schweiz aus ihrer Beteiligung an den Arbeiten der mitteleuropäischen Gradmessung zufielen. Das Hauptziel dieser Organisation, die sich später zur europäischen Gradmessung und internationalen Erdmessung erweiterte, ist es, die Grösse und Figur der Erde zu bestimmen. Da sich bei der Verfolgung dieser Aufgabe zeigte, dass die Gestalt der Erde erheblich von einem Umdrehungsellipsoid abweicht, gesellte sich bald die viel umfangreichere Aufgabe hinzu, die wirkliche, mathematische Figur der Erde, das Geoid, zu bestimmen und dessen Form durch die Massenverteilung in der Erde zu erklären.

Zur Lösung dieser Aufgabe verhelfen uns zwei verschiedene, durch astronomisch-geodätische Messungen zu erlangende Grössen, nämlich einerseits die Lotabweichungen und andererseits die Schwerebeschleunigungen. Es haben sich namentlich die letzteren als wertvolles Hilfsmittel erwiesen zur Aufklärung der Fragen, welche die Konstitution der Erdrinde betreffen.

In der Schweiz hat schon bald nach der Gründung der geodätischen Kommission PLANTAMOUR an einzelnen Stationen die Schwerebeschleunigung bestimmt. Eine erste systematische Schwereaufnahme liess sie in den Neunzigerjahren durch ihren Ingenieur MESSERSCHMITT durchführen, nachdem Oberst VON STERNECK in Wien einen leicht transportablen Pendelapparat für solche Messungen konstruiert hatte.

Nach 1900 entschloss sich die geodätische Kommission zu einer vollständig neuen Aufnahme, da inzwischen verschiedene Verbesserungen der Messungsmethode, die eine viel grössere Genauigkeit

erreichen lassen, bekannt geworden waren. Über die Ergebnisse dieser letztern, im Jahre 1918 zu Ende geführten Messungen soll im Folgenden berichtet werden.

Zwischen der Schwereänderung im Meeresniveau und der Abplattung der Erde besteht ein Zusammenhang, den CLAIRAUT 1738 mathematisch gefasst hat in einer Formel, welche gestattet, aus der Schwereänderung im Meeresniveau die Abplattung zu berechnen. Es sind heuer gerade 100 Jahre her, dass der englische Forscher SABINE eine grössere Expedition unternommen hat zum Zweck, an dreizehn, in Breite möglichst verschieden gelegenen Orten die Schwere zu bestimmen und daran eine Berechnung der Abplattung anzuschliessen. Nachdem sich solchen Messungen in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts besonders englische und französische Forscher gewidmet hatten, erlosch das Interesse daran, und als HELMERT 1884 eine Neuberechnung des Abplattungswertes vornahm, konnte er nur 122 brauchbare Schwerewerte zusammenbringen. Eine Belebung erfuhren die Schwerebestimmungen erst wieder durch die Einführung des handlichen Sterneckschen Apparates. 1901 lagen bereits Messungen von 1400 Stationen vor; ihre Zahl ist heute auf mehr als 3000 gestiegen. Der 1915 von Helmert daraus abgeleitete Abplattungswert  $1 : 297$  darf den Anspruch erheben, um nicht mehr als eine Einheit im Nenner unrichtig zu sein.

Von diesen 3000, über die ganze, feste Erdoberfläche vertheilten Stationen entfallen auf das neue schweizerische Schwerenetz 231; das ist in Anbetracht der geringen Ausdehnung unseres Landes eine grosse Zahl, und es ist die Schweiz gegenwärtig wohl das am besten untersuchte Land der Erde.

Die Kenntnis der Schwerewerte an der Erdoberfläche ist aber nicht nur insofern für die geodätische Forschung von Bedeutung, als sie die allgemeine Form des Erdellipsoides zu berechnen gestatten; sie ermöglichen uns auch, im einzelnen Schlüsse auf die Konstitution der Erdrinde zu ziehen. Unter diesem besondern Gesichtspunkte sollen die Ergebnisse der Schweremessungen der schweizerischen geodätischen Kommission besprochen werden.

Unter der Schwerebeschleunigung verstehen wir die Resultante aus der Beschleunigung der Massenanziehung der Erde und der Zentrifugalbeschleunigung infolge der Erdrotation. Sie ist numerisch gleich der Geschwindigkeit, die ein aus dem Ruhezustand im luft-

leeren Raum frei fallender Körper nach der ersten Sekunde erlangt und beträgt an der Erdoberfläche rund  $980 \text{ cm/sec}^2$ . Am genauesten lässt sich ihre Grösse ableiten aus der gemessenen Schwingungszeit eines frei schwingenden Pendels und aus der ebenfalls durch eine Messung ermittelten „reduzierten“ Pendellänge, da zwischen der Schwerebeschleunigung einerseits und diesen beiden Grössen anderseits eine bekannte Beziehung besteht.

Die Bestimmung der Schwerebeschleunigung nach diesem Prinzip heisst eine absolute Messung; sie ist eine höchst umständliche, langwierige Operation, was daraus mag ersehen werden, dass die genaueste absolute Bestimmung, die bisher durchgeführt wurde, die mehrjährige Arbeit zweier Beobachter erfordert hat.

Viel leichter ist es, das Verhältnis der Schwere an zwei oder mehr Orten zu bestimmen. Hierzu ist nur notwendig, die Schwingungszeit eines und desselben frei schwingenden Pendels an den verschiedenen Orten zu messen, da dann aus dem Verhältnis der Schwingungszeiten das Verhältnis der Schwerebeschleunigungen abgeleitet werden kann. Die Schwingungszeit eines Pendels kann aber relativ leicht mit grosser Genauigkeit ermittelt werden.

Um auch die absoluten Schwerewerte der einzelnen Stationen kennen zu lernen, muss nur für eine einzige Station, die Referenzstation, der absolute Wert bekannt sein. Es ist sogar ausreichend und zweckmässig, alle Schwerestationen der Erde an eine einzige Zentralstation anzuschliessen und deren absoluten Schwerewert wieder durch relative Messungen auf die Referenzstationen der einzelnen Länder zu übertragen. Als Zentralstation dient das geodätische Institut zu Potsdam, wo die vorhin erwähnte, genaue, absolute Bestimmung durchgeführt worden ist. — Referenzstation für die schweizerischen Messungen war bis zum Jahre 1899 Zürich, nachher Basel.

Die Genauigkeit, die man bei der relativen Übertragung der Schwere innezuhalten wünscht, ist  $1/1000 \text{ cm/sec}^2$ . Diese Forderung geht so weit, dass auch die im Prinzip einfache, relative Messung sich zu einer recht umständlichen Operation gestaltet, denn es muss die Schwingungsdauer des benützten Pendels auf wenige zehnmilliontel Sekunden genau bestimmt werden, und es müssen alle die Schwingungszeit beeinflussenden Faktoren, die von Ort zu Ort wechseln und die nicht von einer Schwereänderung herrühren, mit derselben Genauigkeit in Rechnung gezogen und dadurch eli-

miniert werden. Solche Faktoren sind: der Schwingungsbogen des Pendels, die Temperatur der Pendelstange, der Luftwiderstand, die mitschwingende Bewegung des Pendelstativs, und endlich der Fehler der Zeiteinheit, in welcher die Schwingungsdauer ausgedrückt wird, d. h. der Fehler der Uhrsekunde. Dieser Fehler kann nur dadurch mit der erforderlichen Genauigkeit eliminiert werden, dass der tägliche Gang der Beobachtungsuhr an Ort und Stelle durch astronomische Zeitbestimmungen bis auf zirka 2 hundertstel Zeitsekunden genau ermittelt wird.

Nicht leicht ist es auch, die Grundvoraussetzung der relativen Methode zu erfüllen, nämlich die Voraussetzung, dass an allen Orten ein und dasselbe Pendel benützt werde. Es hat sich gezeigt, dass es sehr schwer ist, den Schneidenkörper, welcher die Schwingungsaxe trägt, unveränderlich fest mit dem Pendelkörper zu verbinden und dabei schädliche Spannungen zu vermeiden. Um Verschiebungen der Schwingungsaxe gegenüber dem Pendelkörper, d. h. Änderungen der Pendellänge aufzudecken, benützt man immer mehrere Pendel nebeneinander, in der Hoffnung, dass nicht alle Pendel während der Dauer der Feldarbeiten ihre Länge ändern. Zur Kontrolle werden übrigens die Schwingungszeiten der Pendel vor und nach den Feldarbeiten auf der Referenzstation bestimmt.

Das Gewicht des gesamten Gepäckes, das für die schweizerischen Messungen mitgeführt wurde, beläuft sich auf rund 1300 kg; die Hälfte davon entfällt auf eine kleine, transportable Beobachtungshütte, in welcher das zu den Zeitbestimmungen verwendete Universalinstrument aufgestellt wird. Das Hauptinstrument, das einzelne invariable Halbsekundenpendel, wiegt nur 1 kg.

Die Erledigung der Messungen auf einer Feldstation erfordert einen Zeitraum von wenigstens vier Tagen. Wegen der Verzögerungen, welche die astronomischen Messungen durch ungünstige Witterung erleiden, sind durchschnittlich acht bis zehn Tage notwendig gewesen.

Wenn wir die beobachteten Schwerebeschleunigungen der schweizerischen Stationen zusammentragen, so ersehen wir daraus nur, dass im Allgemeinen die Schwere mit der Seehöhe abnimmt. Wollen wir eine Übersicht über das grosse Zahlenmaterial gewinnen und Schlussfolgerungen daran anknüpfen, so müssen die beobachteten Werte zuerst vergleichbar gemacht, „reduziert“ werden. Das kann nach zwei verschiedenen Methoden geschehen;

die eine, die FAYESche Methode, kommt hauptsächlich für Stationen im Flachland des Kontinentes in Betracht, die andere, die BOUGUERSche, für Gebirgsstationen.

Der FAYESchen Methode liegt folgende Vorstellung zugrunde: Die Flachlandmassen, die sich in der Umgebung der Station oberhalb des Meeresniveaus befinden, denkt man sich auf das Meeresniveau zu einer Flächenschicht kondensiert und den Beobachtungspunkt lotrecht verschoben bis dicht über das Meeresniveau. Dieser Fiktion entsprechend werden die Schwerewerte vergleichbar gemacht dadurch, dass man sie umrechnet auf diejenigen Werte, die man im lotrecht aufs Meeresniveau verschobenen Punkte beobachtet hätte; sie beziehen sich dann auf die gleiche Niveaufläche. Die FAYESche Reduktion besteht somit einfach darin, dass man die beobachteten Werte vermehrt um den bekannten Betrag der normalen Zunahme der Schwere in freier Luft. — Die theoretisch notwendige Korrektion wegen der Kondensation der Massen ist unerheblich und darf vernachlässigt werden.

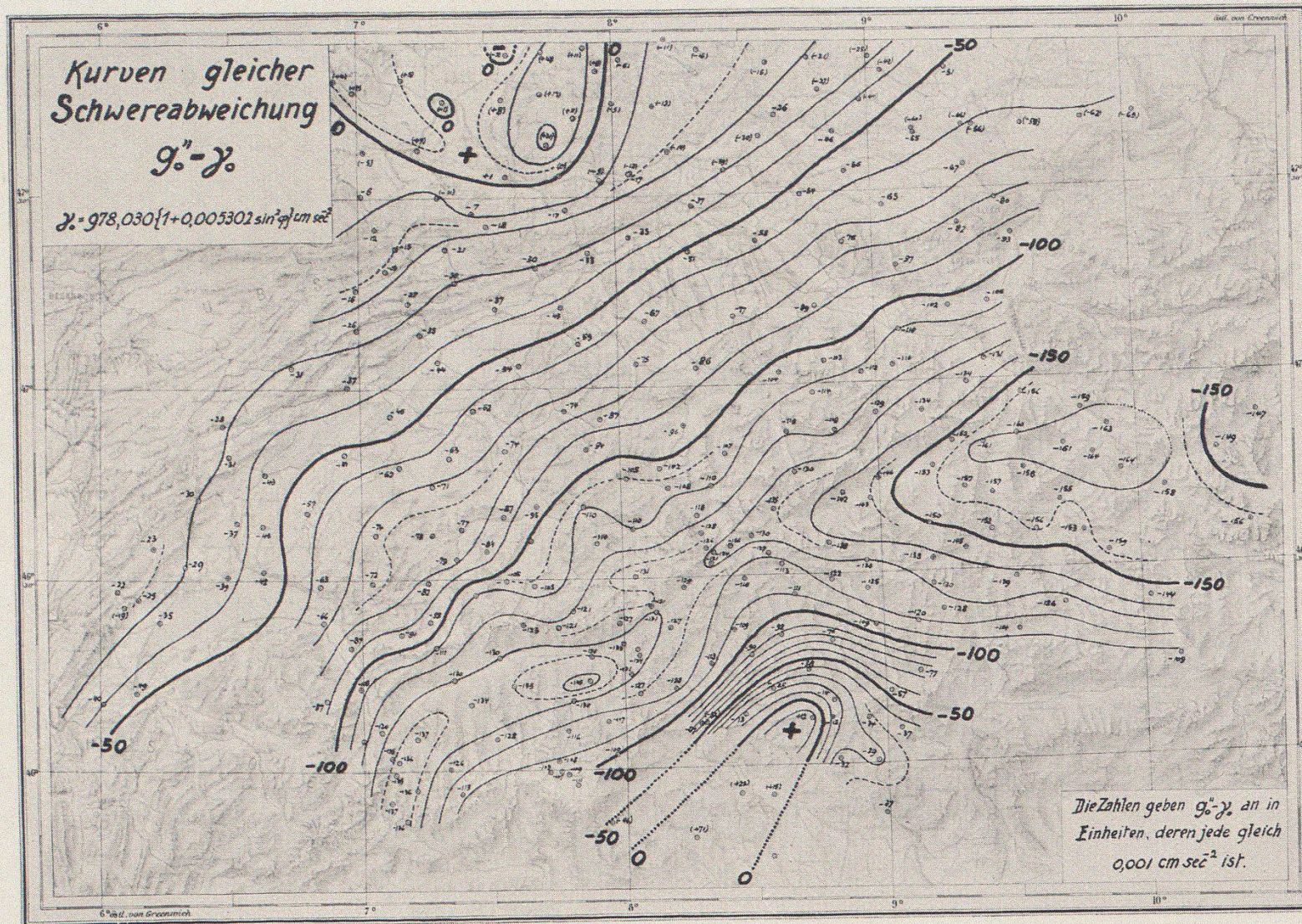
Nach dem FAYESchen Verfahren reduzierte Schwerewerte benutzt man, wenn die normale Änderung der Schwere im Meeresniveau mit der geographischen Breite abgeleitet werden soll; die Schwerewerte  $\gamma_0$  im Meeresniveau und in der geographischen Breite  $\varphi$  lassen sich in grosser Annäherung durch den Ausdruck darstellen:

