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: 94 (1911)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Vorträge gehalten in den beiden Hauptversammlungen

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 01.05.2026

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

Eröffnungsrede

des Jahrespräsidenten

und

Vorträge

gehalten

in den beiden Hauptversammlungen

Leere Seite
Blank page
Page vide

Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten

von

Dr. Albert Pfæhler (Solothurn).

Hochverehrte Versammlung!

Im Namen der Behörden und der Naturforschenden Gesellschaft von Solothurn heisse ich Sie herzlich willkommen.

Zum sechsten Male versammeln sich die Naturforscher der Schweiz in der alten Wengistadt und ich hoffe, dass die diesjährige Vereinigung sich würdig an die frühern anreihen wird und dass sie dazu beiträgt, unsere wissenschaftlichen Bestrebungen zu unterstützen und zu fördern und die guten Beziehungen enger zu knüpfen, welche die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft mit ihren Tochtergesellschaften und dem Auslande verbinden.

Ich freue mich, hier auch Gäste aus Nah und Fern begrüssen zu dürfen und danke ihnen für das Interesse das sie unserer Arbeit entgegenbringen.

Jene markanten Persönlichkeiten, welche im vergangenen Jahrhundert die Versammlungen der Naturforschenden Gesellschaft geleitet haben und mit den Boden vorbereiteten, auf dem das intellektuelle Solothurn sich entwickeln konnte, sind nicht mehr; durch ihre Namen allein verleihen sie unserer Tagung Würde und sie gereichen der Stadt, in welcher sie gelebt haben, zur Ehre, es sind die Naturforscher, Denker und Menschenfreunde Hugi, Gressly, Pfluger, Moritzi und Lang.

Ich will heute dieser Männer in kurzen Worten gedenken.

Die naturwissenschaftliche Kritik hat sich daran gewöhnt, Wesen und Dinge stets im Rahmen ihrer Umgebung, als abhängige Entwicklungsglieder eines grossen Ganzen zu betrachten und so sei es mir erlaubt, auch der Stadt zu gedenken in welcher jene Naturforscher gelebt haben und die mit ihrem Wirken eng verknüpft ist, der Stadt Solothurn.

Schon durch seine Entstehung darf Solothurn Anspruch auf Klassizität erheben. Die Römer, welche das ursprünglich freiliegende Dorf am linken Ufer der Aare, zur Zeit des Einbruchs der Alemannen, im dritten Jahrhundert, in ein befestigtes Castrum umbauten, legten den eigentlichen Grundstein zum alten Solodurum. Die schwankenden Einflüsse der Geschichte vermochten seine Entwicklung nicht zurückzuhalten; Solothurn wuchs an Bedeutung. Burgunds Könige wurden hier gekrönt und im zwölften Jahrhundert galt Solothurn als die Hauptstadt von Burgund, um später, zur Zeit des Interregnums, eine freie Stadt des germanischen Reiches zu werden. Seine geographische Lage, seine an geschichtlichen Erinnerungen reiche Vergangenheit und der vorherrschende katholische Glauben bezeichneten Solothurn im Jahre 1544 als Sitz der französischen Gesandtschaft. Während fast 250 Jahren, bis zum Ausbruche der französischen Revolution, lebten Frankreichs Ambassadoren in unserer Stadt. Der Einfluss, den ihr luxuriöses Leben auf die bauliche Entwicklung der Stadt sowohl wie auch auf den Charakter der Einwohner ausübte, war bedeutend. In jener Zeit wurden prächtige Kirchen, so die St. Ursuskirche gebaut, und die originellen Vaubanschen Schanzen errichtet, deren Ueberreste heute noch mit ihrem Kranze ehrwürdiger Lindenbäume der Stadt einen eigenen, malerischen Anblick verleihen. Das dürfen wir Solothurner ohne Selbstüberhebung sagen: unsere Vaterstadt steht in ihrer Art einzig da, nicht nur ihre herrliche landschaftliche Lage am Fusse des Jura und am Strande der grünen Aare, sondern auch ihre alten Türme, ihre Kirchen und Schanzen, ihre stolzen Tore, machen sie zu einer der schönsten, der originellsten Schweizerstädte.

Das leichtsinnige, lockere Leben, welches besonders gegen Ende des 18. Jahrhunderts am kleinen Hofe der Gesandtschaft herrschte, machte auch auf Solothurns Einwohner Eindruck. Sie gewöhnten sich daran, Feste und Festlichkeiten als häufig wiederkehrende Sehenswürdigkeiten zu betrachten, sie gewöhnten sich aber auch daran, von diesen Festen zu leben; dies war einer der schädlichen Einflüsse, den die Ambassadorenherrschaft auf die Entwicklung der Stadt ausübte und ihm ist es

vor allem zuzuschreiben, dass Solothurn sich trotz seiner vorteilhaften topographischen Lage nicht zu der Bedeutung einer gewerbetreibenden Stadt emporzuschwingen vermochte; ihm gebührt vielleicht auch das Verdienst, den Grund zur vielgerühmten Solothurner Gemütlichkeit gelegt zu haben.

Die Ambassadorenherrschaft wirkte aber auch in einem andern Sinne auf die Bewohner Solothurns. Der Verkehr mit Männern aus fremden Ländern, der Verkehr mit den Grossen der Zeit, die Leichtigkeit selbst in fremde Länder zu ziehen, vor allem aber der Geist der Aufklärung, der sich damals von Frankreich über ganz Europa verbreitete, weiterten den Blick des Bürgers und befreiten sein Denken von Engherzigkeit. Das haben die Solothurner des vergangenen Jahrhunderts bewiesen durch die aufgeklärte Art, wie sie, trotz des harten Kampfes den die Naturwissenschaften zu Ende der Helvetik zu bestehen hatten, dieselben zur Heranziehung der akademischen Jugend verwerteten. In einer Zeit, als in andern kleinern Schweizerstädten der Unterricht in den Naturwissenschaften noch nicht einmal im Lehrplan der Schulen verzeichnet war, verlangten Solothurns Räte, dass sie an der höchsten Bildungsanstalt des Kantons doziert werden, und als es galt, die Stelle des wegen persönlichen Rücksichten aus dem Schuldienste austretenden Franz Joseph Hugi zu besetzen, da war ihnen als Lehrer der Beste gut genug und so kam es, dass im Jahre 1841 kein Geringerer als Alexander Moritzi, auf glänzende Empfehlungen von Alphonse de Candolle und Chavanne hin, als Lehrer für Botanik und die übrigen Naturwissenschaften gewählt wurde.

Weder die Schüler Moritzis noch seine Kollegen mögen geahnt haben, wie genial die Gedanken waren, welche dieser einfache, zurückgezogene Mann über Werden und Entstehen der Wesen hatte. Potonié war es vorbehalten, Moritzis Verdienste um die Wissenschaft ins wahre Licht zu stellen, so dass Moritzi heute allgemein als ein schweizerischer Vorläufer Darwins anerkannt wird. Herr Professor Dr. Arnold Lang sagt von Moritzi:

«Was die Originalität und Selbstständigkeit und die klare Erkenntnis der Tragweite der Probleme anbetrifft, so steht er

nicht sehr weit hinter Lamarck, während er wohl von keinem der übrigen übertroffen wird. Mit Lamarck teilte der schweizerische Naturforscher Alexander Moritzi aus Chur das Schicksal, dass seine Ideen zu Lebzeiten fast unbeachtet blieben.»

Es lebten damals hervorragende Naturforscher in Solothurn, von denen die bedeutendsten unzweifelhaft Gressly und Hugi waren.

Franz Joseph Hugi war nicht mehr Lehrer an der Kantonsschule, aber er fuhr fort, Privatunterricht in den Naturwissenschaften zu erteilen und mit Begeisterung lauschten die Schüler seinen anregenden, lehrreichen Erörterungen. Aber nicht nur als Pädagoge und Gelehrter war Hugi gross, er war gross durch seine Menschenfreundlichkeit, durch seine Uneigennützigkeit. Davon wussten seine Schüler zu erzählen, denn Hugi scheute vor keinem Opfer zurück, wenn es galt ihnen auch in spätern Jahren hilfreich zur Seite zu stehen und sie in ihrem Studium zu unterstützen. Hugi ist der Gründer der naturhistorischen Sammlung, aus welcher die gegenwärtigen schönen Sammlungen unseres städtischen Museums hervorgingen. Kann ein sprechenderes Beispiel für die Uneigennützigkeit Hugis gegeben werden, als die Tatsache, dass der Gelehrte für alle seine Mühe und für seine Unterrichtsstunden von den Schülern nur verlangte, sie möchten durch beliebige Gaben die naturhistorischen Sammlungen bereichern, denn es hatten dieselben, wie Hugi fest überzeugt war, einen grossen erzieherischen Wert. Darin waren die fortschrittlichen Männer jener Zeit alle einig, dass in der naturwissenschaftlichen Bildung die Basis zu einer gesunden, wirtschaftlichen und intellektuellen Volkserziehung liege.

Erreichte Hugi seine wissenschaftliche Bedeutung durch das Studium der Gletscherwelt, so ergründete Amanz Gressly in tiefsinniger Weise die Struktur des Juragebirges. Gressly war für die Entwicklung der Geologie von hervorragendem Werte, denn seine Arbeiten über den Hauensteintunnel und den Tunnel bei Chaux-de-Fonds entrückten auch in den Augen der grossen Menge die Geologie der rein theoretischen Bedeutung.

Gressly war nicht aktiver Lehrer, aber im engeren Freundes-

kreise von überzeugender Beredtsamkeit. In seiner Urwüchsigkeit, in seiner zurückgezogenen Originalität, vor allem aber durch den kühnen Flug seiner Gedanken gehört er zu jenen seltenen Männern, welche die Wissenschaft beglücken und bereichern.

Keine politischen Ereignisse vermochten der Entwicklung der Naturwissenschaften in Solothurn hindernd in den Weg zu treten, Solothurn verfolgte jene Gelehrten nicht, die sich gegen bestehende Ansichten zu verstossen schienen. Viel zu dieser aufgeklärten und grosszügigen Auffassung mag der Umstand beigetragen haben, dass Männer wie Anton Pfluger auch in politischen Fragen mitzusprechen hatten. Für die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ist Pfluger kein Fremder. Dreimal, in den Jahren 1825, 36 und 48 leitete er die Jahresversammlungen in Solothurn. Pfluger besass ein umfassendes Wissen verbunden mit einem positiven und praktischen Sinne, er brachte sowohl den Naturwissenschaften wie den literarischen Studien und dem politischen Leben dasselbe rege, aktive Interesse entgegen. Seine reichhaltige Bibliothek vermachte er der literarischen Gesellschaft, die ihn als ihren Gründer verehrt.

Moritzi wurde bei einer Wiederwahl im Jahre 1847 wegen persönlichen Verhältnissen als Lehrer nicht mehr bestätigt; an seine Stelle trat Dr. Franz Vincenz Lang. Ihm, meinem verehrten Lehrer, möchte ich hier noch einige Worte der Anerkennung widmen. Ich darf wohl annehmen, dass die ältern Mitglieder der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft Lang persönlich kannten. In den Jahren 1869 und 88 präsidierte er die Jahresversammlungen in Solothurn.

Lang war eine jener Erscheinungen, die man nicht vergisst, wenn man sie auch nur einmal gesehen hat. Seine bezaubernde Liebenswürdigkeit, seine natürliche Herzlichkeit gewannen ihm im Sturme die Sympathien. Lang war ein idealer Lehrer, an dem wir mit Liebe und Achtung emporblickten, denn er verstand es, Freund und Lehrer zugleich zu sein. Für ihn gab es kein Altwerden, wie die Natur mit jedem Frühling sich zu frischer Pracht verjüngt, so erwachte auch bei Lang mit dem jährlichen Zuzug neuer, junger Schüler eine hinreissende Begeis-

terung für alles Schöne, alles Grosse in der Natur. Und er hatte die seltene Gabe, diese Begeisterung auf seine Schüler zu übertragen. Er legte weniger Wert auf Detailstudien, für sie verwies er uns auf die Hochschule, welche uns Gymnasiasten als das Ideal vorschwebte, wo der menschliche Geist sich frei betätigen kann und so verliessen wir denn auch das Gymnasium nicht als Weltverbesserer und Misanthropen, sondern mit Freude und Zuversicht blickten wir in die Zukunft, die uns Ernstes und Grosses lehren sollte.

Lang wollte in seinem Unterrichte die weiten Gesichtspunkte klarmachen, die sich aus dem Studium der Naturwissenschaften ergaben, er wies auf ihren praktischen Wert hin, auf ihre ökonomische und politische Bedeutung. Durch seine volkstümliche Art wusste er auch bei Jenen Interesse zu erwecken, die den Naturwissenschaften fern stehen und er verstand es, sie zur pekuniären und aktiven Beteiligung an den Bestrebungen unserer Naturforschenden Gesellschaft zu gewinnen. Als Frucht seiner Arbeit durfte der jugendliche Greis die Vollendung des städtischen Museums miterleben. Mit den grössten persönlichen Opfern hatte Hugi die Basis zur Gründung eines naturhistorischen Museums geschaffen, Langs Verdienst war es, die Verwirklichung dieser Idee populär gemacht zu haben, so dass Behörden und Bevölkerung für Kunst und Wissenschaft einen Bau errichten liessen, auf den wir Solothurner stolz sein dürfen. Die jährliche Schuldenlast, welche die Einwohnergemeinde zur Verzinsung der Bausumme und den Betrieb des Museums übernommen hat, beträgt über 30,000 Fr.

So haben die Nachkommen den Arbeiten und Bestrebungen unserer grossen Naturforscher gerecht zu werden versucht. Noch bleibt uns vieles zu tun übrig, besonders sollte in den nächsten Jahren die Gründung eines botanischen Gartens in Angriff genommen werden, der eine vorteilhafte Unterstützung des Unterrichts an unsern Schulen bilden würde.

Lang vereinigte in sich in wunderbarer Weise wissenschaftlichen Ernst und künstlerische Begeisterung. Er brachte uns den prächtigen ästhetischen Gedanken zum Bewusstsein, dass wir die Natur nicht nur erforschen, sondern auch lieben sollen.

Hochgeehrte Damen und Herren!

Diese Auffassung eröffnet uns ein reiches Arbeitsfeld. Keiner ist mehr berufen, für die Grösse und Mannigfaltigkeit der Natur Verständnis zu haben, als jener, welcher sie mit Ernst und Begeisterung erforscht und ergründet, nur so aber wird der Naturforscher zum Naturfreunde, nur so zum Schützer der heimatlichen Schönheit. Mögen aus den Reihen der Naturforscher, der Materialisten, jene Idealisten hervorgehen, die dem Gedanken des Heimat- und Naturschutzes zum Siege verhelfen.

In dieser Hoffnung erkläre ich die 94. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft als eröffnet.

Der heutige Stand des Saftsteigungsproblems

von

Dr. A. Ursprung

Professor an der Universität Freiburg (Schweiz)

Die tägliche Erfahrung lehrt uns, dass die Blätter der Pflanzen welken und zuletzt verdorren, wenn den Wurzeln nicht genügend Wasser zugeführt wird. Die Abgabe des Wassers geschieht durch Verdunstung, Transpiration, und zwar in ganz bedeutenden Quantitäten; hat man doch berechnet, dass eine einzige Birke an einem heissen Sommertag mehrere hundert Liter transpiriert, und dass ein Hektar Buchenwald täglich im Durchschnitt 30,000 Liter Wasser verdunstet. Die grüne Laubkrone gleicht also einem mächtigen Gradierwerk, das ununterbrochen bedeutende Wasserquantitäten abgibt; diese müssen natürlich durch Vermittlung des Wurzel aus dem Boden ersetzt werden, wenn der Baum nicht vertrocknen soll.

Die geringen Wassermengen, die jedes einzelne Wurzelhärchen aus dem Boden saugt, wandern durch die Rinde in das Innere der Wurzel und gelangen dann in die Leitbündel, um sich hier zu vereinigen. Von den letzten und dünnsten Wurzelfasern eilen sie in immer dickere und ältere Glieder und fliessen der Hauptwurzel zu um weiter im Stamme hinauf zu wandern bis in die Krone des Baumes, wo das Wasser sich dann wieder verteilt in die Aeste, die Zweige und die letzten Triebe bis hinaus in die Blätter. Hier dringt es vom Hauptnerv in die Seitennerven, verliert sich in immer feinere Aederchen, bis es endlich durch die tausend und abertausend Spaltöffnungen wieder ins Freie tritt. Nun steigt es in unsichtbarer Form zum Himmel hinauf, verdichtet sich zur Wolke und gelangt als befruchtender Regen wieder zur Erde zurück, wo es abermals von den Wurzeln aufgenommen wird um seinen Kreislauf von Neuem zu beginnen. Es ist ein grossartiges Schauspiel, das sich unvermerkt in unsern Bäumen vollzieht, eine Wasserkunst

gewaltiger und zierlicher zugleich als je Menschenhände sie errichtet. Denken wir uns die pflanzliche Hülle enfernt, dann steht ein mächtiger Springbrunnen vor uns, der über 100 m Höhe erreichen kann, der in kräftigem Mittelstrahle gen Himmel strebt, um oben in immer feinere und dünnere Wasserfäden sich aufzulösen, die zu einer majestätischen Kuppel geordnet sind, welche einen Sprühregen von unendlicher Feinheit zu den Wolken sendet; und wie die Wassersäule in schwindelnder Höhe in kunstvollster Weise sich auflöst, so hat sie sich tief im Erdenschosse aus unsichtbaren Anfängen aufgebaut. — Man wird es begreiflich finden, dass schon frühe die Pflanzenphysiologen dem Studium des Saftsteigens sich hingaben und die Kräfte zu ermitteln suchten, mit denen die Natur spielend leicht gewaltige Wassermassen in die Spitzen der höchsten Bäume hebt.

Es ist hier nicht der Ort, auf die geschichtliche Entwicklung einzugehen. Es sei nur erwähnt, dass schon die Begründer der Pflanzenanatomie mit dem Saftsteigen sich beschäftigten und dass dann ganz besonders der erste Pflanzenphysiologe, der geniale englische Pfarrer *Hales* diesem Studium sich hingab und durch sinnreiche Experimente eine Basis legte auf der die weitere Forschung aufbauen konnte.

Bei der Erforschung der Wasserbewegung handelt es sich darum:

1. Die Zellen ausfindig zu machen, die an der Wasserleitung beteiligt sind; und

2. Die Kräfte zu ermitteln, die das Wasser 100 m und darüber emporheben bis in die Spitzen der höchsten Bäume.

1. *Die an der Leitung beteiligten Zellen.*

Zur Lösung dieser Frage führten schon *Malpighi* und *Hales* Ringelungsversuche aus. Sie entfernten an einem Ast ein ringförmiges Rindenstück oder bohrten an einem andern Ast auf eine gleich lange Strecke das Holz aus. Es zeigte sich, dass nach der Holzringelung die Blätter welkten, nach der Rindenringelung aber turgeszent blieben. Derartige Versuche wurden

später vielfach wiederholt. Die Rindenringelungen erfolgten in der Weise, dass man ein zylindrisches Rindenstück wegoperierte. Auf die Länge dieses Stückes wurde kein grosses Gewicht gelegt; sie betrug bald 1 cm, bald 1 dm und stieg bis zu 1 m und wohl auch noch darüber, ist aber häufig nicht angegeben. Das Resultat war, dass bei fast allen untersuchten Pflanzen der Wassertransport durch die jeweilige Rindenringelung nicht gestört wurde. Man pflegt hieraus den Schluss zu ziehen, dass die Rinde am Saftsteigen nicht beteiligt sei. Es lässt sich aber unschwer einsehen, dass dieser Schluss nicht ganz berechtigt ist. Als Versuchspflanzen kamen z. T. hohe Bäume zur Anwendung, so dass die Länge der Ringelungszone im Vergleich zur Länge des Organs sehr gering war. Die Ringelung erfolgte ferner meist in der Nähe des Bodens, also an der Stelle, wo der Stamm die grösste Dicke hat und wo daher durch die Ringelung die Querschnittsfläche die relativ geringste Reduktion erfährt. Die Experimente zeigen nur, dass die Entfernung der betreffenden Rindenzone für die Wasserzufuhr nicht in Betracht kommt, nicht aber, dass die Rinde als solche für das Saftsteigen ohne Bedeutung ist. Durch die Entfernung kleinerer Rinden- und Holzpartien könnte man ja zuletzt überhaupt alles nur wünschbare «beweisen». Es lassen sich von der Wurzelspitze bis hinauf zur Stammspitze in allen Geweben kleine Stücke wegoperieren, ohne dass eine Schädigung eintritt, und so liesse sich denn «beweisen», dass für den Baum sowohl die Wurzeln, wie auch der Stamm, die Aeste und die Blätter vollständig überflüssig und entbehrlich sind.