$$\gamma_0 = g_a (1 + b \sin^2 \varphi),$$

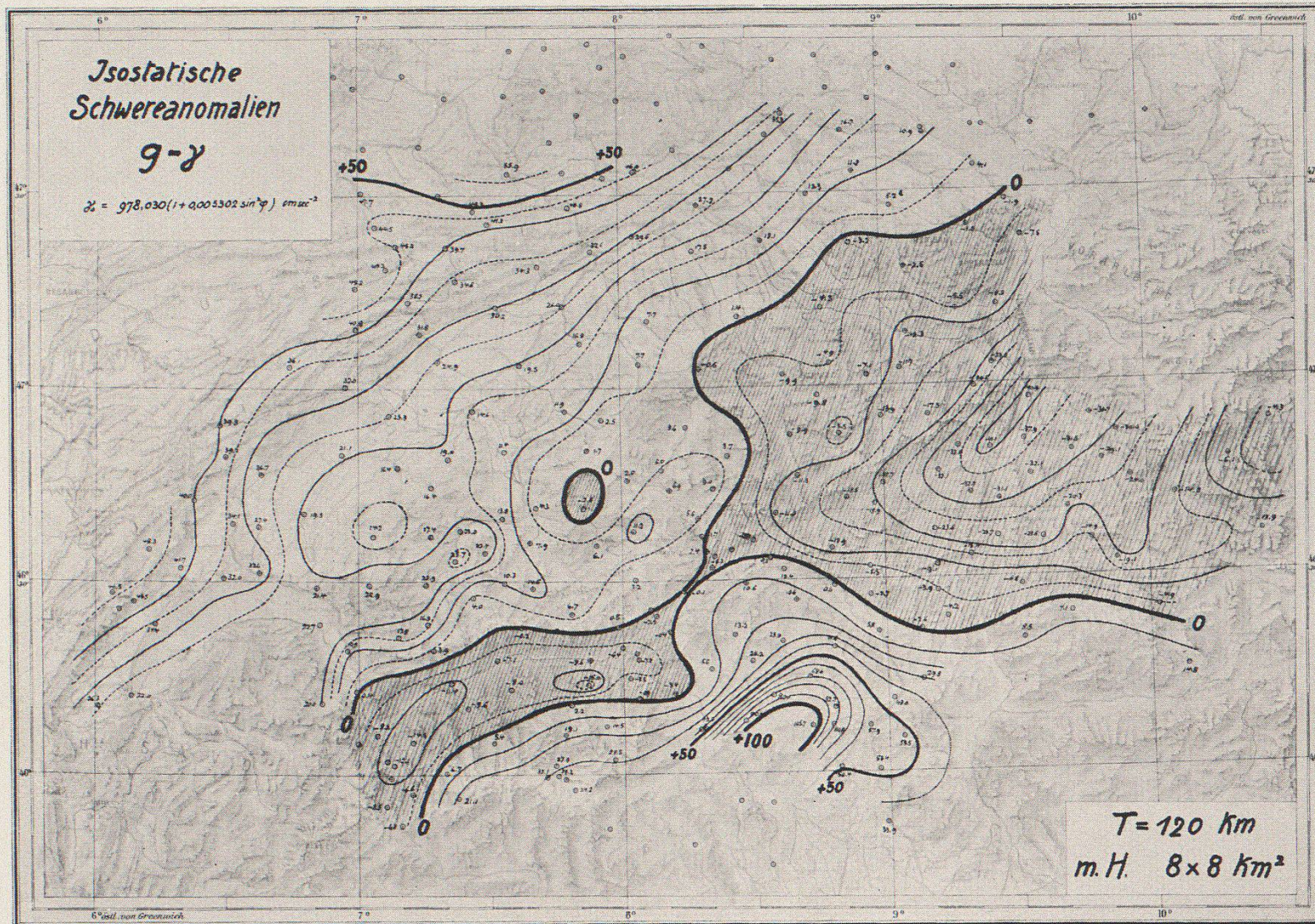
wobei  $g_a$  die Schwere am Äquator und  $b$  eine Konstante bezeichnet.

Wendet man das FAYESche Verfahren auch auf die Schwerewerte der Gebirgsstationen an, so erzielt man keine Vergleichbarkeit. Die zwischen Meeresniveau und Stationsniveau liegenden Massen üben nach der Kondensation auf den verschobenen Stationspunkt die gleiche Anziehung aus wie vorher; diejenigen Massen hingegen, die das Stationsniveau überragen, deren Vertikalanziehung somit nach oben gerichtet ist, üben nach der Kondensation keine merkliche Vertikalanziehung aus.

Beim zweiten, BOUGUERSchen Verfahren, geht man deshalb darauf aus, die beobachtete Schwere überhaupt von der Anziehung der lokalen Massen zu befreien. Hierzu denkt man sich sämtliche Massen, die sich in der Umgebung der Station oberhalb des Meeresniveaus befinden, weggenommen bis zu einer Entfernung, in der sie keine merkliche Vertikalanziehung auf den Beobachtungspunkt ausüben und diesen wieder lotrecht verschoben bis dicht über das



Topogr. Platte mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 19. Sept. 1921 reproduziert.



Topogr. Platte mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 19. Sept. 1921 reproduziert.

Meeresniveau. Demgemäss hat man zwei Reduktionen anzubringen, nämlich erstens wieder die normale Änderung in freier Luft, und zweitens hat man die beobachtete Schwerebeschleunigung zu vermindern um den Betrag der Vertikalanziehung, welcher den weggenommenen Massen entspricht.

Die so reduzierten Schwerewerte sind etwas unsicherer als die beobachteten; denn die Berechnung dieses Anziehungsbetrages erfordert die Kenntnis der Gesteinsdichten zwischen Meeresniveau und Erdoberfläche. Angaben hierüber sind aber notwendigerweise mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Während die beobachteten Schwerebeschleunigungen auf  $\pm \frac{1}{1000}$  cm/sec<sup>2</sup> genau sind, muss den nach Bouguer reduzierten Werten durchschnittlich eine Unsicherheit von  $\pm \frac{3}{1000}$  bis  $\frac{4}{1000}$  cm/sec<sup>2</sup> zugeschrieben werden.

Bezeichnen wir mit

- $g$  die beobachtete Schwerebeschleunigung,
- $\Delta g$  die normale Zunahme der Schwere in freier Luft vom Stationsniveau bis zum Meeresniveau,
- $\Delta g'$  die negativ genommene Vertikalanziehung der Massen in der Umgebung der Station,

so ist  $g''_o = g + \Delta g + \Delta g'$

die nach dem Bouguerschen Verfahren auf das Meeresniveau reduzierte Schwerebeschleunigung. Diese Werte  $g''_o$  der einzelnen Stationen sind noch nicht streng untereinander vergleichbar, da darin noch die Änderung der Schwere mit der geographischen Breite steckt. Um auch diesen Einfluss zu eliminieren, vergleicht man sie mit dem normalen Wert  $\gamma_o$ , indem man die Differenzen

$$g''_o - \gamma_o$$

bildet. Für  $\gamma_o$  hat HELMERT 1901 aus den nach FAYE reduzierten Schwerewerten der Flachlandstationen den Ausdruck abgeleitet:  $\gamma_o = 978,030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,000007 \sin^2 2\varphi)$  cm/sec<sup>2</sup>.

Trägt man die Differenzen  $g''_o - \gamma_o$  in ein Stationsnetz ein, so lassen sich zwischen die Stationen diejenigen Punkte interpolieren, in welchen die Schwereanomalien  $g''_o - \gamma_o$  gleich gross sind. Verbindet man solche Punkte durch Kurven, so erhält man ein zusammenfassendes Bild aller Messungen.<sup>1</sup> Tafel I enthält eine solche

<sup>1</sup> Die Messungen sind ausführlich publiziert im 12., 13., 15. und 16. Band der „Astronomisch-geodätischen Arbeiten in der Schweiz“ (Fortsetzung der Publikation: „Das schweizerische Dreiecknetz“), herausgegeben von der Schweizerischen Geodätischen Kommission.

Darstellung; die Kurven verbinden Punkte, deren Schwereanomalien um je 10 Einheiten der 3. Dezimale (gleich tausendstel  $\text{cm}/\text{sec}^2$ ) verschieden sind. Die wichtigsten Eigentümlichkeiten dieser Karte seien in Kürze hervorgehoben. Zunächst ist ersichtlich, dass im ganzen Gebiet der Schweiz sämtliche Schwereanomalien, mit Ausnahme von zweien, negativ sind, d. h. die reduzierten Werte  $g''_o$  sind kleiner als die normalen Werte  $\gamma_o$ . Nördlich der Alpen treffen wir den grössten Wert, nämlich den Wert  $+0,001 \text{ cm}/\text{sec}^2$ , in Basel an. Weiter nördlich im Breisgau und im Sundgau haben die Messungen deutscher Beobachter ebenfalls positive Werte geliefert. Die Kurven gleicher Abweichung verlaufen ersichtlich der allgemeinen Streichrichtung der Alpen parallel. Für je 10 km Annäherung an die Alpen nehmen die Abweichungen um rund 10 Einheiten ab und erreichen ungefähr in der Mitte des Alpenmassivs ihren kleinsten Wert. Wir konstatieren ein Hauptminimum von  $-0,160$  bis  $-0,165 \text{ cm}/\text{sec}^2$  in den Graubündner Alpen östlich von Chur und ein Nebenminimum von  $-0,130$  bis  $0,140 \text{ cm}/\text{sec}^2$  südlich des Rhonetales. — Auf der Südseite der Alpen ist der Verlauf der Kurven viel unregelmässiger, die Abweichungen nehmen ausserordentlich rasch zu mit der Annäherung an den Lago maggiore. Brissago verzeichnet schon einen kleinen positiven Wert in Übereinstimmung mit vereinzelt italienischen Messungen, die indessen nicht die gleiche Genauigkeit beanspruchen können wie die schweizerischen.

Geben wir uns zunächst Rechenschaft davon, was das negative Zeichen der Abweichungen bedeutet.

Wir haben erwähnt, dass die normale Schwere  $\gamma_o$  abgeleitet wird aus den nach Faye reduzierten Beobachtungswerten, d. h. unter der Vorstellung, dass die äusseren Massen auf das Meeresniveau kondensiert werden. Theoretische Betrachtungen zeigen nun, dass die Schwere im Meeresniveau in grosser Annäherung durch einen Ausdruck von der Form

$$\gamma_o = g_a (1 + b \sin^2 \varphi)$$

dargestellt wird, wenn die Massen der Erde homogen geschichtet sind. Dass sich die nach Faye reduzierten Schwerewerte gut in dieser Form darstellen lassen, besagt also, es werde durch die dem Fayeschen Verfahren zugrunde liegende Fiktion eine Massenverteilung herbeigeführt, deren Schwerewirkung sehr nahe gleich ist derjenigen einer homogen geschichteten Erde.

Das Verhalten der Bouguerschen Werte  $g''_o$ , die im allgemeinen kleiner sind als die normalen Werte  $\gamma_o$ , heisst also: nimmt man Massen weg, so ist die Anziehung kleiner als diejenige einer homogen geschichteten Erde, was gleichbedeutend ist mit der Aussage, dass Massen unterhalb des Meeresniveaus fehlen. Wir sind deshalb berechtigt, negative Schwereanomalien als Massendefekte unterhalb des Meeresniveaus zu deuten, und da diese Defekte am stärksten sind in der Zone der grössten Gebirgserhebung, kommen wir zur Anschauung, dass die Gebirgsmassen oberhalb des Meeresniveaus bis zu einem gewissen Grade durch Massendefekte unterhalb kompensiert seien. Hierbei hat man nicht an Hohlräume in der Erdrinde zu denken, sondern an eine Verminderung der Gesteinsdichte.

Dieser Vorstellung von einer Kompensation der Gebirgsmassen hat PRATT eine präzise Fassung gegeben. Denken wir uns aus der Erdrinde eine vertikale, prismatische Säule von bestimmtem Querschnitt herausgeschnitten. Die Basis der Säule liege in einer bestimmten Niveaufläche im Erdinnern, und ihre obere Begrenzung werde durch die feste oder flüssige Erdoberfläche gebildet. Dann lässt sich die Prattsche Fassung folgendermassen formulieren: Wo wir auch die prismatische Säule in der äusseren Erdrinde annehmen, sei es in einer Gebirgsgegend oder im Flachlande eines Kontinentes oder im Meere, immer ist die aus der Erdrinde herausgeschnittene Masse gleich gross. — Diese Regel kann natürlich nicht streng gelten; man redet deshalb auch nicht von einem Prattschen Gesetz, sondern von einer Prattschen Hypothese, und bezeichnet den Zustand der Erdrinde, der ihr entspricht, als das isostatische Gleichgewicht. Eine besondere Bedeutung kommt der Tiefe der gemeinsamen Niveaufläche zu, in welcher die Basis der Säulen anzunehmen ist. Man nennt diese Niveaufläche die Ausgleichsfläche; sie kann als diejenige Niveaufläche aufgefasst werden, wo der im tieferen Erdinnern herrschende hydrostatische Druck beginnt.

Die negativen Schwereanomalien in unserem Gebirgslande dürfen wir deuten als eine Bestätigung der Prattschen Hypothese. Bei der Feststellung dieser Bedeutung drängt sich fast von selbst die Frage auf, ob es nicht möglich sei, aus dem Zahlenmaterial des dichten Schwerenetzes weitere, etwas weniger unbestimmte Schlussfolgerungen zu ziehen. Können uns die Schwereanomalien z. B. nicht Aufschluss darüber geben, bis zu welcher Tiefe sich

die Auflockerung der Erdrinde, der Massendefekt erstreckt, oder innerhalb welchen Umkreises die äusseren Massen durch den Massendefekt in der Erdrinde kompensiert sind? Wegen der Festigkeit des Erdmantels haben wir uns die Kompensation nicht in der Weise vorzustellen, dass jede Bergspitze oder jeder enge Taleinschnitt durch einen entsprechenden Defekt ausgeglichen sei. Kompensation wird vermutlich nur bestehen innerhalb grösserer Gebiete, und in kleineren Gebieten werden isostatisch nicht kompensierte Massen vorhanden sein können.

Wenn wir diese beiden Fragen, nämlich erstens die Frage nach der Tiefe der Ausgleichsfläche und zweitens die Frage nach der Grösse des Kompensationsgebietes, d. h. nach der Grösse des Querschnittes der Prismen, die gleich viel Masse enthalten sollen, beantworten können, dann werden wir auch imstande sein, anzugeben, wie gross die Schwereabweichungen sind, welche durch isostatisch nicht ausgeglichene Massen erzeugt werden. Solche Massen können wir kurz als Störungsmassen bezeichnen.