Man muss also die Rindenringelung nicht nur einen cm oder einen dm weit ausführen, sondern man muss die Rinde vollständig entfernen, wenn man sich über ihre Beteiligung am Saftsteigen ein Urteil bilden will. Aber auch dann lässt sich höchstens nachweisen, dass die Rinde zur Wasserleitung entbehrlich ist, nicht aber dass sie unter gewöhnlichen Umständen am Saftsteigen überhaupt nicht teilnimmt.

Derartige Versuche haben nun gezeigt, dass die Rinde bei allen untersuchten Pflanzen vorhanden sein muss, um auf die Dauer einen ausreichenden Wassertransport zu ermöglichen.

Die Entfernung der Rinde wirkt allerdings nicht überall gleich nachteilig und es ist wahrscheinlich, dass ihre Bedeutung für das Saftsteigen vornehmlich in einer auf die peripheren Holzpartien ausgeübten Schutzwirkung beruht.

Es kommt also, wie übrigens schon aus den Experimenten von *Hales* hervorgeht, dem *Holzkörper* ganz oder hauptsächlich die Aufgabe zu, als Leitbahn für den aufsteigenden Wasserstrom zu dienen. Denn dass das *Mark* in der Regel keine bedeutende Rolle spielt, ist leicht einzusehen und durch ausbohren dieses Gewebes auch experimentell zu beweisen.

Das Holz stellt in alten Stämmen oft einen sehr massigen Zylinder dar und es ergibt sich daher die neue Frage, ob alle Teile des Querschnittes gleich gut leiten, oder ob die Leitung auf gewisse Partien ganz oder vornehmlich lokalisiert ist. Bei Kernbäumen genügt, wie längst bekannt, ein mässig tiefer, ringförmiger Sägeschnitt um die höher gelegenen Teile zum Abdorren zu bringen, während bei Splintbäumen die gleiche Operation nichts schadet. Man hat hieraus vielfach den Schluss gezogen, dass bei Splintbäumen die ältern Jahresringe genügend Wasser leiten können; doch ist dieser Schluss offenbar verfehlt. Denn wenn das ältere Holz 1 mm weit ausreichende Wassermengen zu befördern vermag, so ist damit nicht gesagt, dass es dies auch 10 oder 50 m weit tun kann.

Wenn auch die bisherigen Versuche noch manches zu wünschen übrig lassen, so lässt sich aus den vorliegenden Daten immerhin entnehmen, dass den jüngern Holzschichten bei manchen Pflanzen die Hauptrolle zufällt.

Wenn man auf fast die ganze Länge des Astes einen Sektor von der Hälfte oder drei Vierteln des Querschnittes entfernt, so bleiben die Blätter turgeszent. Es ist damit bewiesen, dass ein kleiner Bruchteil des Astquerschnittes genügt um eine ausreichende Wasserversorgung der Blätter zu ermöglichen, sobald der übrigbleibende Astteil unversehrt gelassen wird.

Es bleibt ferner zu untersuchen ob in einem Jahresring Früh- und Spätholz in verschiedener Weise leiten, und endlich ist zu ermitteln wie die einzelnen, das Holz aufbauenden Zellformen: Gefässe, Tracheiden, Libriform, Parenchym, an der Leitung

sich beteiligen. Zur Beantwortung derartiger Fragen liess schon *Magnol* 1709 farbige Lösungen in den Pflanzen aufsteigen und diese Versuche wurden bis in die neuere Zeit vielfach wiederholt. Der Erfolg entsprach der aufgewendeten Mühe allerdings nicht, da die Resultate dieser Farbstoffexperimente nur mit Vorsicht verwertet werden dürfen. Zu welch verkehrten Schlüssen diese Methode führen kann, zeigen die folgenden Parallelversuche:

1. Man stelle eine *abgeschnittene* Pflanze in Farblösung: diese steigt in den Gefässen und Tracheiden.

2. Man stelle ein *bewurzeltes* Exemplar der gleichen Pflanze in dieselbe Farblösung: der Farbstoff wird, so lange die Wurzel lebend ist, nicht in nennenswerter Menge aufgenommen.

Aus Versuch 1 zieht man oft den Schluss, dass nur Gefässe und Tracheiden leiten. Aus Versuch 2 müsste man mit derselben Logik folgern, dass die Wurzel überhaupt keine bemerkenswerten Wassermengen aufnimmt.

Nehmen wir nun einmal an, wir hätten einen Farbstoff gefunden, der von der lebenden Wurzel leicht in grossen Mengen durchgelassen wird. Aus der Färbung der Zellen dürfen wir dann wohl schliessen, dass der Farbstoff sie passierte, aus der Nichtfärbung dürfen wir aber nicht das Gegenteil folgern; denn die vorliegenden Farbstoffversuche haben zur Genüge gezeigt, dass Zellen ungefärbt bleiben können, obschon sie vom Farbstoff passiert worden sind. Es genügt also nicht, dass der Farbstoff eine Zelle durchwandert, diese muss auch die Fähigkeit besitzen ihn in ausreichender Menge zu speichern, so dass er nachweisbar wird. Weiter ist zu bedenken, dass die Permeabilitätsverhältnisse der Plasmahäute sehr verschieden sein können, und wenn gewisse lebende Zellen einen Stoff passieren lassen, so ist damit nicht gesagt, dass dies beim Holzparenchym auch der Fall sein muss. Gewöhnlich operierte man übrigens nicht mit ganzen Pflanzen, sondern mit abgeschnittenen Aesten; da aber in diesem Falle die Inhalts- und Druckverhältnisse in den Gefässen ganz andere sein können als im intakten Zustand, so vermögen Versuche mit abgeschnittenen Aesten erst recht keine zuverlässigen Resultate zu ergeben.

Die Gefässe, welche die Gestalt langer Röhren haben, würden nun offenbar für die Wasserleitung eine sehr bequeme Form besitzen; man war aber lange Zeit in dem Irrtum befangen, dass die Gefässe nicht Wasser sondern Luft enthalten, eine Anschauung, welche zu der heute noch gebräuchlichen Bezeichnung Tracheen geführt hat. Aber auch später, als der Wassergehalt der Gefässe sichergestellt war, fasste man sie lange Zeit nicht als Leitungsröhren auf. Der Pflanzenphysiologe *Sachs* suchte in seiner *Imbibitionstheorie* die Hypothese zu begründen, dass das Wasser nicht in den *Hohlräumen* der Gefässe emporsteige, sondern in den *Wänden*. So merkwürdig und unwahrscheinlich diese Annahme auch erscheinen mag, die geschickte Darstellung und das Ansehen ihres Begründers, wie auch das Versagen der übrigen Erklärungsversuche, gewährten der Imbibitionstheorie lange Zeit eine dominierende Stellung. Doch ihr Todesurteil war gesprochen, als man durch Verstopfen der Gefässlumina die Blätter zum Welken und Verdorren brachte. Es wird also offenbar das *Lumen* der Gefässe in erster Linie als Leitbahn dienen.

Wenn aber die Gefässe leiten, so müssen es auch die Tracheiden tun, welche bei den Coniferen ihre Stelle übernehmen. Und wenn die Tracheiden als Leitbahnen fungieren, dann kann man gewissen Libriformzellen ein ähnliches Verhalten nicht absprechen, da anatomisch sehr viele Uebergänge vorkommen und es sich ebenfalls um tote Elemente handelt. Die Unterschiede in der Funktion werden voraussichtlich quantitativer Natur sein.

Was endlich das Parenchym betrifft, so muss es sicher auch leitungsfähig sein; denn sonst könnte ja, da die Wurzel von Parenchym umgeben ist, gar kein Wasser in die Pflanze hinein gelangen.

Viel schwieriger als die Frage ob eine Zellform überhaupt leitet oder nicht, ist die quantitative Seite des Problems, die Entscheidung darüber wie stark eine bestimmte Zelle bei einer bestimmten Pflanze an der Wasserleitung beteiligt ist. Für eine bestimmte Form von Parenchym, das Wassergewebe einiger Blätter, wies *Westermaier* nach, dass eine bis zur Turgescenz

gehende Wasseraufnahme nur etwa 3 cm weit erfolgt, die Leitungsfähigkeit also sehr gering ist. Ob das Holzparenchym dieselbe Eigenschaft besitzt, kann nur durch spezielle Versuche mit Sicherheit entschieden werden.

Soweit unsere derzeitigen mangelhaften Kenntnisse gehen, dürften als Wasserleitungsbahnen in erster Linie die Hohlräume der Gefässe und Tracheiden in Betracht kommen.

Von den Wegen, die das Wasser einschlägt, wenden wir uns zu den Kräften, die es bewegen.

2. *Die an der Wasserhebung beteiligten Kräfte.*

Um die Grösse der zur Leitung erforderlichen Kräfte richtig beurteilen zu können, ist es nötig: 1. die *Menge* des zu leitenden Wassers zu kennen; 2. die *Geschwindigkeit* mit der diese Leitung zu erfolgen hat, und 3. die *Widerstände* die einer Verschiebung des Wassers entgegentreten.

Würde der Stamm nur zur Leitung und nicht gleichzeitig auch zur Speicherung des Wassers dienen, so müsste er stets genau so viel Wasser leiten, als die Krone durch Verdunstung verliert, der erwähnte Birkenstamm also im Maximum mehrere hundert Liter pro Tag. Das sind nun ganz bedeutende Mengen.

Die Geschwindigkeit liesse sich berechnen, wenn die Menge des geleiteten Wassers und die Grösse der leitenden Querschnittsfläche bekannt wären. Dies ist aber nicht der Fall und so sind wir denn auf andere Methoden angewiesen. Am meisten Zutrauen verdienen die Experimente mit intakten Pflanzen, wie sie vornehmlich von *Sachs* ausgeführt worden sind. Es zeigte sich, dass Lösungen von salpetersaurem Lithium, welche von der lebenden Wurzel aufgenommen werden ohne sie zu schädigen, in den verwendeten Topfpflanzen aufstiegen mit einer Geschwindigkeit von 0,19 bis 2,1 m in der Stunde. Generalisieren lassen sich diese Zahlen selbstverständlich nicht und für Bäume mit dicken Stämmen wird die Geschwindigkeit in verschiedenen Jahresringen wohl recht verschieden sein können, in den peripheren Teilen grösser, in den zentralen kleiner. Wir werden unterscheiden müssen zwischen der maximalen

Geschwindigkeit, wie sie die *Sachs*'sche Methode ergibt und der Durchschnittsgeschwindigkeit, die *Schwendener* für einen Buchenstamm zu 2 m pro Tag berechnete.

Um sich ein Urteil zu bilden über die Grösse der zum Wassertransport nötigen Kräfte, ist es dann weiter erforderlich den Widerstand zu ermitteln, den das Wasser in den Leitungsbahnen erfährt. Was ist nun aber hier unter dem Leitungswiderstand zu verstehen? Lässt er sich messen durch den Druck der dauernd am einen Stammende bestehen kann ohne durch Filtration ausgeglichen zu werden, oder ist er zu messen durch den Ueberdruck, der das Wasser mit der Geschwindigkeit des Saftsteigens durch den Stamm bewegt?

Physiologisches Interesse hat offenbar vor allem die zweite Methode, deren Resultate hier allein erwähnt sein mögen. *Janse* fand, dass bei einem Druckunterschied von 1 Atm. *Ginkgo* und *Abies* nicht höher als $^1/_2$ m, *Pinus Strobus* nicht höher als 1 m werden dürfte, da bei dem vorhandenen Filtrationswiderstand das Wasser nicht über eine grössere Strecke in genügender Menge gepresst werden konnte. *Ewart* rechnete aus, dass für 100 m hohe Bäume ein Druck von ca. 100 Atm. nötig ist um die Kronenspitze mit Wasser zu versorgen. *Dixon* allerdings hat bei Versuchen mit *Taxus baccata* viel geringere Werte erhalten, so dass von einer Uebereinstimmung in den Zahlen angaben verschiedener Forscher keine Rede sein kann. Um brauchbare Angaben zu bekommen, müssen die Versuchsbedingungen dem natürlichen Zustand möglichst nahe kommen. Nun kann der Luftgehalt des Holzes und damit auch sein Filtrationswiderstand zu ver schiedenen Zeiten recht verschieden sein und es lassen sich daher Bestimmungen, die bei kleinem Luftgehalt erfolgten, nicht generalisieren. Selbstverständlich muss sich aber jede Theorie des Saftsteigens auch mit einem maximalen natürlichen Filtrationswiderstand abfinden.

Nach diesen Vorbemerkungen können wir uns an das Hauptproblem des Saftsteigens wagen, die Ermittlung der Kräfte, die das Wasser bewegen.

Die Gefässe sind kapillare Röhren; es ist daher klar, dass die *Kapillarität* für das Saftsteigen von Bedeutung sein wird.

Aber die Gefässe sind nicht eng genug um das Wasser durch Kapillarität bis in die Baumkronen zu heben. Bei einem Durchmesser von 0,1 mm beträgt die Steighöhe 30 cm, bei einem Durchmesser von 0,01 mm erst 3 m. Von einem Emporheben auf 50 und 100 m kann somit bei den vorhandenen Gefässweiten keine Rede sein. Die genaue Untersuchung hat ferner gezeigt, dass die Gefässe in der Regel nicht nur Wasser, sondern in wechselnder Folge Wassersäulchen und Luftblasen enthalten, sog. Jamin'sche Ketten. Jedes Wassersäulchen hat 2 Menisken, der eine zieht nach oben, der andere meist gleich stark nach unten; eine Aufwärtsbewegung kann also nicht erfolgen. Ist anderseits ein Gefäss ganz mit Wasser gefüllt, so dass der Meniskus fehlt, so fehlt damit auch die hebende Kraft. In diesen Fällen reicht also die Kapillarität schon rein qualitativ nicht aus. Liegen aber die Verhältnisse so, wie es für Kräuter sich denken lässt, dass die Kapillarität qualitativ genügt, dann fragt es sich, ob sie auch quantitativ ausreicht. Denn es kommt ja nicht nur darauf an, *dass* Wasser gehoben wird, es muss auch *genügend* Wasser gehoben werden, wenn die Pflanze nicht verdorren soll. Einen Beitrag zur Lösung dieser Frage lieferte schon vor langem ein Versuch von *Nägeli* und *Schwendener* mit einem mit feuchter Stärke gefüllten Rohr. Die Kapillarität war nicht im Stande auch nur einige Fuss hoch genügend Wasser zu befördern.

Je enger eine Kapillare ist, um so höher wird sie das Wasser heben. Nun befinden sich zwischen den kleinsten, hypothetischen Membranpartikelchen Interstitien von solcher Feinheit, dass sie auch mit dem besten Mikroskope nicht gesehen werden können. In diesen unendlich feinen Zwischenräumen wird also das Wasser auch unendlich hoch steigen. Hierauf gründet sich die sog. Imbibitionstheorie von *Sachs;* das Rätsel scheint gelöst, die hebende Kraft gefunden. Die Kritik zeigte jedoch bald, dass die Lösung nur eine scheinbare war. Wir wissen bereits, dass nach Verstopfung der Lumina der Leitbahnen die Blätter welken, dass also die Wände nicht, wie *Sachs* glaubte, genügend Wasser zu leiten vermögen. Man braucht übrigens nur ein feuchtes Brett mit seinem untern Ende in Wasser zu stellen,

um aus dem Austrocknen des herausragenden Teiles alsbald zu erkennen wie wenig leistungsfähig die Imbibition und Kapillarität ist. Dasselbe zeigt ein am Stamm sitzender Aststumpf, der erst mit Wasser durchtränkt war und dann vertrocknete.

Schon seit langer Zeit war eine Erscheinung bekannt, die auf eine ganz andere Kraft zur Wasserhebung hinwies. Wer im Frühjahr die Rebe anschneidet oder die Birke anbohrt, sieht wässrigen Saft aus der Wunde fliessen; Rebe und Birke bluten und das Gleiche gilt für viele andere Pflanzen. Dieses Bluten ist so auffällig, dass es zu einer näheren Untersuchung geradezu herausfordert. Schon *Hales* stellte durch einfache Experimente fest, dass der Blutungsdruck bei der Rebe mehr als eine Atmosphäre betragen kann, und für andere Pflanzen wurden später noch viel höhere Werte ermittelt, bis zu 8 Atmosphären. Sollte dieser Blutungsdruck nicht im Stande sein das Wasser in die Spitzen der Kräuter und in die Kronen der Bäume zu heben und so das Problem des Saftsteigens zu lösen? Wenn ja, dann müssten die Pflanzen offenbar im Hochsommer am stärksten bluten, weil die Blätter im Hochsommer am meisten Wasser abgeben. Der Versuch zeigt aber, dass im Sommer aus einem Bohrloch nicht nur kein Wasser ausfliesst, sondern sogar gierig eingesogen wird. Das Verhalten ist also ein total anderes; die Wurzel pumpt nicht nur kein Wasser nach oben, sie saugt sogar noch Wasser ein. Der Blutungsdruck ist somit für die Wasserversorgung nicht von wesentlicher Bedeutung, denn er fehlt dann, wenn er am nötigsten wäre.

Bereits suchte daher *Hales* die bewegende Kraft anderswo. Er hatte am obern Ende eines Glasrohres einen beblätterten Zweig luftdicht befestigt, das Rohr mit Wasser gefüllt und mit dem untern Ende in Quecksilber getaucht. Nach kurzer Zeit fing das Quecksilber an zu steigen. *Hales* betrachtete daher die Blätter als Saugpumpen, die das Wasser aus den Wurzeln durch den Stamm emporziehen. Schneidet man einen lebhaft transpirierenden Zweig unter Quecksilber ab, so stürzt es mit grosser Gewalt in die Gefässe hinein. Es muss also in dem Innern der Gefässe, wie in dem Rohr einer Saugpumpe, ein luftverdünnter Raum vorhanden sein. Wie hoch kann nun in

einem über der Wurzel abgeschnittenen, mit der Schnittfläche in Wasser gestellten Baume das Wasser emporgesaugt werden? Wäre der luftverdünnte Raum in den Gefässen ein Vacuum, so vermöchte der Luftdruck das Wasser rund 10 m emporzuheben. Die Bäume werden aber bedeutend höher, zudem kann bei einer intakten Pflanze der Luftdruck nicht auf die Gefässe einwirken wie bei einem abgeschnittenen Ast, da ja die Leitbahnen überall abgeschlossen sind. Man befand sich also wieder in einer Sackgasse.

Eine merkwürdige Beobachtung von *Askenasy* brachte einen Ausweg. Ein mit Wasser gefülltes Glasrohr war oben mit einem Gipsblock luftdicht verbunden und tauchte unten in Quecksilber. Der Gipsblock verdunstet Wasser und würde dieses nicht sofort von unten ersetzt, so müsste ein leerer Raum entstehen, den aber der äussere Luftdruck durch Emportreiben des Quecksilbers sofort zum Verschwinden bringen würde. Man begreift daher, dass das Quecksilber in diesem Glasrohr annähernd so hoch steigen kann wie im Barometer. Aber es stieg höher, bis 89 cm bei 75,3 cm Barometerstand.