Für die Tiefe der Ausgleichsfläche besitzen wir eine gute Schätzung auf Grund zweier verschiedener, von einander unabhängiger Berechnungen. Es hat einerseits HAYFORD diese Tiefe berechnet aus den in Nordamerika beobachteten Lotabweichungen, und andererseits HELMERT aus den Störungen, welche die Schwerewerte der in der Nähe der Meeresküste gelegenen Stationen aufweisen. Aus beiden Berechnungen geht in guter Übereinstimmung ein Wert von rund 120 km hervor.<sup>1</sup>

Streng genommen müsste gleichzeitig mit der Frage nach der Tiefe der Ausgleichsfläche auch die Frage nach der Grösse des Kompensationsgebietes untersucht werden; es kommt aber sowohl der Hayfordschen als Helmertschen Berechnung zugut, dass das abgeleitete Resultat nicht stark beeinflusst wird von einer speziellen Annahme über die Grösse des Kompensationsgebietes. Beide

---

<sup>1</sup> Vergleiche:

The Figure of the Earth and Isostasy from Measurements in the United States, Washington 1909;

Supplementary Investigation in 1909 of the Figure of the Earth and Isostasy, Washington 1910;

Die Tiefe der Ausgleichsfläche bei der Prattschen Hypothese für das Gleichgewicht der Erdkruste und der Verlauf der Schwerestörung vom Innern der Kontinente und Ozeane nach den Küsten. Von F. R. Helmert; Sitzungsberichte der königl. preuss. Akademie der Wissenschaften, 1909, XLVIII.

legen dieser einen solchen Wert bei, welcher die Berechnung der Tiefe möglichst einfach ausfallen lässt. Das ist dann der Fall, wenn man den Querschnitt der Prismen, die gleich viel Masse enthalten sollen, unendlich klein annimmt. Diese Annahme schliesst die Vorstellung ein, dass der Massendefekt unterhalb der Kontinente (oder der Massenüberschuss unterhalb der Meere) das genaue Spiegelbild der Begrenzung der festen Erdoberfläche sei, eine Vorstellung, die sicher nicht der Wirklichkeit entspricht.

Ausserdem wird noch eine zweite, die Berechnung erleichternde Voraussetzung eingeführt, nämlich die Voraussetzung, dass durch eine gleichmässige Verteilung der äusseren Massen über den Raum zwischen Meeresniveau und Ausgleichsfläche eine homogene Erdrinde erzeugt werde, d. h. dass dem Massendefekt längs jeder Vertikalen eine konstante, negative Dichte beizulegen sei.

Die Messungen der schweizerischen geodätischen Kommission gestatten nun zu untersuchen, ob die in unserm Gebirgslande beobachteten Schwerebeschleunigungen für dieselbe Tiefe der Ausgleichsfläche sprechen. Wenn das der Fall ist, so dürfen wir daraus schliessen, dass die Lage der Ausgleichsfläche nicht nur von Bedeutung sei für den Aufbau der Erdrinde im grossen, nämlich für ihre Gliederung in Kontinentalblöcke und Meeresbecken, sondern auch für die Auffaltung der Gebirgsmassen innerhalb eines Kontinentes.

Setzen wir für diese Untersuchung die Tiefe der Ausgleichsfläche im Alpengebiet vorderhand als bekannt voraus und schliessen wir uns den vereinfachenden Annahmen Hayfords an. Dann bietet sich die Möglichkeit, die Schwerewerte nach einem Verfahren zu reduzieren, das die Unvollkommenheiten der Fayeschen und Bouguer'schen Methode vermeidet. Wir bezeichnen dieses Verfahren nach seinem Begründer als das HAYFORDSche Verfahren oder seinem Wesen nach als das isostatische Verfahren.

Nehmen wir eine idealisierte Erde an, die dadurch entsteht, dass die äussern Kontinental- und Gebirgsmassen durch vertikale Verschiebung nach unten gleichmässig über den Raum zwischen Meeresniveau und Ausgleichsfläche verteilt werden und dass der Massenüberschuss unterhalb der Meere verwendet werde zur Ausgleichung des Defektes der Wassermassen. Diesem Zustande wird eine Normalschwere im Meeresniveau entsprechen; wir nennen sie die isostatische Normalschwere und setzen sie ebenfalls als bekannt voraus.

Um nun zu entscheiden, ob die an einer Gebirgsstation beobachtete Schwere dem isostatischen Gleichgewicht entspreche, gehen wir folgendermassen vor:

An der isostatischen Normalschwere des Meeresniveaus bringen wir drei Korrekturen an, eine erste, welche gleich der Abnahme der Schwere in freier Luft zwischen Meeres- und Stationsniveau ist (entsprechend der Fayeschen Reduktion), eine zweite, welche gleich der Vertikalanziehung der das Meeresniveau überragenden (oder daran fehlenden) Massen in der Umgebung der Station ist (entsprechend der Bouguerschen Reduktion), und eine dritte, welche dem isostatischen Defekt unterhalb der Kontinente oder dem isostatischen Überschuss unterhalb der Meere Rechnung trägt. Bezeichnen wir mit  $\gamma_i$  die isostatische Normalschwere im Meeresniveau und mit  $-\Delta g''$  die Vertikalanziehung des isostatischen Massendefektes oder Massenüberschusses, so ist

$$\gamma = \gamma_i - \Delta g - \Delta g' - \Delta g''$$

die isostatische Normalschwere im Stationsniveau. Mit dieser vergleichen wir nun den beobachteten Wert  $g$ , indem wir die Differenzen

$$g - \gamma,$$

die isostatischen Schwereanomalien bilden.

Die isostatische Normalschwere  $\gamma_i$  ist uns nun allerdings nicht bekannt. Wir besitzen dafür aber einen guten Ersatz in der normalen Schwere  $\gamma_o$ , die aus den nach Faye reduzierten Werten abgeleitet ist. Denn da bei dieser Ableitung nur Flachlandstationen von sehr geringer Meereshöhe benützt wurden, ist ersichtlich, dass zwischen der Anziehung der aufs Meeresniveau kondensierten Massen und der Anziehung der Massen, wenn sie über den Raum zwischen Meeresniveau und Ausgleichsfläche verteilt werden, nur ein geringer Unterschied bestehen kann. Die Fayesche Normalschwere fällt also nahe zusammen mit der isostatischen Normalschwere. Führen wir  $\gamma_o$  an Stelle von  $\gamma_i$  ein, so ist die isostatische Schwereanomalie gleich

$$g - \gamma = g + \Delta g + \Delta g' - (\gamma_o - \Delta g''),$$

während die Bouguersche Schwereanomalie gleich

$$g'' - \gamma_o = g + \Delta g + \Delta g' - \gamma_o \text{ ist.}$$

Grundsätzlich unterscheidet sich das isostatische Verfahren vom Bouguerschen nur dadurch, dass der Einfluss des Massendefektes oder -überschusses berücksichtigt wird. Dieser Umstand bedingt eine erheblich grössere Rechnungsarbeit, als es auf den

ersten Blick scheinen möchte. Während die Vertikalanziehung der äussern Massen schon in 50 km geringfügig wird, bleibt die Anziehung des Defektes oder Überschusses wegen der grossen Tiefe der Ausgleichsfläche auf viel grössere Entfernungen hin merkbar. Um streng vergleichbare Zahlen zu erhalten, erstreckt man die isostatische Berechnung über alle Massen rund um die Erde.<sup>1</sup>

Dieses isostatische Verfahren ist schon von Hayford selbst auf rund 100 Schwerestationen Nordamerikas angewendet worden mit dem Erfolg, dass durchschnittlich recht kleine, isostatische Schwereanomalien auftreten.<sup>2</sup> Seine Bemühungen indessen, daraus auch Aufschlüsse über die Tiefe der Ausgleichsfläche und die Grösse des Kompensationsgebietes zu erhalten, hatten keinen Erfolg. Der Grund des Versagens liegt zweifellos in der geringen Zahl und in der ungünstigen Verteilung der amerikanischen Stationen. Das schweizerische Schwerenetz, dessen Stationsdichte ungefähr 600 mal so gross ist als die des amerikanischen Netzes, verspricht einem neuen Versuch in dieser Richtung von vorneherein einen bessern Erfolg.

Will man die schweizerischen Schwerewerte nicht nur isostatisch reduzieren, sondern auch entscheiden, für welche Tiefe der Ausgleichsfläche die beste Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung erzielt wird, so kann das dadurch geschehen, dass man die Rechnung gleichzeitig für verschiedene Tiefenannahmen durchführt.

Um auch die Frage nach der Grösse des Kompensationsgebietes zur Entscheidung vorzubereiten, empfiehlt es sich, den Querschnitt der vertikalen Säulen nicht unendlich klein, wie Hayford es getan, sondern von endlichen Dimensionen anzunehmen; aus verschiedenen Gründen wurde für die erste Rechnung ein quadratischer Querschnitt von 8 km Seitenlänge gewählt. Massgebend für die Dichte des Massendefektes in irgend einer Vertikalen ist dann die mittlere Höhe der Gebirgsmassen innerhalb einer Fläche von 64 km<sup>2</sup>.

Wenn die Isostasie vollkommen wäre, d. h. nun, wenn jeweilen innerhalb einer quadratischen Säule von 64 km<sup>2</sup> Querschnitt die

<sup>1</sup> Vgl. Zur Theorie der isostatischen Reduktion der Schwerebeschleunigungen, von Th. Niethammer. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel. Band XXVIII, zweiter Teil.

<sup>2</sup> Siehe: The Effect of Topography and Isostatic Compensation upon the Intensity of Gravity, by John F. Hayford. Washington, 1912.

oberirdischen Massen durch einen entsprechenden Defekt kompensiert wären, dann müssten sich die beobachteten Schwerewerte innerhalb der durch Beobachtungs- und Reduktionsfehler gesteckten Grenzen durch die isostatisch reduzierten Normalschwerewerte darstellen lassen; die isostatischen Schwereanomalien dürften also etwa  $\pm 5/1000 \text{ cm/sec}^2$  nicht wesentlich überschreiten. Sind die Abweichungen grösser, so müssen wir sie auffassen als den Ausdruck für die Anziehung von störenden Massen, die in der Erdkrinde zwischen Meeresniveau und Ausgleichsfläche liegen. Je näher sie dem Meeresniveau liegen, um so intensiver wird ihre störende Wirkung sein, um so kleiner aber auch der Bereich, innerhalb dessen sich die Störung bemerkbar macht. Aus der Grösse und aus der Änderungsgeschwindigkeit der isostatischen Anomalien wird man also bis zu einem gewissen Grade zurückschliessen können auf die Lage der störenden Massen in der Erdkrinde.

In Tafel II sind die isostatischen Schwereanomalien wiedergegeben für 120 km Tiefe der Ausgleichsfläche; die Kurven verbinden wieder Punkte gleicher Abweichung. Innerhalb der durch Schraffierung zusammengehaltenen Fläche sind die Anomalien negativ, ausserhalb positiv. Das Gebiet negativer Störung liegt innerhalb der Alpenerrhebung. Wenn wir somit die Gebirgsmassen vertikal nach unten verschieben und über den Raum zwischen Meeresniveau und Ausgleichsfläche verteilen, so bleibt die Dichte in diesem Teil der Erdkrinde kleiner als durchschnittlich ausserhalb. Nördlich und südlich der Alpen besteht dagegen ein Gebiet mit positiven Anomalien, welchen ein Massenüberschuss, eine zu grosse Dichte, in der Erdkrinde entspricht. Am grössten ist der Defekt im Rheintal in der Umgegend von Chur; er vermindert dort die Schwere um  $0,040 \text{ cm/sec}^2$ . Von einigen speziellen Störungen am Nordfuss der Alpen abgesehen, nimmt der Überschuss mit der Annäherung an den Jura ziemlich regelmässig zu; er vergrössert die Schwere in Basel um  $0,056 \text{ cm/sec}^2$ . — Südlich der Alpen tritt das Störungsgebiet im Norden des Lago maggiore deutlich hervor mit Abweichungen von mehr als  $0,100 \text{ cm/sec}^2$ ; die scharfe Umgrenzung und die rasche Änderung der Anomalien sprechen dafür, dass die Störungsmassen dieses Gebietes sehr oberflächlich liegen, vermutlich in den ersten 10 bis 20 km der Erdkrinde.

Stellt man die isostatischen Schwereanomalien in gleicher Weise dar für die beiden Fälle, dass die Tiefe  $T$  der Ausgleichsfläche

zu 100 und zu 140 km angenommen wird, so zeigen sich folgende Unterschiede: Für  $T = 100$  km werden die Anomalien nach der positiven Seite und für  $T = 140$  km nach der negativen Seite hin verschoben; im ersten Fall wird somit das Gebiet mit negativer Schwerestörung kleiner, im zweiten Fall grösser, und es verläuft die Kurve  $g - \gamma = 0$

für  $T = 100$  km ungef. an Stelle d. Kurve  $g - \gamma = -10 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec}^2$ ,  
 „  $T = 140$  „ „ „ „ „ „  $g - \gamma = +10 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sec}^2$   
 in Tafel II für  $T = 120$  km.

In Anbetracht des Umstandes, dass die isostatischen Schwereanomalien unter einer ganz willkürlichen Annahme über die Grösse des Kompensationsgebietes abgeleitet sind, wird man vorläufig darauf verzichten, Zusammenhänge mit Fragen geologischer Natur aufsuchen zu wollen. Dagegen können wir der Frage nach der Tiefe der Ausgleichsfläche näher treten, da deren Bestimmung mehr oder weniger von jener Willkür unabhängig ist. Hierzu braucht man nur den Mittelwert der isostatischen Schwereanomalien innerhalb des untersuchten Gebietes abzuleiten; dieser ändert sich nur wenig, wenn ein anderer Querschnitt in die Rechnung eingeführt wird. Notwendig ist nur, dass überhaupt innerhalb einer Fläche vom Ausmass der Schweiz Kompensation zwischen den Massen oberhalb des Meeresniveaus und dem Massendefekt unterhalb vorhanden sei.

Aus diesen Mittelwerten für die verschiedenen Tiefenannahmen findet sich durch Interpolation leicht diejenige Tiefe, für welche Beobachtung und Theorie einander möglichst nahe kommen; das ist die Tiefe, für welche der Mittelwert der isostatischen Anomalien gleich null wird.

Für die Tiefe der Ausgleichsfläche ergibt diese Rechnung 113 km. Hierbei wurde für die Fayesche Normalschwere nicht der oben angegebene, aus dem Jahre 1901 stammende Ausdruck, sondern der neuere, im Jahre 1915 von Helmert abgeleitete Ausdruck eingeführt. Innerhalb der geographischen Breiten, die in der Schweiz vorkommen, ist

$$\gamma_o (1915) = \gamma_o (1901) + 0,013 \text{ cm/sec}^2.$$

Ferner ist, um näherungsweise  $\gamma_o$  auf  $\gamma_i$  zu reduzieren, noch eine Korrektur von

$$-0,003 \text{ cm/sec}^2$$

angebracht, durch welche berücksichtigt wird, dass die isostatische

Normalschwere  $\gamma_i$  kleiner ist als die Fayersche Normalschwere  $\gamma_0$ . Wenn man diese Korrektur auf  $-0,006 \text{ cm/sec}^2$  ansetzt, so ergibt sich die Tiefe der Ausgleichsfläche zu 119 km.