So wurde man auf einen Faktor aufmerksam, den man bis dahin übersehen hatte, die *Kohäsion* des Wassers. In einer Wassersäule, die keine Luft enthält und nicht in Bewegung ist, braucht es einen Zug von mehreren Atmosphären um sie zu zerreissen. Diese hohe Kohäsion des Wassers liegt einer Theorie zu Grunde mit der *Askenasy* und *Dixon* die Wasserhebung erklären wollen. Hiernach bewirkt die Sonnenwärme die Verdunstung an der Aussenfläche der Blattzellen, die Imbibitionskraft der Wand dieser Zellen saugt Wasser aus dem Innern auf und vermehrt dadurch die osmotische Kraft. Diese übt einen Zug aus, der sich vermöge der Kohäsion des Wassers bis zur Wurzel fortsetzt und so an die lebenden Zellen der Wurzel gelangt. Hier setzt er sich wieder in osmotische Kraft um, die dann, wenn die Wurzeln an Wasser grenzen, zur Aufnahme desselben in die Pflanze führt. Somit liegt die eigentliche Hebungskraft in der Imbibition, denn wenn die Membran kein Wasser mehr an sich reisst, dann findet auch, trotz der Kohäsion, keine Wasserbewegung mehr statt. Wir sahen jedoch schon dass die Imbibi-

tionskräfte wohl wenig leistungsfähig sind und dass daher ein quantitativer Erklärungsversuch auf diesem Wege wenig Aussicht hat.

Die Kohäsionswirkung, welche zwei aufeinanderfolgende Querschnitte einer Wassersäule auf einander ausüben, hört auf, sobald diese Querschnitte von einander getrennt werden. In den Jamin'schen Ketten, in welchen die auf einanderfolgenden Wassersäulen beinahe vollständig getrennt sind, kann daher kein Kohäsionszug angenommen werden. Die letzte Möglichkeit liegt hier in der Voraussetzung, die notwendigen zusammenhängenden Wassersäulen seien durch seitliche Verbindungen durch die Gefäss- und Tracheidenwände hindurch hergestellt. Diese Voraussetzung ist aber nichts weniger als selbstverständlich und die Untersuchungen *Schwendeners* sprechen gegen ihre Richtigkeit.

Es sei in dieser Stelle bemerkt, dass wir auch heute noch nicht wissen wie der Inhalt der Leitungsbahnen sich bewegt. Verschiedene Ansichten stehen sich gegenüber ohne dass es bis jetzt geglückt wäre etwas Sicheres in Erfahrung zu bringen.

Aber selbst dann, wenn kontinuierliche Wasserfäden in genügender Menge vorhanden sind, ist erst ein System geschaffen, in dem eine Wirkung der Kohäsion denkbar ist; ob die Kohäsion auch wirklich in ausschlaggebender Weise eingreift, wollen wir jetzt untersuchen. Die meisten Bestimmungen der Kohäsion wurden ausgeführt an ruhenden und mehr oder weniger luftfreien Wassersäulen. Die auf diesem Wege erhaltenen Grössenwerte haben wohl physikalisches Interesse, sind für uns aber nicht zu gebrauchen, da in den Leitungsbahnen das Wasser weder luftfrei noch ruhend ist. Versuche mit bewegten Wassersäulen finden wir bei *Askenasy* und *Böhm*. Es wurden Glasröhren, an deren oberem Ende ein Gipspfropf oder ein Zweig befestigt war, mit luftfreiem Wasser gefüllt und in Quecksilber getaucht. Der maximale Zug, dem hier das luftfreie Wasser Stand hielt, betrug bei *Askenasy* 14 cm Quecksilber, bei *Böhm* 16 cm Quecksilber und stieg bei Versuchen anderer Autoren bis über 36 cm. Das sind, hohen Stämmen gegenüber, verschwindend kleine Beträge, ferner handelt es sich um luftfreies

Wasser, das wir in natura nicht haben, endlich betrug die Geschwindigkeit der Bewegung höchstens 4 cm. pro Stunde, während *Sachs* 200 cm, *Pfitzer* und *Strasburger* sogar 600 cm nachgewiesen zu haben glauben.

Weitere Versuche über die Kohäsion fliessenden Wassers machte *Steinbrinck* mit seinem Ueberheber. Er fand, dass Wasser in Fadenform von 2 mm Dicke bei fortschreitender Geschwindigkeit von ca. 2 cm pro Sekunde unter Umständen einen Zug von vier Atmosphären, bei kapillaren Dimensionen auch von über fünf Atmosphären aushalten kann. Bei stärkerer Erschütterung reisst jedoch das Wasser; auch gelten die Resultate nur für grösste Luftarmut.

Wenn nun auch diese Experimente manches zu wünschen übrig lassen, so erscheinen sie doch zuverlässiger als die neuesten Versuche *Dixons*, weil sie eben noch am ehesten eine Anwendung auf natürliche Verhältnisse erlauben.

Also selbst dann, wenn wir kontinuierliche, luftfreie Wassersäulen voraussetzen und den Filtrationswiderstand vernachlässigen, reicht die Kohäsion nach der Mehrzahl der Bestimmungen lange nicht aus. Ziehen wir gar noch den Filtrationswiderstand in Betracht, der wohl 50—100 Atm. betragen kann, berücksichtigen wir den Luftgehalt des Wassers und das Vorhandensein Jamin'scher Ketten, so dürfte sich mit genügender Deutlichkeit ergeben, dass von einer Kohäsions«theorie» nicht gesprochen werden darf. Dass übrigens in dem Wasser der Leitungsbahnen die Kohäsion schwächer sein muss als die ihr entgegenwirkender Kräfte, geht schon aus der einfachen Tatsache des Vorhandenseins von Luftblasen in den Leitbahnen hervor.

Aber die Kohäsion, und wäre sie auch noch so gross, vermag des Wasser nicht zu bewegen; sie ist nur eine *haltende* Kraft. Die bewegenden Kräfte glauben die Verfechter der Kohäsionshypothese in der Imbibitionskraft der Blattzellwände und in der osmotischen Saugung der Mesophyllzellen gefunden zu haben.

Dass die Imbibition ausreichen kann ist vorläufig eine Behauptung, da keinerlei Beweise erbracht worden sind. Dagegen sprechen die früher erwähnten Tatsachen gegen eine grosse Leistungsfähigkeit der Imbibition und die gleich zu behandeln-

den Abtötungsversuche zeigen, dass bei Abtötung einer Stengelstrecke die Blätter welken und verdorren, obschon die Wurzeln genügend Wasser aufnehmen können und obschon die Imbibitionskraft der Mesophyllzellen in keiner Weise verändert wird.

Durch die Zwischenschaltung der osmotischen Saugung der Mesophyllzellen ergibt sich eine neue Schwierigkeit, die so lange bestehen bleibt, als nicht nachgewiesen ist, dass diese Saugung grösser ist, als der Zug der — hypothetischen — durch Kohäsion zusammenhängenden Wassersäule vermehrt um die Filtrationswiderstände von der Wurzel bis zum Blatt. Der osmotische Druck der Blattzellen wird verschieden angegeben. Eine Zunahme des osmotischen Druckes mit der Insertionshöhe der Blätter fand *Dixon* nicht, dagegen hält er ihn in allen Fällen gross genug um die angehängten hypothetischen Wasserfäden zu tragen. Bei dem ausserordentlich hohen Filtrationswiderstand ist das aber sehr fraglich; man hat ja wohl in den Mesophyllzellen einen Turgor von 30 Atm. und selbst darüber festgestellt, aber doch nicht Drucke vom doppelten und dreifachen Werte.

Durch Berechnung der Leistungsfähigkeit der bekannten physikalischen Kräfte ist *Schwendener* schon längst zum Schluss gekommen, dass auf diese Weise das Saftsteigen in höheren Bäumen nicht erklärt werden kann und dass daher eine Beteiligung lebender Zellen unerlässlich erscheint. So klar und präzis die kritischen Studien *Schwendeners* auch sind, es wird sich gegen dieselbsn doch immer einwenden lassen, dass *Schwendener* nur die uns bekannten physikalischen Kräfte in Rechnung ziehen konnte; möglicherweise spielen aber im Baume physikalische Kräfte eine Hauptrolle, die wir noch gar nicht kennen. Es muss daher erwünscht sein, die Entscheidung der Frage nach der Beteiligung lebender Zellen noch auf einem andern Wege zu versuchen. *Strasburger* stellte zu diesem Zwecke zahlreiche Experimente an. Einmal tötete er bei langstengeligen Pflanzen die Stengel mit heissem Wasser, schnitt sie unten ab und stellte sie in eine Farblösung. Es zeigte sich, dass der Farbstoff bis in die Blätter stieg und daraus zog *Strasburger* den Schluss, dass die physikalischen Kräfte doch ausreichen müs-

sen. Nun bringt aber das Abschneiden des Stengels wesentliche Veränderungen mit sich; es kann der Luftdruck das Wasser in den Gefässen emportreiben, es können kontinuierliche Wassersäulen sich bilden; es sind daher schon aus diesen Gründen derartige Versuche nicht recht geeignet einen Schluss zu ziehen auf das Verhalten der intakten Pflanze. Ferner ist mit dem Nachweis von Farbstoff in den Blättern nur gezeigt, *dass* das Wasser steigt. Damit die physikalischen Kräfte ausreichen, müssen sie nicht nur bewirken, *dass* das Wasser in die Baumspitzen steigt, sondern auch dass es in *genügender Menge* steigt. Die Versuche sind also erst dann beweiskräftig, wenn man, 1. den abgetöteten Stengel nicht abschneidet, sondern an der Wurzel belässt, und wenn, 2. durch das Turgeszentbleiben der Blätter der Nachweis erbracht ist, dass tatsächlich genügend Wasser transportiert wird. *Strasburger* machte solche Experimente mit *Wistaria-* und *Bryonia*-Pflanzen, deren Wurzeln und Blätter vollständig im normalen Zustand belassen wurden, während der Ast bezw. Stengel auf eine lange Strecke eine Abtötung durch Abbrühen erfuhr. Die Blätter welkten nach relativ kurzer Zeit. Diskutiert wurden diese Versuche nicht und doch sind es die einzigen, welche auch die quantitative Seite des Problems berühren und daher für die Entscheidung der Frage nach der Beteiligung lebender Zellen beim Saftsteigen hervorragende Bedeutung besitzen.

Später sind dann derartige Abtötungsversuche von andern Seiten in grösserem Masstabe ausgeführt worden an Bäumen, Sträuchern und Kräutern. Der Erfolg war stets derselbe: die Blätter über der abgetöteten Strecke welkten und verdorrten, langsamer, wenn die tote Zone kürzer war, rascher, wenn sie eine grössere Länge besass. Damit ist nun jedenfalls gezeigt, dass die Unversehrtheit der lebenden Zellen des Stengels für das Saftsteigen in irgend einer Weise nötig ist und zwar auch bei niederen Krautpflanzen, nicht nur bei hochstämmigen Bäumen. Das Problem ist also jedenfalls verwickelter als man früher glaubte.

Worin besteht nun die Bedeutung der lebenden Zellen? Dieser wichtigen Frage wollen wir uns jetzt zuwenden. Es ist denk-

bar, dass das Welken auf eine Verstopfung, Luftfüllung oder Membranveränderung der Gefässe sich zurückführen lässt und dass somit die lebenden Stengelzellen dazu dienen die Leitbahnen leitfähig zu erhalten. Es ist denkbar, dass durch das Abbrühen des Stengels die Wurzeln oder Blätter direkt Schaden leiden. Es ist aber ferner auch möglich, dass die lebenden Stengelzellen einen Teil der zur Hebung nötigen Kraft liefern.

Sind Gefässverstopfungen die Ursache des Welkens, dann muss man die meisten leitenden Gefässe und Tracheiden zur Zeit des Welkens verstopft finden. Weniger zahlreiche Verstopfungen sind bedeutungslos, denn es wurde experimentell bewiesen, dass drei Viertel des Ast- oder Stammquerschnittes auf mehrere Dezimeter entfernt werden können ohne Welken herbeizuführen. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass zu Beginn des Welkens nennenswerte Verstopfungen gewöhnlich fehlten und dass diese somit den ungenügenden Wassertransport nicht verschuldet haben konnten. Da ferner die Verstopfungen nur an der Grenze der toten Strecke vorkommen, so steht die Stärke der Verstopfung in keinem Zusammenhang zur Länge der abgetöteten Zone; das Welken aber zeigt gerade das entgegengesetzte Verhalten, es erfolgt um so rascher, je länger die tote Strecke ist.

Den obigen Schlussfolgerungen wurde entgegengehalten, es seien Verstopfungen denkbar, welche der mikroskopischen Beobachtung entgehen. Suchen wir daher nach einer anderen Methode. So viel ist jedenfalls sicher, dass eine Verstopfung erst dann praktische Bedeutung hat, wenn sie den Wasserdurchtritt hemmt. Es muss also durch richtig ausgeführte Bestimmungen des Filtrationswiderstandes diese Schwierigkeit zu umgehen sein. Die vorliegenden Versuche haben nun gezeigt, dass der Filtrationswiderstand in lebenden und toten Aesten sich annähernd gleich verhält, und dadurch wird sehr wahrscheinlich gemacht, dass das Welken der Blätter durch sekundäre Veränderungen in den Gefässen nicht bedingt ist.

Es fragt sich zweitens ob nicht durch das Abtöten des Stengels auch die Wurzeln und Blätter geschädigt worden sind. Aus dem Frischbleiben der unterhalb der toten Zone gelegenen

Teile folgt, dass die Wurzel intakt blieb. Dagegen wird von *Dixon* und *Overton* behauptet es sei das Absterben und Welken der Blätter hauptsächlich auf plasmolysierende und giftige Substanzen zurückzuführen, die von den toten Partien herstammen sollen. Die Wiederholung dieser Versuche bestätigte jedoch diese Angaben nicht. Die vermutete Giftwirkung war in keinem Falle nachzuweisen und die Behauptung, dass Wasser über tote Stengelstrecken in ausreichender Menge geleitet werden könne, liess sich auf eine mangelhafte Versuchsmethode zurückführen.

Nach meinem Dafürhalten ist somit bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse die Annahme am wahrscheinlichsten, dass die lebenden Stengelzellen einen Teil der zur Wasserhebung nötigen Kraft liefern, und zwar nicht nur bei Bäumen und hohen Sträuchern, sondern auch bei Krautpflanzen. Ein absolut stringenter Beweis für die Beteiligung lebender Zellen an der Hebungskraft ist allerdings nicht erbracht.

Ueber die Art und Weise wie die lebenden Zellen an der Hebungskraft mitwirken dürften, sind verschiedene Möglichkeiten denkbar. Alle bisherigen Erklärungsversuche, die auf die Mitwirkung lebender Zellen sich gründen, haben versagt und die Zeit für eine Theorie, die wesentlich bessere Aussichten hat, scheint noch in der Ferne zu liegen.

Das Resultat zu dem wir gekommen sind, ist keineswegs angenehm, denn dadurch wird auch der so wichtige Vorgang des Saftsteigens zum Teil ein vitales Problem. Wo aber die Vitalität beginnt, da hört zur Zeit eine ausreichende Erklärung auf. Wir müssen zugestehen, dass nach zweihundertjähriger Arbeit der Mechanismus des Saftsteigens immer noch dunkel und rätselhaft ist. Aber eines haben wir trotzdem erreicht; ist auch bei dem ständigen Aufwärtsschreiten der Himmel gleich fern geblieben, so hat doch der Horizont sich wesentlich erweitert. Wir sehen deutlicher die Lücken, die noch auszufüllen sind, und die Wege, die uns unserem Ziele näher bringen können.

Ueber die 30-jährige Tätigkeit der Schweizerischen Erdbebenkommission

von

Dr. J. Früh.

Professor an der Universität Zürich

(Mit einer Karte und 7 Textfig).

Der Bericht verbreitet sich wesentlich über den Zeitraum 1880-1909 und behandelt:

a) Organisation;
b) Ergebnisse;
c) Aufgaben der Zukunft.

A. Organisation.

Auf Anregung der Herren Prof. Forel, Forster und Heim bildete sich 1878 anlässlich der Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Bern (siehe die Verhandlungen dieser Gesellschaft seit 1878) eine besondere Erdbebenkommission [1], nebst der 1879 in Italien verstaatlichten und der 1880 in Japan offiziell organisierten Institution die älteste dieser Art, welche sich am 31. März 1879 mit Kooptationsrecht konstituierte, mit Bern als Zentralstelle und Herrn Forster als Präsident. Die siebengliedrige Kommission entfaltete sofort eine energische Tätigkeit mit folgendem bis heute unverändertem *Programm:*

1. Sammlung aller auf Erdbeben in der Schweiz bezüglichen Dokumente und Vereinigung derselben in einem Archiv.
2. Sammlung von Berichten über die Erdbeben der Gegenwart.
3. Organisation von Erdbebenstationen, die mit speziellen Apparaten ausgerüstet sind, im Gesamtgebiete der Schweiz.

Sie redigierte zunächst in drei Sprachen die seither benützten

[1] Vergl. auch A. Riggenbach-Burkhardt, die Organisation der Erdbebenbeobachtungen in der Schweiz *(Bericht der I. internat. seismolog. Konferenz,* Beilage A. IX). Leipzig 1902.

Fragebogen für das Publikum, für dessen Verkehr mit der Kommission von den Bundesbehörden von 1882-1911 *Portofreiheit* gewährt wurde, verfasste eine *Instruktionsschrift* für freiwillige Erdbebenbeobachter in deutscher[1] und französischer[2] Sprache und teilte die Schweiz in folgende Beobachtungsgebiete ein:

1. Schaffhausen, Thurgau, Höhgau und Südschwarzwald: Herr Prof. J. Amsler-Laffon in Schaffhausen.
2. Luzern, Zug, Schwyz, Unterwalden und Tessin: Herr R. Billwiller, Sternwarte in Zürich.
3. Waadt, Wallis und Neuenburg: Herr Prof. F. A. Forel in Morges.
4. Bern und Freiburg: Herr Prof. A. Forster, Tellur. Observatorium in Bern.
5. Basel, Solothurn und Aargau: Herr Prof. Ed. Hagenbach-Bischoff in Basel.
6. Graubünden, St. Gallen, Appenzell, Glarus, Uri und Zürich: Herr Prof. Alb. Heim in Zürich.
7. Genf, Savoyen und Umgebung: Herr Prof. Soret in Genf.

Eifrig suchte man einfache Instrumente, Sismoskope, zu konstruieren, z. B.:

a) Verschiedene, stabile, metallene Zylinder, oben mit Gewicht. Dieselben fallen sehr regelmässig dem Stoss entgegen und dienen zur Richtungs- und vergleichsweisen Intensitätsbestimmung (Hagenbach).

b) Ein Pendel mit fünf kg Gewicht als stationäre Masse schreibt auf einen Papierstreifen (Forel).

c) Zwei in einiger Entfernung aufgestellte Pendelapparate sind durch elektrische Stromleitung verbunden. « Nur wenn beide Apparathälften in gleicher Zeit von einem Stoss affiziert werden, entsteht Stromschluss, Auslösen eines Arretierungsstiftes etc., nicht aber, wenn äussere Ursachen wirken », da diese nicht beide Pendel zugleich treffen werden.

[1] Alb. Heim, *Die Erdbeben und deren Beobachtung*, 8°, 31 S. Zürich 1879.

[2] F.-A. Forel, Les tremblements de terre et leur étude scient. (Extrait *Archives Sc. phys. Genève*, 3me période, t. 3, p. 261-288. 1880.)

Der Apparat zeigt Zeit, Richtung und Intensität an (Amsler-Laffon).

d) Vertikalapparat: Wagebalken mit Gewichtchen, deren eines eine Feder trägt (Amsler-Laffon).

e) Statt Quecksilberschale Lasaulx verwendet Forster zwei gekreuzte Quecksilber enthaltende Röhren, die an den Enden Ueberläufe haben. Resultate gut.

f) In einer Schale liegt eine mit nie trocknender Farbe bestrichene Kugel (oder Schale mit gefärbtem Glycerin). Bei Stössen gibt sie Ausschläge und zeichnet sie in die Schale. Richtung und Intensität werden aufgeschrieben (Heim).

Später werden in Italien konstruierte Tromometer geprüft.

Die Erdbebenkommission erweitert sich mehr und mehr, bis auf 15 Mitglieder (seit 1906). 1890 demissioniert Herr Prof. Forster als Präsident. 1892 tritt an dessen Stelle Herr Direktor Billwiller von der schweiz. meteorologischen Zentralanstalt in Zürich und es bilden die drei Zürcher Mitglieder den leitenden Ortsausschuss.