Die Übereinstimmung des aus dem schweizerischen Schwere-material abgeleiteten Wertes mit dem bisher angenommenen Wert von 120 km Tiefe darf als sehr gut bezeichnet werden, wenn man berücksichtigt, dass sowohl der Hayfordschen als Helmerstchen Angabe eine Unsicherheit von etwa 20 km zugeschrieben werden muss.

Dem Zahlenwert selbst werden wir kein zu grosses Gewicht beilegen dürfen, da er als eine unter ganz bestimmten Voraussetzungen abgeleitete Rechnungsgrösse anzusehen ist. Dagegen darf die Übereinstimmung aller bisherigen Berechnungen in dem schon angedeuteten Sinn ausgelegt werden; es spricht sich darin aus, dass sowohl bei der Bildung der Kontinentalblöcke und der Meeresbecken als bei der Auffaltung der Gebirgsmassen ein gemeinsames Gesetz wirksam gewesen sei.

## Le choc hémoclasique

D<sup>r</sup> M. ROCH

professeur de clinique médicale à Genève

Messieurs,

Très intimidé de parler devant une assemblée aussi savante je le suis d'autant plus que je vois parmi vous un physicien de mes amis qui m'a souvent accablé du reproche que les médecins n'ont pas l'esprit scientifique. Hélas! Messieurs, et cela fait ici ma confusion, je pense que ce reproche est en partie justifié et j'ai grand peur que ma conférence ne vous confirme dans cette idée.

C'est que les médecins doivent parfois parler et agir avant de savoir. On attend d'eux la consolation, le soulagement, la guérison, le miracle! On ne se soucie pas qu'ils soient savants, on voudraient qu'ils fussent sorciers. Aussi, conscients de leur ignorance relative, souffrant de leur trop fréquente impuissance, les médecins seront-ils portés à se lancer avec enthousiasme sur toutes les nouveautés, surtout sur celles qui leurs promettent des armes thérapeutiques. Ils s'emballeront ainsi, pour l'amour de l'humanité souffrante, quitte à revenir en arrière si leur trop grandes espérances ont été déçues. L'histoire de la médecine nous offre beaucoup d'exemples de ces à-coups; ceux-ci ne doivent pas nous rendre sceptiques et découragés; il en demeure toujours quelque-chose de positif, un progrès, sans doute moins grand que celui qu'on avait espéré au début, mais au moins acquis à titre définitif.

C'est pourquoi j'ai choisi un sujet qui ouvre de vastes horizons à la médecine, mais que vous serez en droit de trouver encore bien insuffisamment connu au point de vue scientifique pur. Mais n'y a-t-il pas de vraiment intéressants que les sujets en évolution et les résultats qu'on espère ne paraissent-ils pas toujours plus merveilleux que les résultats acquis?

Dans un article, paru en 1905, j'avais émis l'espoir que le développement de nos connaissances physico-chimiques sur les colloïdes pourrait amener de grandes lumières en biologie et tout

particulièrement en pathologie. Il y a 16 ans de cela, et je crois pouvoir me vanter d'avoir été bon prophète, quoique les progrès attendus commencent seulement maintenant à se manifester dans la pratique médicale. Néanmoins, il est permis le dire que nous sommes à la veille — que dis-je à la veille? — que nous sommes au jour d'un bouleversement de la médecine qui sera peut-être plus important encore que celui qui est résulté de l'avènement de la bactériologie. La pathologie cellulaire et bactériologique ne peut plus nous suffire. Au dessus d'elle — ou si l'on veut considérer la grandeur des objets, au-dessous d'elle — s'esquisse une pathologie humorale basée sur les propriétés physico-chimiques des colloïdes, une pathologie micellaire.

\* \* \*

Je n'ai ni le temps ni la compétence d'entrer dans des considérations théoriques sur les solutions colloïdales, aussi vous me permettrez de commencer directement mon exposé, non pas encore en vous disant ce que c'est que le choc hémoclasique, mais en vous énumérant, en manière d'introduction et sans trop de commentaires, un certain nombre de faits. Ceux-ci paraissaient, il y a quelques années à peine, fort mystérieux voire même fabuleux et, aujourd'hui encore, observés superficiellement, ils peuvent sembler aussi disparates que possible.

J'insisterai surtout sur les faits cliniques, mais je suis obligé de débiter par une expérience de laboratoire.

Vous avez tous entendu parler de l'anaphylaxie découverte en 1902 par Richet et Portier qui injectaient à des chiens du suc d'actinies. Ils constatèrent ainsi que les animaux qui avaient reçu une première injection étaient, au bout d'une quinzaine de jours, sensibilisés à tel point qu'une seconde injection d'une dose minime de la même substance entraînait rapidement la mort. Il y avait là un phénomène tout nouveau pour la science, exactement le contraire de l'immunité quoique, par la suite, on ait pu trouver beaucoup de transitions et de rapprochements entre l'anaphylaxie et l'immunité.

Les travaux suscités par la découverte de Richet se chiffrent par milliers. On trouva d'abord d'autres toxalbumines se comportant comme celles des actinies. Puis on constata, ce qui avait du reste déjà été entrevu quelques années auparavant, que des protéines

hétérogènes, même dénuées de toxicité en injection première, pouvaient également sensibiliser l'animal et devenir dangereuses pour lui.

Cela expliquait les accidents observés si souvent chez l'homme à la suite de réinjections de sérum de cheval, antitétanique, antidiphthérique et autres: Un enfant atteint de diphthérie a reçu quelques dix centimètres cubes de sérum antidiphthérique, du sérum de cheval; il guérit et reprend un état de santé parfait. Mais il a reçu des albumines hétérogènes qui ont modifié son individualité humorale, l'état d'équilibre de ses colloïdes. Cette modification n'est pas immédiate; elle n'est pleinement réalisée que 10 à 15 jours après la première injection; l'enfant est alors anaphylactisé à l'égard du sérum de cheval et cela pour toute sa vie ou, tout au moins, pour un temps indéterminé, en tous cas très long. Que plus tard il se blesse et que l'on ait quelques raisons de redouter le tétanos; on lui fera, à titre préventif, une injection de sérum antitétanique, du sérum de cheval encore. Les phénomènes anaphylactiques se déclencheront alors<sup>1</sup> et pourront se présenter sous diverses formes: une réaction locale, sorte d'œdème inflammatoire, réaction bien étudiée chez le lapin par M. Arthus et qui porte pour cela le nom de phénomène d'Arthus; une réaction générale qui peut être précoce (accélération du pouls, baisse de la pression artérielle, syncopes, toux, expectoration, dyspnée, vomissements, diarrhées, sueurs, convulsions, coma) ou tardive (éruptions cutanées scarlatiniformes, urticariennes, œdémateuses; gonflements articulaires simulant le rhumatisme). Entre ces deux formes on peut rencontrer toutes les transitions, soit au point de vue symptomatique, soit au point de vue de la date d'apparition qui peut varier de quelques minutes à quelques semaines. Tels sont les caractères essentiels de la maladie du sérum.

Cette affection a suscité, entre 1894 et 1904 et même plus tard, des discussions fort vives qu'ils n'est pas sans intérêt psychologique de rappeler aujourd'hui. Des cliniciens accusaient le sérum d'être mal préparé tandis que les bactériologistes niaient

---

<sup>1</sup> Il ne faut pas dans la pratique avoir une crainte exagérée de ces phénomènes car: 1° Ils sont, sauf exception, plus désagréables que dangereux; 2° On a des procédés qui permettent de les atténuer ou de les supprimer; 3° L'utilité des sérums thérapeutiques est telle qu'elle contrebalance bien largement leurs inconvénients.

tout simplement l'existence des accidents de la sérothérapie ou incriminaient des fautes de technique commises par le médecin. Il me paraît que, dans cette dispute mémorable, on a un peu manqué d'esprit scientifique et pas toujours seulement du côté des médecins.

Cette notion d'anaphylaxie aux toxalbumines et aux albumines hétérogènes s'est peu à peu étendue. C'est ainsi que des troubles tout-à-fait comparables à ceux que produit l'anaphylaxie sérique peuvent être provoqués par d'autres colloïdes que des albumines et même par certaines solutions de cristalloïdes<sup>1</sup> et même encore par de simples suspensions de particules chimiquement inertes (baryte). Il n'est pas indispensable que l'introduction dans l'organisme ait lieu par effraction; l'absorption par les voies naturelles suffit dans beaucoup de cas; et enfin il n'est pas toujours nécessaire qu'il y ait eu préparation préalable du sujet. Celui-ci peut être en effet congénitalement prédisposé à réagir à telle ou telle substance absolument inerte pour la majorité de ses congénères. Suivant les cas cette prédisposition est individuelle, familiale, raciale, spécifique. La prédisposition familiale est fréquemment observée chez l'homme; à ce propos je désire signaler le mémoire de feu le Docteur Rapin de Genève, un vieux médecin à la vieille mode qui savait bien observer et bien écrire. Ce travail intitulé „Des angioneuroses familiales“ a paru en 1907 dans la Revue médicale de la Suisse romande; en le relisant à la lumière des découvertes récentes, on reste stupéfait de constater combien de notions pratiques importantes et d'inductions ingénieuses peuvent ressortir de la simple et bonne observation clinique.

Déjà pour le sérum de cheval on peut rencontrer assez souvent des individus qui ont une sensibilité particulière à son égard, sans qu'il y ait jamais eu injection préalable anaphylactisante. Cette sensibilité semble pouvoir résulter, dans certains cas, d'habitudes alimentaires hippophagiques, chez les Tartares nomades par exemple, mais le plus souvent elle paraît innée. On peut alors parler d'une idiosyncrasie, terme qui devient synonyme de celui d'anaphylaxie congénitale ou spontanée ou, pour parler grec avec plus de correction, d'une „aphylaxie“.

---

<sup>1</sup> En ce qui concerne les cristalloïdes on peut soutenir que leur action est indirecte; ils modifieraient les colloïdes de l'organisme soit en se combinant à eux, soit en provoquant des désagréments ou des néo-formations.

Or, comme je viens de le dire, l'idiosyncrasie n'est pas limitée aux albumines hétérogènes introduites par effraction dans l'organisme; un grand nombre de toxiques, de médicaments, d'aliments, de poussières, d'effluves odorantes peuvent avoir, chez certains individus, des effets spéciaux, effets qui ont beaucoup d'analogie avec les symptômes de la maladie sérique. Pour nous en tenir aux manifestations les plus importantes et qui paraissent hors de discussion; ce qu'on observe le plus souvent en pathologie humaine ce sont l'irritation des muqueuses, les œdèmes, l'urticaire, la crise d'asthme, la migraine, des troubles digestifs et des accidents de dépression circulatoire. Je n'ai pas le temps d'entrer dans une description symptomatique qui serait forcément longue et probablement embrouillée. Il faut seulement dire que les modalités de la réaction clinique, en général brutale et brève, paraissent dépendre plus de l'individualité du sujet et de ses dispositions humorales momentanées que de la qualité et de la dose de la substance déchaînante.

Nous avons là quelque chose qui différencie absolument ces phénomènes des intoxications ordinaires; un toxique a généralement une action élective qui lui est spéciale, il s'attaque avec prédilection à des cellules déterminées de l'organisme: le mercure à celles du rein, le phosphore à celles du foie, la morphine aux centres bulbaires, le curare aux plaques motrices, etc. Les symptômes dépendent alors de la spécificité chimique de la substance et leur intensité est en rapport direct avec la dose.

Les substances pouvant entraîner des phénomènes anaphylactoides sont des plus variées et en nombre considérable; la liste n'en est pas close.

Votre serviteur a, par exemple, une idiosyncrasie à l'égard de l'antipyrine dont un cachet de 50 centigrammes lui a causé une poussée d'urticaire avec œdème de la face et irritation des muqueuses oculaires, buccales et pharyngées et deux cachets, absorbés simultanément, les mêmes phénomènes avec, en plus, vomissements et perte de connaissance. Or ces doses de  $\frac{1}{2}$  et de 1 gramme sont tout-à-fait bien tolérées de la majorité des humains. C'est toujours une satisfaction de constater que l'on se distingue des foules en quelque chose si secondaire que cela soit. Parmi ceux qui m'écoutent il y en a certainement qui, s'ils supportent banalement l'antipyrine comme le commun des mortels, ont peut-être la compensation de pouvoir se vanter d'une intolérance pour la quinine,

le salicylate, l'iodoforme, le chloral, l'ipéca, l'opium, le mercure, le salvarsan,<sup>1</sup> etc.

Ce que font parfois des médicaments, doués tout de même d'une notable toxicité, des aliments fort ordinaires peuvent le réaliser chez certains individus, des aliments dont les composés nocifs traversent les membranes digestives, franchissent la barrière hépatique et arrivent rapidement, malgré tant d'obstacles, dans la circulation générale. On connaît bien les sensibilités individuelles aux moules, aux crustacés, aux œufs, au chocolat, aux fraises. On voit tolérer les grosses fraises cultivées et pas les fraises des bois et l'inverse peut se constater aussi. Et même, tout récemment Pagniez cite le cas d'une dame qui ne tolère pas les fraises, dans un canton suisse seulement. Il y a là un fait qu'un auteur sérieux n'eût peut-être pas osé rapporter il y a quelques années; on n'a plus le droit de le mettre en doute aujourd'hui. Il me paraît devoir être rapproché des variations de nocivité de certains champignons suivant le pays et le terrain où ils ont crû.<sup>2</sup>

L'intolérance pour le lait, si grave chez le nourrisson, a fait l'objet de nombreux travaux pédiatriques. On a souvent trouvé à l'autopsie de ces enfants de profondes altérations du foie. Parmi les membres de la S. H. S. N. je sais un botaniste éminent qui ne peut tolérer le beurre, même en minime quantité, même quand il ignore que le plat qu'il ingère en contient, ce qui élimine toute influence de suggestion. Il n'a pas encore consenti à passer quelques heures dans mon laboratoire à titre de cobaye, mais j'espère qu'il ne résistera pas à une demande adressée devant une assemblée si compétente et si respectable.

J'ai eu l'occasion, très récemment, d'étudier une malade chez laquelle l'ingestion de pommes de terre provoquait de violentes crises d'asthme.

---

<sup>1</sup> Il n'est pas question ici de la toxicité proprement dite, banale, de ces substances. C'est intentionnellement que je ne mentionne pas ici l'intolérance pour l'iode et les iodures, commune en Suisse, mais qui est plus souvent le fait d'un état pathologique du corps thyroïde que d'une idiosyncrasie véritable au sens étroit que je donne ici à ce terme. D'autre part les sensibilités spéciales à la belladone, la pilocarpine, l'adrénaline, la cocaïne paraissent dues essentiellement à un état de déséquilibre du système nerveux végétatif: hyper-vagotonie ou hyper-sympathicotonie.

<sup>2</sup> Tout au moins de certains champignons du groupe de l'Amanite phalloïde; le suc de cette espèce, comme vient de le constater un de mes assistants, P. Schiff, dans des recherches encore inédites, produit chez le lapin les phénomènes sanguins caractéristiques du choc anaphylactique.