Archiv und Anfänge einer Bibliothek werden in der Zentralanstalt deponiert und die Jahresberichte erscheinen seit 1891 anstatt in den Jahrbüchern des tellurischen Observatoriums in Bern, in den Annalen der Zentralanstalt. Nachdem die schweiz. Eidgenossenschaft 1904 der internationalen Association beigetreten [1], fasste die Generalversammlung der Erdbebenkommission am 18. Juni 1905 folgende Beschlüsse:

1. La commission sismologique continue son activité comme par le passé.

2. Elle nouera une tractation avec la commission météorologique, plus spécialement avec l'institut météorologique pour organiser dans cet institut un secrétariat et des archives sismologiques. Elle demanderait à la confédération les crédits nécessaires.

3. Elle accepterait la fonction de représenter la Suisse vis-à-vis de l'association sismologique internationale.

[1] Die Schweiz hatte 1909 die Ehre, die dritte Versammlung der permanenten Kommission dieser Association in Zermatt zu empfangen mit Herrn Forel als Vizepräsident (*Comptes-Rendus* von de Kövesligethy, Budapest 1910).

Den 1. August 1905 wurde zwischen der Erdbebenkommission und der meteorolog. Zentralanstalt mit Zustimmung der meteorolog. Kommission eine provisorische Vereinbarung getroffen, mit Bezug auf Verwaltung des Archives, Publikation der Jahresberichte und das Sekretariat aus dem Personal der Anstalt.

Nach Billwillers Tod 1905 übernimmt 1906 der Berichterstatter die Leitung der Erdbebenkommission und bildet seither mit den Herren Vizepräsident A. Heim, Direktor Maurer und Sekretär Dr. de Quervain den Ortsausschuss.

Unsere Organisation ist für ausländische Staaten vielfach vorbildlich gewesen.

B. Ergebnisse.

I. Programmpunkt No. 1

ist durch *L. Rollier* teilweise erledigt in Abteilung « Seismologie » der Bibliographie géologique de la Suisse *(Mat. pour la carte géol. de la Suisse,* XXIX livr., IIme partie, Berne 1908), wo auf S. 770-790 etwa 300 auf den Zeitraum 1790-1900 fallende Drucksachen über schweiz. Erdbeben angeführt sind.

Die Chronik der Erdbeben in Graubünden bis zum Jahre 1879 hat A. Candreia speziell und in interessanter Weise bearbeitet (Bern, K. J. Wyss, 1905, 8°, 120 S.).

Unser *Archiv* enthält Dank der hochherzigen Schenkungen von Seite der Herren Forel, Heim und Früh nicht bloss die gesammelten Berichte, Karten, unsere Drucksachen, Akten, sondern eine überaus wertvolle, katalogisierte *Spezialbibliothek* von ca. 600 Bänden.

Die Erledigung von *Programmpunkt No. 2* kann am besten besprochen werden durch

II. Ergebnisse 30-jähriger makro-seismischer Erdbebenbeobachtungen.

Die Kommission stellte sich zur Aufgabe, durch ihre Mitglieder aus den letzteren zugeteilten Gebieten bestmöglichst durch Aufruf an das Publikum in den Tagesblättern, Verteilung von Fragebogen und Fragekarten Berichte zu sammeln, zeitlich getrennte und von mindestens zwei Personen bezeugte,

nicht durch andere lokale Ursachen (Wind, Erschütterung durch Wagenverkehr, Explosionen[1], Lawinen, Fall schwerer Körper u. a.) hervorgerufene Erschütterungen *statistisch* und *kartographisch* in Jahresberichten zu verarbeiten. Man legte grossen Wert auf Bestimmung objektiver Stossrichtungen, Verifikation der Zeitangaben nach der Telegraphen-Uhr (wofür 1907 für die Beobachter eine kurze Anleitung in deutscher und französischer Sprache gedruckt worden ist — vgl. *Verh. der Schweiz. Naturf. Ges.*, Glarus, 1908, S. 68), mehr und mehr auf möglichst rasche Korrespondenz mit Beobachtern für nötig werdende Korrigenda und Präzision von Angaben. Ferner versuchte man die Erschütterungsgebiete durch negative Berichte möglichst genau abzugrenzen und vom Ausland in die Schweiz verpflanzte Beben als allochthone besonders zu bemerken, überhaupt die Grenzgebiete möglichst zu kontrolieren. Die im Lande zerstreuten *Sismoskope* oder *Seismometer* etc., in Genf, Morges, Lausanne, Büren a/A., Bern, Basel, lieferten sparsame Daten, seit Jahren sehr gute das im Bernoullianum in Basel mit der astronomischen Uhr verbundene Seismometer (siehe unten III. Programmpunkt).

Die von Forel 1879 vergeschlagene *Intensitätsskala*, später mit derjenigen von Rossi vereinigt, ist seit 1883 angewendet und den Jahresberichten je beigedruckt worden.

Im Ganzen dürften *bis 1909 rund 7000 Berichte* verarbeitet worden sein von den Herren Forster, Forel, Früh, Heim, Hess, De Quervain, Soret, Tarnuzzer. Ueber die 12-jährige Tätigkeit gebe ich eine Uebersicht in den *Annalen der Schweiz. Meteor. Zentralanstalt*, über die 25-jährige in den *Verh. der Schweiz. Naturf. Ges*, 1905, Luzern 1906.

Alle Publikationen würden etwa einen Quartband von 450 Seiten mit 16 Tafeln darstellen[2].

Dass die Beschreibungen innerlich nicht ganz homogene sein können, hängt ja in erster Linie von dem Eifer der bestimmte

[1] Besonders interessant war die meistens als Erdbeben aufgefasste Schallverbreitung der Dynamitexplosion an der Jungfraubahn. 15. IX. 1908 (siehe Dr. de Quervain, *Annalen der met. Zentralanstalt*, 1908).

[2] Die Gesamtausgaben für Archiv und Bibliothek, Drucksachen und Publikationen belaufen sich von 1879—1909 auf rund 5500 Franken.

Monatliche Verteilung der Erdstösse 1880-1909

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
1880	5	5	—	2	7	5	10	1	10	—	—	1	46
1881	15	17	17	1	—	11	9	7	3	4	69	21	174
1882	5	8	5	3	2	—	5	—	1	4	—	11	44
1883	8	3	3	—	2	—	1	2	2	—	1	9	31
1884	—	3	2	3	—	4	4	2	1	—	12	3	34
1885	3	1	7	12	2	10	—	—	1	—	7	3	46
1886	5	1	1	—	1	—	2	1	8	—	11	5	35
1887	6	14	20	5	3	4	—	3	1	3	1	5	65
1888	5	18	5	1	3	4	—	2	1	—	1	—	40
1889	11	—	—	6	1	—	—	—	1	—	—	—	19
1890	5	4	1	11	—	—	—	—	1	—	—	3	25
1891	7	3	1	2	—	2	—	2	—	3	—	5	25
1892	2	2	1	2	—	—	3	5	—	—	—	1	16
1893	3	1	5	3	3	1	2	—	1	—	—	1	20
1894	2	6	—	—	—	—	1	—	4	2	2	2	19
1895	1	—	1	4	1	1	1	6	3	1	4	1	24
1896	3	—	1	4	4	2	2	—	2	3	—	1	22
1897	3	1	1	—	3	2	1	1	12	2	1	3	30
1898	1	7	4	7	5	1	—	—	—	1	1	1	28
1899	—	2	—	—	—	—	1	1	3	—	—	1	8
1900	1	—	—	—	1	1	—	1	1	1	—	1	7
1901	—	8	1	1	1	—	1	—	—	3	2	2	19
1902	4	—	—	1	1	1	2	—	—	—	—	2	11
1903	2	3	1	1	—	2	1	1	5	1	3	—	20
1904	1	1	2	—	1	2	—	4	—	1	—	2	14
1905	—	—	1	8	5	—	1	2	4	3	1	28	53
1906	10	—	2	1	—	2	1	—	—	1	5	11	33
1907	3	3	11	5	1	1	4	4	2	3	2	1	40
1908	2	—	1	—	3	—	—	—	—	—	1	5	12
1909	7	14	2	2	—	1	—	1	2	3	3	3	38
1880-1909	120	125	96	85	50	57	52	46	69	39	127	132	998

Gebiete überwachenden Mitglieder und von der Kultur des Publikums ab. Im Allgemeinen muss letzterem volle Anerkennung und Dank gezollt werden. Dass den Darstellungen ein gewisser Subjektivismus anhaftet über diese oder jene Taxation, ist zu erwarten. Die folgende Statistik ist daher mit ihren entsprechenden Fehlern entgegenzunehmen. Immerhin lässt sich hinsichtlich der Zahl der Erschütterungen sagen, dass sie sicher eher zu klein als zu gross erscheint und dass die Tabellen erst nach einigen Korrekturen angefertigt worden sind.

Es zeigt sich auch in unsern Zusammenstellungen die so häufig konstatierte *Periodizität der Erderschütterungen*, ein Vorherrschen in der Nacht und im Winter, ein Zurücktreten am Tage und im Sommer. Ob dieses auf nicht instrumentelle Wahrnehmungen gegründete Ergebnis als absolute Tatsache aufzufassen ist, müssen spätere Zeiten lehren. Es darf darauf aufmerksam gemacht werden, dass Personen in der Ruhelage für seismische Beobachtungen viel geeigneter sind als während der Beschäftigung.

Nach der Tabelle sind in *30 Jahren 998 Erschütterungen* zur Anzeige gekommen, durchschnittlich deren 30. Sie verteilen sich auf die Jahreszeiten wie folgt (Winter = I + II + XII des gleichen Jahres):

Winter	Frühling	Sommer	Herbst
377	231	155	235
37.8 %	23.2 %	15.5 %	23.5 %

Auf die *Tagesstunden* verteilt:

0—1 Uhr am.	65	12—1 Uhr pm.	14
1—2 » »	70	1—2 » »	23
2—3 » »	79	2—3 » »	21
3—4 » »	80	3—4 » »	13
4—5 » »	77	4—5 » »	24
5—6 » »	72	5—6 » »	36
6—7 » »	45	6—7 » »	24
7—8 » »	34	7—8 » »	25
8—9 » »	16	8—9 » »	36
9—10 » »	17	9—10 » »	55
10—11 » »	18	10—11 » »	55
11—12 » »	38	11—12 » »	61

Nennt man nach A. Forsters Vorschlag, der bisher in unsern Jahresberichten befolgt worden, die Zeit von 8 Uhr a.m. bis 8 Uhr p.m. diejenige der Tätigkeit, diejenige von 8 Uhr p.m. bis 8 Uhr a.m. diejenige der Ruhe des Beobachters, so bekommt man (für alle Jahre bestätigt) in den 30-jährigen Aufzeichnungen zu folgenden Ergebnissen:

8 Uhr pm. — 8 Uhr am. : 729 Erschütterungen oder 73 %
8 » am. — 8 » pm. : 269 » » 27 %
Jahr 998

Erdbeben 1880—1909.