La migraine très certainement, l'épilepsie peut-être, dans quelques cas, ont une origine toxi-alimentaire ou, pour parler avec plus de précision, aphylassi-alimentaire.

Un pas de plus encore et nous sommes amenés à constater que les substances anaphylactisantes ne sont pas forcément introduites du milieu extérieur dans l'organisme. Elles peuvent s'y former. Ainsi on connaît bien les accidents généraux consécutifs à l'ouverture spontanée ou opératoire d'un kyste hydatique qui laisse pénétrer du liquide kystique dans les humeurs de l'individu sensibilisé. Je dois mentionner encore l'anémie bothriocéphalique. D'autre part, dans la production des symptômes des maladies infectieuses et dans leur évolution, on tend de plus en plus à attribuer un rôle important non seulement aux toxines proprement dites, mais encore aux protéines microbiennes ou réactionnelles formées soit dans le foyer infecté, soit dans le tube digestif, soit dans l'ensemble de l'organisme.

Du reste, quand les vers parasites ou les microbes sont en cause, on peut encore parler de substances hétérogènes. Mais il peut y avoir de l'anaphylaxie par substances autogènes: Depuis fort longtemps, on avait observé après de grands traumatismes des accidents dits de „shock“, accidents que l'ébranlement nerveux, l'hémorragie, l'infection ne suffisaient pas à expliquer. Ce n'est que récemment, comme l'ont montré les recherches de Quénu, les expériences de Delbet, celles de Cornioley et Kotzareff faites à l'Institut pathologique de Genève, que l'on a compris la pathogénie du choc: la résorption rapide de suc musculaire après malaxation violente des masses charnues. Un garrot, placé à la racine du membre blessé, empêche les phénomènes de se produire; ils peuvent se déclencher avec une intensité fatale au moment de l'enlèvement de la ligature. Les décès qui résultent de brûlures étendues proviennent également d'auto-intoxication par résorption de protéines nocives.

Joltrain a récemment publié l'observation très curieuse d'un individu, bien portant lorsqu'il restait au repos, malade chaque fois qu'il pratiquait un exercice musculaire et il a pu montrer qu'il s'agissait ici encore de phénomènes autotoxiques analogues à ceux de l'anaphylaxie. C'est un cas extrême, pathologique, néanmoins va-t-il peut-être modifier beaucoup nos conceptions sur la physiologie de la fatigue.

Chez certains individus, rares heureusement, le simple refroidissement peut entraîner une modification humorale telle que le

sérum devient hémolytique; il en résulte la dissolution d'une partie des globules rouges circulant, l'hémoglobinémie et l'hémoglobinurie.

Il y a peu de jours, Lermoyez apportait à la Société médicale des Hôpitaux de Paris, l'observation d'un malade chez lequel le froid faisait éclater un coryza avec hydrorrhée nasale, manifestations cliniques précédées des phénomènes vasculo-sanguins caractéristiques de l'anaphylaxie. Faut-il chercher là l'explication du coup de froid si redouté des mamans? La science finit souvent par leur donner raison.

Il me reste à parler des substances hétérogènes qui, sous forme de poussières ou d'effluves, sont introduites dans l'organisme par les muqueuses respiratoires. Chez certains sujets prédisposés, des substances de cet ordre, quoique en quantités forcément minimales, sont capables de provoquer des réactions anaphylactiques qui peuvent être très violentes.

Chacun connaît parmi ses amis et connaissances quelqu'un qui souffre du rhume des foins, de l'asthme des foins. Cette affection a été fort bien étudiée aux Etats-Unis où elle sévit avec une grande intensité et les médecins américains ont pu donner la preuve qu'elle est bien due aux pollens, pollens de graminées au printemps, pollens de *Solidago* et d'*Ambrosia* en automne. Les protéines polliniques sont absorbées par les muqueuses. Chose intéressante, il existe des différences individuelles remarquables en ce sens que certaines personnes sont sensibles uniquement à quelques espèces voisines ou à une seule espèce végétale déterminée et qu'il est possible de déterminer par des essais méthodiques, naturellement un peu longs étant donné le grand nombre de possibilités.

Les effets de la poussière de platane sur certains individus sont bien connus.

J'ai eu l'occasion de présenter à la Société médicale de Genève en 1915 et d'observer maintes fois par la suite une femme qui ne pouvait manipuler la farine de lin, faire un cataplasme par exemple, sans éprouver au bout de peu de minutes une violente irritation des muqueuses des yeux, du nez, du vagin ainsi que de l'érythème de la face.

On doit encore rapprocher du rhume des foins le rhume des coussins, catarrhe aigu provoqué par les poussières que dégagent les vieux coussins de plume.

En effet les poussières et effluves animales comme celles qui proviennent du règne végétal peuvent donner lieu aux mêmes

phénomènes. Il y a une quinzaine d'années, je me rappelle avoir eu à traiter un officier argovien qui faisant un cours militaire à Genève, ne pouvait approcher d'un cheval sans éprouver bientôt après un rhume violent se transformant en peu de temps en une crise d'asthme. Comme, bien entendu, il détestait l'équitation, il fut fortement soupçonné par ses supérieurs de simulation. On dut néanmoins le licencier. Des faits de ce genre ne sont pas aussi exceptionnels qu'on pourrait le croire; les auteurs anglo-saxons en ont beaucoup publiés sous le nom de „horse-asthma“.

\* \* \*

Je ne veux plus citer qu'un seul cas qui m'amènera au centre de ma conférence. C'est le cas du marchand de moutons dont l'histoire a été publiée en 1914 par Widal et ses élèves, Lermoyez et Joltrain. Il s'agissait bien là d'une sensibilité acquise, d'une anaphylaxie au vrai sens du mot, puisque ce n'est qu'après avoir exercé sa profession pendant des années que cet homme était devenu intolérant. Il en était arrivé à ne plus pouvoir approcher un mouton, ni même sentir le suint, sans être atteint d'un accès d'asthme. Cela ne serait qu'un cas curieux de plus, si il n'avait servi aux auteurs précités à rapprocher de l'anaphylaxie, ces phénomènes idiosyncrasiques jusqu'alors incompréhensibles. Widal et ses élèves retrouvèrent, chez leur malade, après l'avoir mis en contact avec un mouton, tous les phénomènes vasculo-sanguins considérés comme pathognomoniques du choc anaphylactique. Ils désignèrent l'ensemble de ces phénomènes du nom de *choc hémoclasique*, terme qui tend à être remplacé actuellement par celui de *choc colloïdoclasique*.

Voici en quoi consistent les modifications vasculo-sanguines du choc hémoclasique: Abaissement de la pression artérielle; diminution considérable du nombre des globules blancs; inversion de la formule leucocytaire (diminution des polynucléaires et augmentation relative des lymphocytes); raréfaction des plaquettes sanguines; augmentation de la coagulabilité; chute de l'indice réfractométrique du sérum; aspect rutilant du sang veineux.

Ces modifications accompagnent et souvent précèdent les manifestations cliniques telle que les malaises digestifs, la crise d'asthme ou la poussée d'urticaire, etc. Elles peuvent même être les seuls témoins d'un ébranlement pathologique des humeurs de l'organisme, ébranlement qui, s'il n'était pas recherché spécialement, passerait autrement inaperçu.

Or parmi ces modifications vasculo-sanguines, il en est une, particulièrement manifeste, très facile à rechercher, la diminution des leucocytes; celle-ci peut suffire dans la pratique pour permettre de caractériser le choc hémoclasique. Le médecin a donc à sa disposition une méthode de diagnostic très simple et donnant presque toujours des résultats évidents. C'est là, à mon humble avis de médecin, un point très important. Les recherches de laboratoire n'influencent directement la pratique médicale que lorsqu'elles peuvent se faire avec simplicité et rapidité, sans fatigue pour les malades, et si leurs réponses sont claires et précises.

Ainsi, j'ai pu faire étudier sur moi-même la sensibilité à l'antipyrine dont je vous parlais tout à l'heure sans quitter ma table à écrire et sans perdre de temps. Le Dr Gautier, mon chef de laboratoire, venait me piquer le bout du doigt toutes les dix minutes pour prélever du sang dans une pipette graduée et il a pu constater que, après l'ingestion de 25 centigrammes d'antipyrine, le nombre des globules blancs par millimètre cube passait de 11 600 à 10 075 puis à 6200, pour remonter bientôt à 7800 et 9500. Cette diminution de 11 600 à 6200 est assez forte pour ne pouvoir être méconnue et pour apparaître nettement malgré les quelques causes d'erreur inhérentes à la numération rapide, telle qu'elle se pratique habituellement. D'autre part, les recherches cliniques plus complètes sont déjà assez nombreuses et assez concordantes pour qu'on soit en droit de conclure de la chute du taux des globules blancs à l'existence simultanée des autres phénomènes du choc hémoclasique.

\* \* \*

Peut-être même la pratique médicale pourra-t-elle se contenter d'un procédé de diagnostic encore plus simple et plus facile à mettre en œuvre, sans laboratoire, sans microscope, sans pipette graduée. Je pense à la cuti-réaction, si couramment employée selon la méthode de Pirquet pour le diagnostic de la tuberculose pulmonaire. Dans l'espèce elle se recherche en plaçant sur une érosion superficielle de la peau une gouttelette de tuberculine. La réaction est positive s'il se produit localement une rougeur inflammatoire.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> J'aurais dû parler encore tout à l'heure de la sensibilité cutanée de certains sujets à l'égard des Primulacées en particulier de *Primula obconica*, à l'égard des piqûres d'insectes, des poils des chenilles processionnaires, de certains médicaments comme le mercure, la ricine, l'iodoforme, etc. Ces faits sont sans doute à rapprocher de la cuti-réaction

Je n'ai pas à entrer ici dans la discussion de la valeur pratique de ce procédé de diagnostic; je dirai simplement que, dans la règle, les tuberculeux présentent une réaction positive à moins qu'ils ne soient par trop gravement malades. Le tuberculeux dont l'organisme conserve encore un pouvoir de réaction suffisant paraît donc présenter une anaphylaxie à l'égard des poisons produits par le bacille de Koch et il manifeste cette anaphylaxie par une inflammation locale analogue au phénomène d'Arthus.

Beaucoup d'autres toxines microbiennes peuvent produire des phénomènes similaires et, non seulement les toxines microbiennes, mais encore toutes les substances capables de donner lieu au choc hémoclasique. C'est par le procédé de la cuti-réaction que les médecins américains recherchent, sur leurs malades souffrant d'asthme des foins, la graminée coupable; ils ont pour cela une collection de pollens qu'ils appliquent sur les érosions cutanées. J'ai expérimenté sur moi, de la même manière, diverses solutions de quinine, de salicylate, de phénacétine, de pyramidon, etc.; il n'y eût que l'antipyrine qui provoquât une réaction locale. Nous avons vu, M<sup>r</sup> Saloz et moi, chez la malade dont j'ai parlé tout à l'heure, sensible à la farine de lin, celle-ci produire localement un œdème inflammatoire étendu ressemblant tout-à-fait à une plaque d'urticaire. Les individus qui ont le rhume des coussins réagissent localement aux fragments de plume. Tout récemment Pasteur Vallery-Radot et Haguenau ont montré que, chez un homme auquel l'odeur du cheval donnait une crise d'asthme, un poil de cheval placé sur une érosion cutanée provoquait une réaction locale des plus nettes. Les faits de ce genre deviennent de jour en jour plus nombreux et il n'y a guère de semaine que les journaux médicaux ne nous en rapportent de nouveaux.

Chose intéressante, l'inflammation locale n'est pas le seul phénomène qui se produit à la suite de la cuti-réaction. Beaucoup d'auteurs ont déjà constaté en outre les phénomènes vasculo-sanguins du choc hémoclasique s'accompagnant parfois, mais pas toujours, de manifestations cliniques pouvant être violentes. C'est ainsi que chez notre malade intolérante aux pommes de terre, le dépôt d'une parcelle de pulpe de pomme de terre sur une érosion de l'avant-bras — sans que la malade sût ce dont il s'agissait, donc indépendamment de toute influence de suggestion — déclencha, en moins d'une minute, un accès d'asthme des plus typiques.

\* \* \*

Nous pouvons résumer les faits en disant qu'il existe chez l'homme, manifestant la sensibilité spontanée (aphylaxie) ou acquise (anaphylaxie) trois ordres de phénomènes: D'une part des manifestations cliniques variées qu'il est parfois difficile de rapporter à leur véritable cause; d'autre part des troubles vasculo-sanguins qui doivent, pour être constatés, être recherchés intentionnellement au moins dans leur manifestation la plus caractéristique, l'abaissement de la leucocytose; en troisième lieu, la réaction locale que l'on provoque habituellement sur une érosion de la peau.

Dans l'état actuel de la science, on peut attribuer ces phénomènes à un changement dans l'équilibre des colloïdes des liquides extra- et sans doute aussi intra-cellulaires. C'est l'hypothèse déjà émise en 1907 par Besredka et soutenue par Bordet, Doerr, Muttermilch, Widal, Abrami et Brissaud, Kopaczewski, A. Lumière, etc. S'agit-il d'une floculation, comme le pensent ces deux derniers auteurs? Ce n'est pas encore prouvé.

Aller plus loin, se faire une idée positive de la physiologie pathologique des phénomènes, ne me paraît pas actuellement possible. On a parlé d'embolies capillaires ce qui n'est pas très soutenable, de troubles vaso-moteurs et de réaction nerveuse, ce qui est évident, mais me semble insuffisant.

Quel rapport y a-t-il entre les phénomènes sanguins et les symptômes cliniques, presque toujours postérieurs? Que deviennent les leucocytes qui disparaissent si brusquement? Sont-ils détruits? Ne restent-ils pas plutôt fixés aux endothéliums des vaisseaux? dans le foie? dans la rate? Pénètrent-ils dans les régions enflammées, œdématisées? Et quelle est la cause des œdèmes, des plaques orticiées? Est-ce une réaction de défense qui dépasse le but? Est-ce là le phénomène primitif qui, localisé à la peau, donne l'urticaire, aux muqueuses respiratoires le coryza et l'asthme, au cerveau la migraine, peut-être l'épilepsie? On pourrait encore se poser ainsi beaucoup de questions auxquelles nous espérons avoir demain ou après-demain des réponses plus sûres que celles que l'on peut risquer aujourd'hui.

\* \* \*

Je préfère revenir sur le terrain de la médecine clinique et vous dire quelques mots des conséquences pratiques qui résultent déjà des faits que je viens de vous exposer. Le médecin ne peut

attendre qu'un sujet soit scientifiquement bien au point pour en tirer des applications diagnostiques et thérapeutiques.

Comme progrès inattendu, le choc hémoclasique nous fournit un procédé très délicat pour la recherche de l'insuffisance fonctionnelle du foie. On sait bien que cet organe joue un rôle essentiel dans l'arrêt et la transformation des toxines alimentaires. Or, toutes les protéines hétérogènes introduites par effraction dans le sang se comportent plus ou moins comme des toxines et produisent le choc hémoclasique; de même, le sang de la veine porte en période digestive, quand on lui fait contourner le barrage hépatique. Lorsque celui-ci est insuffisant, il ne faut, comme l'ont montré Widal, Abrami et Jankovesco, que 200 grammes de lait ingérés à jeun pour produire le choc hémoclasique. La valeur de ce nouveau procédé de diagnostic a été vérifiée déjà de divers côtés en particulier dans mon service par le Dr Gautier dont le mémoire va paraître dans la Revue médicale de la Suisse romande. Je vous montre ici deux graphiques représentant l'évolution de la leucocytose et celle de la pression artérielle à la suite de l'épreuve du verre de lait, faite d'une part chez un individu normal en traitement pour une fracture, d'autre part chez un malade atteint de cirrhose du foie. La différence des deux courbes est évidente: le cirrhotique, au lieu de l'hyperleucocytose digestive normale, a eu une forte baisse du taux de ses globules blancs et, en même temps, sa pression artérielle a considérablement diminué. Le taux des polynucléaires et des leucocytes ont évolué dans le sens attendu, ces derniers augmentent beaucoup par rapport aux premiers.

Cette épreuve clinique est aussi simple que la recherche de la glycosurie alimentaire et d'autres méthodes déjà utilisées pour apprécier chez l'homme la valeur fonctionnelle du foie; elle est beaucoup plus sensible; on peut même lui reprocher d'être trop sensible, car elle décèle des insuffisances fonctionnelles du foie dans nombre de cas où, cliniquement, on ne soupçonnerait pas la moindre altération de cette glande: dans le cours d'une pneumonie sans complication; après une injection de salvarsan; chez une charmante collègue qui m'écoute en ce moment sans avoir l'aspect d'une malade.

Un progrès pratique beaucoup plus important encore c'est de donner une base scientifique au traitement de tous les états anaphylactoïdes.

Il faudra d'abord reconnaître la nature des crises et rechercher leur origine. La cause trouvée, il suffira de la supprimer pour guérir son malade. Dans bien des cas cela sera possible. S'abstenir de fraises, de moules, de homard, d'antipyrine, voire de chocolat, n'est pas bien difficile. Markley a guéri une femme d'une éruption érythémato-papuleuse de la peau durant depuis plusieurs années, simplement en éloignant les cobayes qu'elle aimait à fréquenter. Alilaire a dû interrompre des recherches qu'il avait entreprises sur la ricine.

Mais il y a des cas où le malade demande à guérir sans se priver et il y a aussi des cas où l'abstention, facile à prescrire, est difficile à réaliser: un pharmacien ne peut guère ne pas manipuler la farine de lin ou l'ipéca; tous ceux qui ne supportent pas l'odeur du cheval ne peuvent se payer celle de la benzine; passer en pleine mer la saison des foins n'est pas à la portée de chacun; supprimer totalement de son alimentation toutes les protéines animales comme cela est parfois indiqué, est bien compliqué et encore plus lorsqu'il s'agit des protéines végétales; en outre, ce n'est pas sans inconvénients pour l'état général. On ne privera pas un enfant atteint du croup de sérum antidiphtérique et s'il a déjà reçu du sérum de cheval, on n'aura pas toujours du sérum bovin à sa disposition, ni le temps de l'attendre.

Il y a donc lieu de chercher des moyens préventifs ou curatifs pour éviter autant que possible les affections qui nous occupent ici.

Lorsqu'on sait d'avance qu'un individu va être soumis aux risques de l'anaphylaxie, on peut presque toujours éviter les accidents, surtout les accidents précoces, par une très petite dose préventive de substance déchaînante. C'est le procédé de Besredka, qui, appliqué à la sérothérapie, consiste simplement à injecter 1 à 2 centimètres cube de sérum quatre heures avant d'administrer la dose thérapeutique. On a déchargé ainsi en quelque sorte le sujet de son pouvoir de réaction: le choc colloïdologique déclenché en douceur fait long feu au lieu de provoquer une explosion.

On peut procéder d'une manière semblable lorsqu'au cours d'un traitement antisyphilitique le malade devient intolérant au salvarsan: on peut alors éviter les crises, dites nitritoïdes, par l'injection préalable d'une dose minime de médicament. On peut aussi, comme Sicard l'a proposé, injecter le médicament au dessous d'un lien qui arrête complètement la circulation et qu'on laisse en

place pendant cinq minutes. On ne desserre le lien que très graduellement.<sup>1</sup>

Quelle que soit d'ailleurs la substance introduite dans le sang, il est toujours indiqué de pousser l'injection intraveineuse avec lenteur ce qui évite un ébranlement humoral trop brusque.

Un procédé analogue à celui de Besredka a donné déjà des résultats remarquables dans beaucoup de cas d'anaphylaxie digestive: Il consiste à faire prendre une heure avant le repas, une très petite quantité de l'aliment nocif; les accidents ne se produisent alors pas. Et même, il n'est pas toujours nécessaire de s'adresser à la substance en cause; on a pu souvent se contenter soit d'un cachet de 50 centigrammes de peptone, soit d'une tasse de bouillon. Le nombre des urticariens (Pagniez et Vallery-Radot), des asthmatiques, des migraineux surtout (Nast) soulagés et même guéris par cette thérapeutique si simple et si inoffensive est déjà considérable. Il faut seulement considérer le traitement comme préventif et non comme curatif et il est nécessaire de le continuer avec suite et constance.

Le bouillon, reconstituant de nos pères, se trouve ainsi réhabilité, après avoir été considéré pendant bien des années comme une affreuse infusion contenant tous les poisons de la viande. Ce qui aussi par le fait reçoit l'approbation de la Science ce sont les Zakouska russes, hors d'œuvres servis *avant* le repas; l'approbation me paraît cependant conditionnelle: la théorie veut qu'on use des zakouska avec modération, modération que pour ma part il ne m'a jamais été donné de constater.

L'action préventive de petites doses d'aliments albumineux agit même au cours du repas. Le choc hémoclasique et ce qui s'en suit peut être déclenché par un aliment trop vite avalé, alors que le même, mastiqué et dégluti avec lenteur, devient inoffensif. La tachyphagie est ainsi condamnée à nouveau pour un méfait inédit. Messieurs, mangez lentement! Faites ce que je dis, mais ne faites pas ce que je fais!

La lenteur de l'ingestion permet-elle à une action antianaphylactique de se produire ou agit-elle seulement en améliorant la digestion? Je dois faire remarquer ici que la même question se

---

<sup>1</sup> Cette méthode skeptophylactique a reçu le beau nom de „topophylaxie anticolloïdoclasique“. Et d'aucuns voudraient que les futurs étudiants en médecine n'étudiassent plus le grec!

pose au sujet du cachet de peptone ou de la tasse de bouillon. C'est bien comme antianaphylactiques qu'ils ont été prescrits d'abord, mais même les promoteurs de la méthode se demandent si ces procédés n'agissent pas surtout par leurs effets eupeptiques et si, en améliorant la digestion, ils n'empêchent pas la formation de toxines dans l'estomac et l'intestin. L'action antianaphylactique ne serait peut-être ainsi qu'indirecte. Il suffit au malade (je n'ose dire et au médecin) qu'elle soit efficace.

Beaucoup de substances, et de substances très variées, peuvent être utilisées pour atténuer et même empêcher les accidents: l'adrénaline qui s'est montrée surtout utile pour éviter les phénomènes brutaux qui résultent parfois d'injections intraveineuses de salvarsan ou de métaux colloïdaux, le chlorure de calcium, les sels de soude, l'hyposulfite, le carbonate, le chlorure, le bicarbonate auquel les eaux minérales doivent peut-être une efficacité spéciale,<sup>1</sup> les savons, la saponine, la glycérine, les sels biliaires, les anesthésiques généraux, etc. Ces substances disparates agiraient, selon les uns, comme vaso-moteurs, selon les autres, en modifiant la tension superficielle des humeurs ou en empêchant la floculation colloïdale.

Plusieurs de ces substances sont infidèles; d'autres ne sont pas applicables systématiquement à l'homme; on ne peut pas, par exemple, chloroformer à tout bout de champ un idiosyncrasique. Il faut donc chercher encore mieux.

On peut tenter de vacciner l'individu sensible par de petites doses progressivement croissantes. Les Américains surtout ont mis en œuvre ce procédé pour le traitement de l'asthme des foins. Widal et Pasteur Vallery-Radot ont réussi à désensibiliser, à re-sensibiliser à volonté une malade idiosyncrasique à l'antipyrine. La cuti-réaction, procédé de diagnostic, n'est pas dénuée d'efficacité thérapeutique, lorsqu'elle est répétée quotidiennement. Danysz a préconisé récemment des auto-vaccins préparés en partant des microbes variés de la flore intestinale.

On a aussi essayé de désensibiliser un malade par l'auto-sérothérapie, l'injection de son propre sérum. Cela a réussi pour des

---

<sup>1</sup> A chaque modification des théories pathologiques, les médecins de stations thermales s'efforcent de montrer la supériorité de leur produit au nouveau point de vue; on l'a bien vu pour le radium et cela n'a pas manqué cette fois-ci encore. Nous trouverions donc dans leurs effets antianaphylactiques une nouvelle raison, après tant d'autres, de croire à l'efficacité particulière de la médication hydro-minérale naturelle. On n'a pas le droit de se montrer trop sceptique.

cas d'hémoglobinurie *a frigore*, pour quelques cas d'urticaire, de rhume des foins, etc.

On le voit, les procédés thérapeutiques ne manquent pas. Ils ont déjà donné des résultats plus qu'encourageants dans le traitement d'un grand nombre d'affections tenaces, désagréables, dangereuses même, contre lesquelles la médecine ne possédait jusqu'à ce jour que des palliatifs insuffisants. Leur fidélité n'est pas inférieure à celle d'un grand nombre de médicaments réputés spécifiques et ils autorisent les plus grands espoirs, surtout si l'on considère qu'ils ne sont pas encore mis au point.

Et ce n'est pas encore assez; on entrevoit que l'étude du choc hémoclasique va aider à pénétrer le mécanisme physiopathologique d'un grand nombre de maladies ou tout au moins de quelques-uns de leurs symptômes les plus importants. C'est ainsi que pour les maladies infectieuses aiguës il semble prouvé qu'un choc colloïdo-clasique est à l'origine des accès fébriles, comme l'ont montré Abrami et Sénevet pour l'accès paludéen.

Par l'injection intra-veineuse de métaux colloïdaux, on peut reproduire des accès semblables qui ont souvent un effet favorable sur l'évolution ultérieure de la maladie, en stimulant les moyens naturels de défense contre les microbes. On active ainsi artificiellement l'établissement de l'immunité: ce n'est pas que le colloïde thérapeutique crée des agglutinines, des bactériolysines, des opsonines, etc., substances hypothétiques dont on n'a jamais pu démontrer l'existence réelle; il modifie l'état colloïdal des humeurs de l'organisme en leur conférant des propriétés utiles à la défense ou plus vraisemblablement, en exaltant ces propriétés préexistantes comme l'a si bien exposé Sahli, il y a deux ans, à la société bernoise de médecine.

Comme je le disais il y a un moment, il n'y a pas de barrière entre l'immunité et l'anaphylaxie qui ne sont que les deux extrémités d'une ligne continue. Sewall et Powell en Amérique ont montré expérimentalement que si de fortes doses de sérum de cheval rendent le cobaye anaphylactique, de petites doses l'immunisent. Ce qui importe avant tout, ce sont les doses de début. Les auteurs concluent, à mon avis avec beaucoup de bon sens, à l'utilité du repos, dès les premiers jours, pour les malades atteints d'infection. Le repos, en effet, limite la quantité de toxines se répandant dans l'organisme ce qui porte celui-ci du côté de l'immunité, plutôt que

du côté de l'anaphylaxie. Ces vues théoriques, émises en 1916, m'ont paru mériter d'être relevées, car elles ont été tragiquement démontrées durant la pandémie grippale qui a bien fait voir l'importance capitale de l'alitement précoce.

En ce qui concerne les maladies chroniques aussi, les diathèses, l'arthritisme, la goutte, le diabète,<sup>1</sup> etc., on a cherché à les expliquer par des états persistants d'anaphylaxie; de même pour certaines maladies mentales.

Tout cela est encore bien „en l'air“, mais permet cependant d'espérer de grands progrès de nos connaissances pathologiques. Or, mieux on connaîtra les maladies, mieux aussi on pourra les combattre, avec plus de logique, avec plus de sûreté... n'en déplaise aux physiiciens, plus scientifiquement.

Il n'est pas jusqu'à la vieillesse que les théories basées sur les colloïdes n'explique facilement; elle ne serait que le résultat du grossissement des micelles provenant des nombreux ébranlements colloïdologiques de nos humeurs éprouvés durant une longue existence. L'augmentation de volume des micelles diminue la surface totale et partant les propriétés favorables aux échanges. Le ralentissement du métabolisme par vieillissement des colloïdes de l'organisme apparaît donc comme un phénomène physico-chimique parfaitement naturel; l'eau de Jouvence avait sans doute le pouvoir d'amener un heureux morcellement des micelles trop âgées. Les savants ne paraissent pas prêts d'en retrouver le secret car, s'ils savent fabriquer des colloïdes à grains très fins, s'ils peuvent les laisser vieillir ou les faire vieillir en les transformant en colloïdes à plus gros grains, ils ne sont pas capables de faire l'inverse: diminuer les micelles d'une suspension colloïdale donnée.

Je commence à divaguer et il est nécessaire que j'arrête ici mon exposé. Je ne me dissimule pas, Messieurs, ses très graves imperfections. Très incompetent en chimie physique, je n'ai pas cherché à le cacher. J'ai bien négligé d'autre part, trop sans doute à votre gré, les expériences de laboratoire... Il y en a tant. Volontairement je suis resté sur mon terrain, celui de la pratique médicale. Et même là, j'ai dû vous présenter comme résolues,

---

<sup>1</sup> Entre les mains de Widal, Abrami et Jankovesco les sucres, même en doses minimes, provoquent, chez les diabétiques et seulement chez eux, le choc hémoclasique. Cela dénoterait, d'après ces auteurs, une labilité particulière des ferments glycolytiques qui eux provoqueraient le choc hémoclasique, le glucose, la saccharose, etc., n'en étant donc que la cause indirecte.

comme simples, des questions encore fort discutées et souvent abominablement complexes. Je n'ai pas donné d'indications bibliographiques ce qui m'eût entraîné beaucoup trop loin. Je n'ai pas même pu mentionner le nom de tous les auteurs qui l'eussent mérité et je le regrette surtout pour ceux qui viennent de me faire l'honneur de m'écouter.

# Neue Ergebnisse der Chromosomenforschung

J. SEILER

Schlederlohe, Isartal

*Vorbemerkung:* Die folgenden Ausführungen wollen in kurzer Skizze nur den Gedankengang des Vortrages wiedergeben, denn, da es mir nicht möglich ist, als dokumentarische Belege und zur Veranschaulichung die notwendigen Abbildungen zu geben, rechtfertigt eine ausführliche Wiedergabe sich nicht, zumal in der letzten Zeit ganz vorzügliche Zusammenfassungen der Chromosomenlehre (z. B. Goldschmidt, Vererbungslehre, III. Auflage, 1921, und Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung, 1920, dann das ausführliche, fundamentale Werk Morgans: *The Physical Basis of Heredity*, 1919, von Nachtsheim übersetzt, 1921) erschienen sind und eigene Untersuchungen, die im Vortrag herangezogen wurden, bereits im Druck liegen, zum Teil auch schon veröffentlicht sind (Arch. f. Zellf. 1920, 1921; Zeitschr. f. Vererbungslehre 1917, 19, 21).

## Einleitung

Mit der Wiederentdeckung der Mendelschen Vererbungsgesetze (1900) nahm die Chromosomenforschung einen neuen Aufschwung. Sie bekam ein scharf umschriebenes, verlockendes Arbeitsziel durch die gleichzeitig von mehreren Forschern ausgesprochene Idee (Boveri, Correns, Sutton, 1902), dass die Mendelspaltung an die Reduktionsteilung gebunden sein könnte und wir in den Chromosomen die Träger der mendelnden Erbfaktoren zu erblicken hätten. So naheliegend und einleuchtend die Idee war, sie fand keine allgemeine Anerkennung; die meisten und bekanntesten Lehrbücher der Vererbung z. B. berühren noch bis 1914 die Chromosomentheorie der Vererbung kaum, oder reden gar von ihr als von wilder Spekulation. Inzwischen hat sich aber die Lage gewendet; die allerletzten Jahre namentlich haben Ergebnisse gebracht, die uns in den Stand setzen,

einen strikten Beweis für die Richtigkeit der Idee zu erbringen. Solche Beweise vorzuführen, wird meine Hauptaufgabe sein. Die elementaren Tatsachen der Chromosomenlehre darf ich wohl als bekannt voraussetzen.

### Das Mendeln der Chromosomen

Obwohl die letzten beiden Jahrzehnte eine Überfülle an zytologischen Beobachtungen brachten, die die Idee stützten, dass die Chromosomen die Vererbungsträger sind, und die Erbfaktoren mendeln, weil die Chromosomen mendeln, so gelang es der Zytologie sonderbarerweise nicht, auf direktem Wege das Mendeln der Chromosomen zu demonstrieren; trotzdem durch die Erblchkeitsforschung der Weg klar vorgezeichnet war. Fragt es sich z. B., ob die rote Blütenfarbe einer bestimmten Pflanze mendelt, so wird ganz einfach diese Pflanze gekreuzt mit einer meinthalb weissblühenden Pflanze derselben Art, und die Nachzucht des Bastards gibt Auskunft über die Frage.

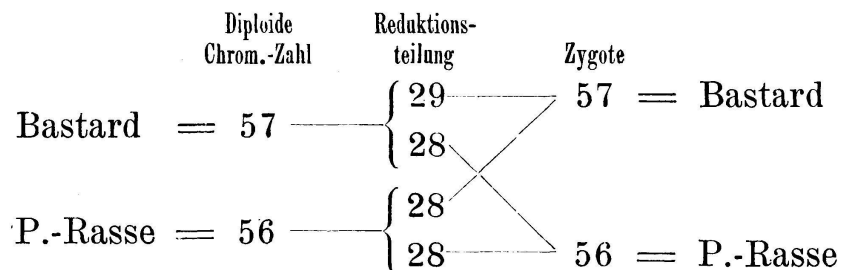
Das Mittel der Bastardierung benützte die Zytologie nun wohl auch, aber nur ausnahmsweise (z. B. Federley, Rosenberg), und zudem wurden meist Ausgangsrassen benützt, die schon zu weit auseinander standen, so dass eine normale Fortpflanzung überhaupt nicht gelang. Es gibt bis heute wohl nur noch das folgende Objekt, an dem das Mendeln der Chromosomen direkt gezeigt werden kann.

Der Schmetterling *Phragmatobia fuliginosa* kommt in mehreren Rassen vor, die sich im Chromosomenbestand unterscheiden. Eine Rasse hat als reduzierte (haploide) Chromosomenzahl die Zahl 28, darunter ein sehr grosses Chromosom, das im mikroskopischen Bilde sofort in die Augen springt. Eine andere Rasse hat haploid 29 Chromosomen. Hier ist das grosse Chromosom auch vorhanden, aber sichtlich um ein Stück kleiner als das grosse Chromosom der vorigen Rasse und zwar deshalb, weil ein Stück abgesprengt ist und als selbständiges Chromosom, das wir Chromosom Nr. 29 nennen wollen, vorliegt. Kreuzen wir nun die beiden Rassen, so müssten wir einen Bastarden erhalten, der in all seinen Zellen 57 Chromosomen besitzt, darunter das grosse Chromosom der Rasse mit 28 und das etwas kleinere grosse Chromosom der Rasse mit 29 Chromosomen. Das ist tatsächlich der Fall; der Bastard weist genau den Chromosomen-

bestand in seinen Zellen auf, den wir auf Grund unserer Vorstellungen zu erwarten haben (Individualitätshypothese!).

Ganz entsprechend der Erwartung verläuft auch die Konjugation in diesem Chromosomenbastard. Es vereinigen sich während der Synapsis das grosse Chromosom der Rasse mit 28 Chromosomen mit dem etwas kleineren grossen Chromosom und dem Chromosom Nr. 29 der anderen Rasse, was im Mikroskop bildschön in Erscheinung tritt: das Chromosom Nr. 29 hängt, deutlich sichtbar, der Bastardtetrade an (Hypothese von der Konjugation homologer Chromosomen!). Trennen sich in der nun folgenden Reduktionsteilung, so wie die Theorie es verlangt, die elterlichen Chromosomen voneinander, so müssen Gameten mit 28 und solche mit 29 Chromosomen erhalten werden, die beide den Ausgangsgameten gleichen. Das ist tatsächlich der Fall, was zweifelsfrei gezeigt werden kann.

Wir können eine weitere Probe machen: machen wir eine Rückkreuzung zwischen dem Chromosomenbastarden und einer der Ausgangsrassen, etwa der Rasse mit 28 Chromosomen, so müssen wir im Verhältnis 1:1 wieder die Bastardform und die reine Rasse 28 erhalten; der Chromosomenzyklus muss lauten:



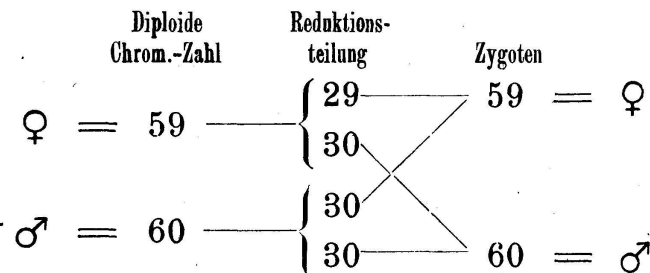
Dieses Resultat ergab das Experiment tatsächlich und *damit dürfte das Mendeln dieser Chromosomengruppe, die uns interessierte, erwiesen sein*, und, was an diesem Objekt zu zeigen gelungen ist, wird, wenn die Forschung gleiche Wege geht, an anderen Objekten ebenfalls zu zeigen sein.

### Die Chromosomen als Träger der Erbfaktoren

Mit dem Nachweis des Mendelns der Chromosomen ist aber leider noch nicht bewiesen, dass die Chromosomen die Träger der mendelnden Erbfaktoren sind. Direkte Beweise dafür liegen aber heute vor. Die schönsten stammen aus der Geschlechtschromosomenlehre.

*Geschlechtschromosomenlehre.* Die elementaren Tatsachen sind bekannt und ein kurzer Hinweis wird genügen. Es konnte für viele Vertreter aus den verschiedensten Klassen des Tierreiches gezeigt werden, dass der Chromosomenbestand von Männchen und Weibchen verschieden ist. Im einfachsten Fall hat das Weibchen neben den gewöhnlichen Chromosomen (Autosomen) zwei sogenannte Geschlechtschromosomen (X-Chromosomen), während das Männchen an deren Stelle nur ein X-Chromosom hat. Es bildet infolgedessen zweierlei Sorten von Spermatozoen, solche mit dem X-Chromosom und solche ohne dasselbe (an Stelle des fehlenden X kann auch ein sog. Y-Chromosom sein). Die Spermatozoen mit X-Chromosom sind weibchenbestimmend, die ohne (oder mit Y-Chromosom) sind männchenbestimmend. Durch diesen Geschlechtschromosomenmechanismus ist uns die Vererbung des Geschlechtes und das normalerweise auftretende „mechanische“ Geschlechtsverhältnis 1:1 klargelegt.

Wo immer man Geschlechtschromosomen nachweisen konnte, war das männliche Geschlecht dasjenige, das zweierlei Gameten erzeugte. Auf experimentellem Wege kam man nun dazu, annehmen zu müssen, dass bei den Schmetterlingen die Verhältnisse genau umgekehrt liegen. Es müssen zweierlei Eier erzeugt werden, weibchenbestimmende und männchenbestimmende. Die Nachprüfung ergab die Richtigkeit der ganzen Gedankenreihe. Für die Psychide *Talaeporia tubulosa* z. B. lautet der Chromosomenzyklus:



Der Geschlechtschromosomenmechanismus ist auch am Werke und regelt ganz komplizierte Fortpflanzungsverhältnisse. Dem Auftreten der zweigeschlechtlichen Generation bei Phylloxeriden z. B. geht voraus ein Ausstossen eines der beiden X-Chromosomen der parthenogenetischen Weibchen, so dass also durch dieses Mittel der männliche Chromosomenbestand erzeugt wird und damit treten auch Männchen auf. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Aphiden, Nematoden usw.

Kurz und gut, es ist zweifellos, dass die Geschlechtschromosomen die Vererbung des Geschlechtes regeln, also irgendwie die Anlagen für das Geschlecht übertragen.

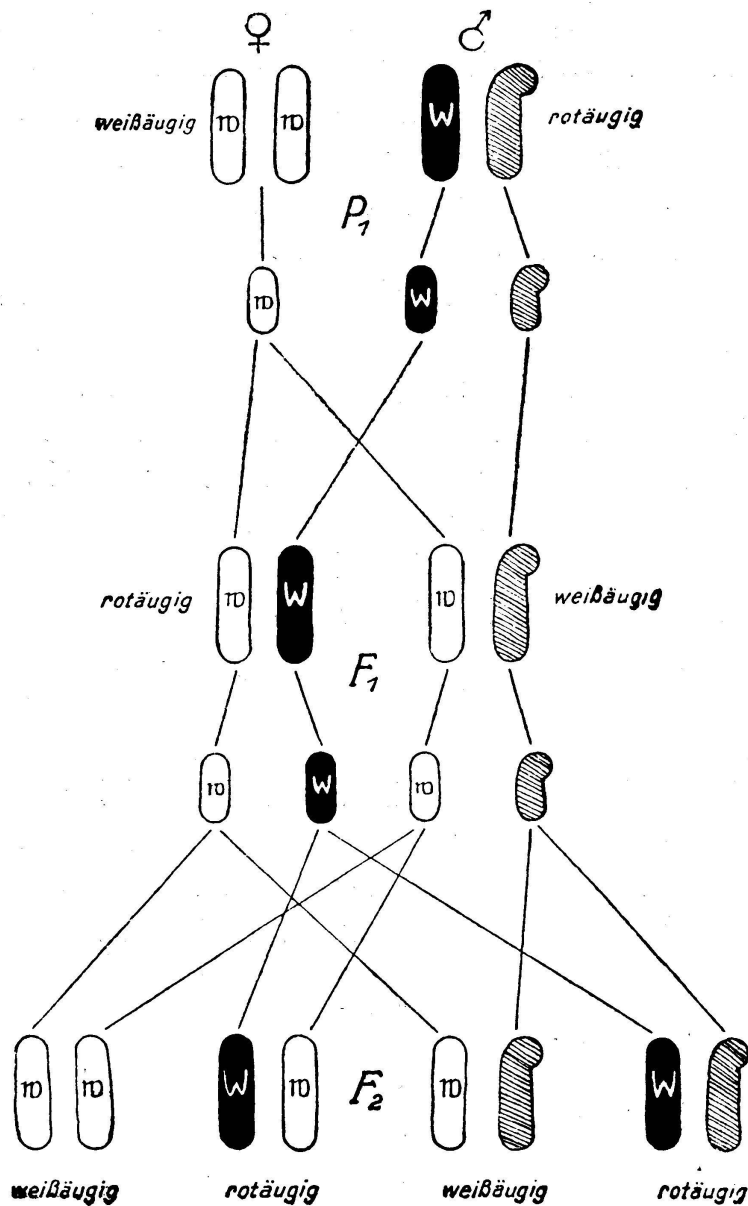


Fig. 1

Verhalten der Geschlechtschromosomen und der geschlechtsgebundenen Faktoren bei Kreuzung eines weissäugigen Weibchens mit einem rotäugigen Männchen. (Nach MORGAN, 1915.)

*Die geschlechtsgebundene Vererbung.* Würden nun ausser den Geschlechtstfaktoren in den Geschlechtschromosomen noch andere Erbfaktoren irgend welcher Art sein, so müssten diese ohne Ausnahme an die eigenartige Verteilung der X-Chromosomen gebunden sein. Solche Vererbungserscheinungen kennen wir in

Fülle; ich greife einen Fall heraus: die Vererbung der Augenfarbe einer Fliege, *Drosophila melanogaster*. Das Tier hat rote Augen; in den Zuchten Morgans nun trat eine Mutation mit weissen Augen auf. Kreuzen wir weisse Weibchen mit roten Männchen, so sind die  $F_1$  Weibchen rot (rot ist dominant!), die  $F_1$  Männchen weiss; die  $F_2$  Weibchen sind zur Hälfte rot, zur Hälfte weiss, ebenso die Männchen. Dieses Resultat (und tausend ähnliche aus analogen Kreuzungen) wird uns klar und selbstverständlich, wenn wir die Anlage für die Augenfarbe in das Geschlechtschromosom verlegen, was durch das Schema der Fig. 1 veranschaulicht werden soll (das schwarze X soll die Anlage für rot übertragen, das weisse die für weiss;  $XX = \text{♀}$ ,  $XY$  [Y ist schraffiert] =  $\text{♂}$ ).

Ausser der Anlage für Augenfarbe sind bei *Drosophila*, um bei diesem heute für den Vererbungsforscher interessantesten Lebewesen zu bleiben, über 50 Erbfaktoren gefunden und analysiert worden, die in der Vererbung sich haarscharf gleich verhalten, wie das eben besprochene Beispiel. Es ist klar, dass all diese Gene in den Geschlechtschromosomen liegen und streng an die Übertragung derselben gebunden bleiben müssen, ohne Ausnahme.

Nun, es traten aber doch Ausnahmen auf und wir müssen gestehen, dass die ganze Chromosomentheorie der Vererbung fallen würde, wenn es nicht gelänge, diese Ausnahmen zu klären. Bridges, von dem diese wertvollen Untersuchungen stammen, schloss folgerichtig: die Ausnahmstiere kommen durch eine abnormale Verteilung der Geschlechtschromosomen zustande und zwar musste aus den experimentellen Ergebnissen gefolgert werden, dass während der Reifeteilung im Ei die X-Chromosomen gelegentlich sich nicht trennen („Non-Disjunction“) und Eier mit zwei X und solche ohne ein X-Chromosom entstehen, neben den normalen Eiern, die alle ein X haben. Diese Annahmen machen es uns verständlich, dass in der Kreuzung, von der wir oben sprachen, in der  $F_1$  Generation weisse Ausnahmsweibchen und rote Ausnahmsmännchen auftreten, was noch durch das folgende Schema veranschaulicht werden soll.

Die Annahme, die der ganzen Erklärung zugrunde liegt, war leicht auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Bridges untersuchte, um nur die wichtigste Probe zu nennen, den Chromosomenbestand der weissen Ausnahmsweibchen und fand, wie erwartet werden

musste (vergl. Schema), neben den beiden X-Chromosomen das an seiner Form kenntliche Y-Chromosom.

*Damit dürfte endgültig und unwiderleglich bewiesen sein, dass die Geschlechtschromosomen die Träger der geschlechtsgebundenen Erbfaktoren sind.*

Gleich wie für die Geschlechtschromosomen kann auch für die gewöhnlichen Chromosomen (Autosomen) gezeigt werden,

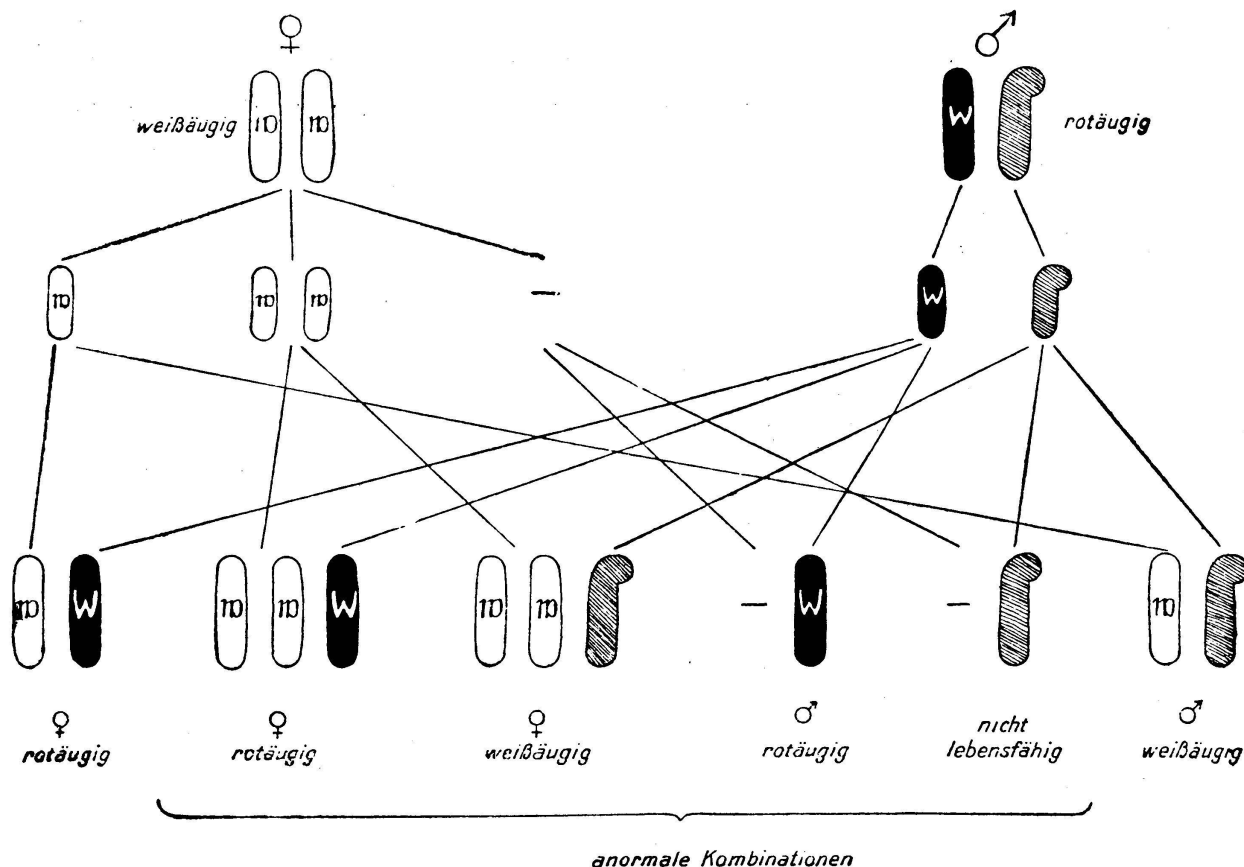


Fig. 2

„Non-disjunction“ bei der Reifung der Geschlechtszellen eines weissäugigen Weibchens und Kreuzung dieses Weibchens mit einem rotäugigen Männchen. (Nach NACHTSHEIM, 1919.)

dass sie die Erbfaktoren einschliessen. Wieder sind die entscheidenden Ergebnisse an Drosophila gewonnen worden von Morgan und seinen Mitarbeitern. Drosophila hat in den reifen Keimzellen 4 Chromosomen, zwei sehr lange Autosomen, ein kleines, kugeliges Autosom und ein langes Geschlechtschromosom. Wenn nun die Chromosomen Individuen sind, die unverändert von Zellgeneration auf Zellgeneration übertragen werden und wenn die Chromosomen die Träger der Erbfaktoren sind, so dürften bei Drosophila nicht mehr als vier selbständig mendelnde Faktorengruppen vorhanden sein.

Nun traten im Laufe der letzten 10 Jahre an *Drosophila* über 250 Mutationen auf, deren Erbllichkeit genauestens studiert wurde. Es zeigte sich dabei, dass diese 250 Faktoren nicht beliebig aufspalten, wie sie es nach den Mendelschen Regeln tun müssten; vielmehr lassen sich alle Faktoren in vier Gruppen ordnen. Die Faktoren, die in derselben Gruppe liegen, werden gemeinsam, gekoppelt, wie man sich ausdrückt, übertragen.

*Also vier Gruppen von gekoppelten Erbfaktoren sind für Drosophila nachgewiesen, vier Paare von Chromosomen hat Drosophila, wer wollte da noch zweifeln, dass diese die Träger der Erbfaktoren sind?*

Prinzipiell zum selben Resultat kam man übrigens auch an anderen Objekten, an denen in grossem Masstabe Erbllichkeitsstudien angestellt wurden (*Antirrhinum*, *Pisum*).

*Crossing over*. Leider liegen die Verhältnisse nun aber nicht so einfach, wie ich sie eben schilderte. Nur im männlichen Geschlecht, wenigstens bei *Drosophila*, besteht zwischen den einzelnen Faktoren einer Gruppe eine absolute Koppelung. Beim Weibchen nicht. Haben wir z. B. den Bastarden

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
—————									
a	b	c	d	e	f	g	h	j	k

vor uns, und haben Kreuzungsexperimente erwiesen, dass die Faktoren A-K und a-k im männlichen Geschlecht ausnahmslos gekoppelt übertragen werden, beide Gruppen also je in einem Chromosom liegen, so stellt sich für das weibliche Geschlecht heraus, dass in der Mehrzahl der Fälle die Faktoren auch gekoppelt vererbt werden; die Koppelung kann aber gelöst werden, und zwar geschieht das mit typischer Häufigkeit für jeden Faktor. Wir erhalten also vorwiegend die Gameten

A B C D E F G H J K und a b c d e f g h j k;  
daneben aber entstehen sogenannte Austausch-Crossingovergameten; z. B.

a	B	C	D	E	F	G	H	J	K	A	b	c	d	e	f	g	h	j	k
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

oder

a	b	c	D	E	F	G	H	J	K	A	B	C	d	e	f	g	h	j	k
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

oder

a	b	c	d	e	f	g	H	J	K	A	B	C	D	E	F	G	h	j	k
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

usw.

Morgan stellt sich nun vor, dass diese Austauschgameten dadurch entstehen, dass zwischen zwei homologen Chromosomen, sehr wahrscheinlich nach ihrer Konjugation, ein Austausch von Chromosomensegmenten sich vollzieht, und zwar müssen wir aus experimentellen Ergebnissen schliessen, dass immer genau entsprechende Segmente ausgetauscht werden, in unserem Fall zum Beispiel das Chromosomensegment, in welchem die Faktoren A-F liegen, ausgetauscht wird mit dem Segment a-f, und die Gameten lauten:

a b c d e f G H J K und A B C D E F g h j k

Nun liegt zwar heute ein Riesenmaterial an experimentellen Beobachtungen vor über diese Crossingover-Erscheinung, die zytologischen Vorgänge aber, die dem Austauschphänomen bei *Drosophila* zu Grunde liegen, sind vollständig unaufgeklärt geblieben. Weder kann gezeigt werden, auf welchem Stadium und auf welche Weise der Austausch stattfindet, noch überhaupt, ob ein solches Auswechselln der Erscheinung tatsächlich zu Grunde liegt. Was darüber an Vorstellungen entwickelt wurde, ist rein spekulativ.

Trotz dieser bedenklichen Lücke glauben wir, dass die Morgansche Erklärung richtig ist. Wir schliessen das aus eigenen Beobachtungen über das Verhalten der Chromosomen eines Schmetterlings, *Lymantria monacha*. *Monacha* hat im männlichen Geschlecht in der ersten und zweiten Reifeteilung 28 Chromosomen; darunter befindet sich ein auffällig grosses. In der ersten Reifeteilung im Ei ist dieses grosse Chromosom nicht vorhanden, und, da die Zahl der Chromosomen 31 beträgt, schliessen wir, dass es aufgesplittert ist in vier Teilchromosomen. Nach der ersten Reifeteilung, die nachweislich die Reduktionsteilung ist, vereinigen sich die vier Segmente zum Sammelchromosom und die Zahl der Chromosomen wird 28, wie im männlichen Geschlecht und alle reifen Eier erhalten, ebenso wie die Spermatozoen 28 Chromosomen.

Bezeichnen wir nun die vier Teilchromosomen mit Buchstaben und zwar die vom einen Elter mit A B C D, die vom anderen mit a b c d, so haben wir, wenn wir nur auf das Sammelchromosom achten, als Ausgangspunkt der Reduktionsteilung im männlichen Geschlecht die Tetrade

$$\frac{A^{\wedge}B^{\wedge}C^{\wedge}D}{a^{\wedge}b^{\wedge}c^{\wedge}d}$$

Die Reduktionsteilung trennt die Paarlinge und die eine Spermatozyte erhält, da die Segmente ausnahmslos gekoppelt bleiben, was die Bogen andeuten wollen, das  $A^{\wedge}B^{\wedge}C^{\wedge}D$ -Chromosom, die andere  $a^{\wedge}b^{\wedge}c^{\wedge}d$ .

*Bedeutet uns die Buchstaben zugleich Symbole für die Faktorengruppen, die in den entsprechenden Segmenten enthalten sind, so kämen wir zu der Feststellung, dass im männlichen Geschlecht die Faktorengruppen  $A B C D$  und  $a b c d$  gekoppelt übertragen werden.*

Anders im weiblichen Geschlecht. Hier treten die vier Elemente des Sammelchromosoms als selbständige Chromosomen in die Reduktionsspindel ein; sie werden infolgedessen aufspalten und wir erhalten die folgenden 16 verschiedenen Gameten:

- |                                 |                                 |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. $A \cdot B \cdot C \cdot D$  | 3. $a \cdot B \cdot C \cdot D$  | 5. $A \cdot b \cdot C \cdot D$  | 7. $A \cdot B \cdot c \cdot D$  |
| 2. $a \cdot b \cdot c \cdot d$  | 4. $A \cdot b \cdot c \cdot d$  | 6. $a \cdot B \cdot c \cdot d$  | 8. $a \cdot b \cdot C \cdot d$  |
| 9. $A \cdot B \cdot C \cdot d$  | 11. $a \cdot b \cdot C \cdot D$ | 13. $A \cdot b \cdot c \cdot D$ | 15. $a \cdot B \cdot c \cdot D$ |
| 10. $a \cdot b \cdot c \cdot D$ | 12. $A \cdot B \cdot c \cdot d$ | 14. $a \cdot B \cdot C \cdot d$ | 16. $A \cdot b \cdot C \cdot d$ |

Kurz nach der Reduktionsteilung erfolgt die Bildung des Sammelchromosoms. Nur in Gamete 1 und 2 jedoch entsteht das alte Chromosom; in allen übrigen Fällen bilden sich bei der Rekombination Sammelchromosomen mit ausgetauschten Segmenten, in der Gamete 16 z. B. das „Austauschchromosom“  $A^{\wedge}b^{\wedge}C^{\wedge}d$ .

*Wir kommen somit zum Schlusse, dass dieselben vier Chromosomen, und damit die gleichen vier Faktorengruppen, die im männlichen Geschlecht gekoppelt übertragen werden, hier im weiblichen Geschlecht aufspalten.*

Es liegen Beobachtungen vor, die dafür sprechen, dass das nicht nach den Mendelgesetzen geschieht, sondern nach Zahlenverhältnissen, die denen gleichen mögen, welche wir von *Drosophila* her kennen (vgl. darüber die ausführliche Arbeit, Zeitschr. f. Vererbung, 1921).

*Gleich oder ähnlich dem Verhalten der Chromosomen  $A B C D$  von *Lymantria monacha* nun werden sich die Chromosomen von*

*Drosophila* verhalten. Ist das der Fall, woran kaum zu zweifeln ist, so wäre das Rätsel des Austauschphänomens gelöst.

Damit hoffe ich, klar gezeigt zu haben, dass das ganze imponierende Gedankengebäude der Chromosomentheorie der Vererbung fest steht und die grossen Linien wenigstens sicher liegen. Gerne hätte ich Sie über das hinaus, was wir sicher wissen, in Regionen geführt, wo wir noch tasten und nur ahnend schauen. Um wenigstens anzudeuten, wohin der Weg führt, den die Vererbungsforschung zu gehen im Begriffe ist, bleibt mir, Ihnen zu sagen, dass die Biologen daran sind, den feineren Bau der Chromosomen zu erschliessen. Sie glauben einen Weg zu sehen, der sie dazu führt, nicht nur sagen zu können, dass ein bestimmter Erbfaktor in einem bestimmten Chromosom liegt, vielmehr an welcher Stelle im Chromosom der betreffende Faktor liegt.

Ob wir da schon vor definitiven Resultaten stehen, scheint fraglich. Eines aber ist sicher: ungeahnte neue Perspektiven öffnen sich, denen das Auge begeistert folgt.