Wir unterscheiden zwischen *autochthonen schweizerischen* mit Epizentrum des Erschütterungsgebietes in der Schweiz (S) und *allochthonen* oder *ausländischen*, in die Schweiz fortgepflanzten Erdbeben (A).

Die Zusammenstellung ergibt für die 30 Jahre, die Monate und Jahreszeiten:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	30 Jahre
S	24	22	16	15	9	11	10	14	17	11	21	25	195
A	5	2	2	8	1	2	—	2	3	3	5	3	36
	29	24	18	23	10	13	10	16	20	14	26	28	231

Auf die Jahreszeiten verteilt:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst
81	51	39	60
35 %	22.1 %	16.9 %	26 %

Auf besonderer beigelegter Karte sind die *Schüttergebiete* der Beben 1880—1909 dargestellt, reduziert von 1 : 500,000 [1].

Zunächst sei daran erinnert, dass die Grösse derselben keineswegs in geradem Verhältnis zur Intensität steht. Durch das Berner Beben vom 27. Januar 1881 wurden bei einem Areal von 20,000 km² innerhalb der Bundeshauptstadt mehr als 100 Kamine abgeworfen; um Freiburg fielen bei einem Schütterge-

[1] Bereits 1905 habe ich die Darstellung der Areale 1880–1909 in 1 : 250,000 vorgewiesen.

biet von 3770 km² Kamine und Ziegel herab. Sehr heftige Beben traten wiederholt ein um St. Blaise und Grandson innerhalb 1880 km². Gebäude sind selten beschädigt worden; insbesondere wirken die Holzhäuser der Bergregion meistens als ein elastisches Ganzes.

Für Einzelheiten, wie sie sich ja überall repetiren, muss auf die Jahresberichte verwiesen werden. Risse an Gebäuden und im Erdboden sind gelegentlich konstatirt worden, Anschlagen der Kirchenglocken; allgemeines Erschrecken der Bewohner und Verlassen der Häuser, Auslösen von kleineren Erdrutschungen, Lawinen, Gletschersturz (Glacier du Trient, anlässlich des Walliser Bebens, 13. August 1905), Versiegen, Wiederauftreten erloschener und Trübung von Quellen; Zerspringen von Eisdecken auf Seen und lokale Wellenbildung bei ruhiger Atmosphäre. Wiederholt sind die Beben von Personen im Freien und zwar bei verschiedenster Form der Tätigkeit wahrgenommen worden. Stets wird auf Erdbebengeräusche vor und nach dem Beben aufmerksam gemacht.

Sehr interessant ist die physiologische Tatsache, dass einzelne Personen beider Geschlechter eine fast staunenswerte Empfindlichkeit für Bodenbewegungen haben, wirkliche Sismoskope darstellen.

Das Verhalten der Tiere bei Erdbeben stimmt mit den Wahrnehmungen in andern Ländern überein.

Wie die Karte zeigt, sind die Areale der Schüttergebiete ausserordentlich verschieden. Mehr als 40 % derselben umfassen unter 5 bis 100 km², 30 von 1000 km² an aufwärts bis über 80,000 km².

Speziell vom geologischen Standpunkte aus können Form und Verteilung der Gebiete in Verbindung mit der Intensität, den Eintrittszeiten und Richtungen der Erdstösse Anlass geben, auf Ursachen der Erdbeben zu schliessen. Dabei sollte allerdings die gesamte Seismizität, d. h. die Summe aller auf der Karte nicht abgebildeten Einzelstösse, ganz lokaler Erdschütterungen in Betracht gezogen werden. Auf alle Fälle dürfen Schlussfolgerungen nur mit Vorsicht gemacht werden, so lange wir nicht viele, exakte Zeitbestimmungen besitzen und deshalb augen-

blicklich die Herdtiefe nicht hinreichend feststellen können.

Unter diesen Voraussetzungen könnte man unsere Erdbeben gruppiren in:

1. Folge von *Senkungen* auf Deltas an Seen (Vevey, Zürichhorn).

2. Zu gerne ist man versucht, Lokalbeben in Kalkgebieten auf *Einstürze* in höhlenreichen Gegenden zurückzuführen z. B. Val-de-Ruz, Schuls, Simmental, La Chaux-de-Fonds 20. I 1908 u. a. Orte. Darf man die Möglichkeit nicht abweisen, speziell an und westlich des Neuenburgersees in Erinnerung an konstatierte Niveauänderungen von Orten auf schweizerischem und französischem Gebiete, so darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass der Jura doch auch ein gestautes Stück Erdrinde ist, dass Erdbebengewitter und Erdbebenschwärme wie vom 25. I. — 13. II. 1909 in Neuchâtel, Peseux, Cormondrèche, la Chaux-de-Fonds auch in petrographisch anderen Gebieten auftreten, beispielsweise als Nachbeben vom 25. und 26. Dez. 1905 und 1. I. — 25. I. 1906 in Chur und Umgebung.

3. Die meisten unserer Erdbeben dürften *tektonische Beben* (*Dislokationsbeben*) sein, deutlich in 4—5 «*habituellen Stossgebieten*» (O. Volger.) auftretend:

a) Veltlin und Engadin.

b) Mittelbünden-Chur-St-Gallisches Rheintal.

c) Unter Wallis und Winkel zwischen Jura und Alpen.

d) Gebiet der Juraseen, speziell Grandson-Neuchâtel-St-Blaise. Auffallend ist aus neuerer Zeit (30. III. 1907) ein in der Stadt Neuchâtel allgemein verspürtes Beben, das nur noch in La Coudre, Valangin und dem Delta der Areuse beobachtet wurde.

e) Deutlich macht sich eine aus dem Rheintalgraben über Basel ziehende, alte Stosszone bemerkbar, gingen doch von einem am 22. Mai 1901 aus dem Oberelsass verpflanzten Beben in der Stadt Basel 60 Berichte ein aus dem Gebiet Missionsstrasse-Südende der Wettsteinbrücke. Am 15. X. u. 30. XII. 09 wurde Basel wieder von Beben berührt.

Dass Spannungen innerhalb der Erdkruste durch oberfläch-

liche Entlastung leichter ausgelöst werden können, speziell durch synchron eintretende *Barometerdepressionen*, ist schon mehrfach betont worden, unter anderem auch für die Erschütterungen am 27. April 1907 von Schleitheim bei Thayngen.

Manche Erscheinungen deuten auf «*Relaisbeben*», aber auch auf die Möglichkeit von «*Flächenbeben*» hin, das heisst die gleichzeitige primäre Bewegung grösserer Stücke der Erdrinde. Die Zeitangaben sind für eindeutige Schlüsse noch zu ungenau.

III. Programmpunkt N° 3.

Errichtung der Schweiz. Erdbebenwarte in Zürich.

Einleitend ist die rege Tätigkeit für Aufstellung von Instrumenten erwähnt worden. Die Durchführung des dritten Programmpunktes zeigte bald die grössten Schwierigkeiten. Ein durch Prof. Thury auf der Sternwarte in Genf aufgestellter Seismograph funktionirte bald nicht befriedigend; ein gründlicher Umbau desselben scheint zu kostspielig zu sein.

Die für Bern und Basel à 50 frs. angeschafften Tromometer ergaben keine befriedigenden Resultate[1]. Am besten arbeitet das im Bernoullianum in Basel aufgestellte, vom Mechaniker Büchi in Bern nach den Angaben der Erdbeben-Kommisson erstellte *Seismometer*, « das durch elektrische Auslösung einer Uhr den ersten Moment eines horizontalen oder vertikalen Erdstosses aufzeichnet[2] ».

Die später überall in zahlreichen Formen gebauten *Seismographen*, zeigen nun auf den Seismogrammen, besonders in den Telesismogrammen, mehrere Phasen, Vorphasen, Hauptphase etc. so dass auch die Zeitangabe eines Seismometers insofern unsicher ist, weil man nicht exakt weiss, ob das Instrument ausschliesslich durch die Hauptwelle ausgelöst worden ist.

Erfreulich war daher die erste Aufstellung eines Seismogra-

[1] A. Riggenbach-B. a. a. O. S. 169.

[2] A. Riggenbach, die Erdbebenaufzeichnungen der astr.-met. Anstalt im Bernoullianum zu Basel 1888-1903. Basel 1903 S. 1 und spezielle Beschreibung des Apparates von R. Ehlert in Gerland. *Beitr. zur Geophysik*. Bd. III. S. 457.

phen in der Schweiz, System Bosch-Omori, in Davos durch Herrn Dr. Dietz in Davos 1907.

Bedauerlicherweise scheint das Pendel seit 15. Jan. 1908 ausser Funktion zu sein und waren unsere Nachfragen erfolglos.

Die Anstrengungen der Erdbeben-Kommission, eine mit *Registrirapparaten versehene Erdbebenstation* zu errichten, reichen bis 1902 zurück und zwar auf eine bezügliche Eingabe an die schweiz. meteorologische Kommission im Sinne einer Anlehnung an die met. Centralanstalt, nahm dann greifbarere Formen an mit Beibehaltung dieses Prinzipes seit dem Beitritt der schweiz. Eidgenossenschaft zur internationalen Association, und entsprechenden Bundesratsbeschlüssen.

Nachdem von einem hochherzigen Gönner für Errichtung einer Erdbebenwarte in Zürich Fr. 10,000 gespendet worden, bemühte sich der Ortsausschuss, an Ort eine einfache Stätte zur Aufstellung von einem Instrument zu finden (Sternwarte, Umgebung der Blindenanstalt, subterrane Räume des eidg. Physikgebäudes), doch zeigte sich keine unsern Voraussetzungen entsprechende. Nach Beratungen der Bauten und Betriebe mit Göttingen, Leipzig, Durlach, Freiburg i. B., Strassburg, Hohenheim (Württ.) und München entschloss man sich für einen einfachen Bau auf der Wiese vor dem Physikgebäude, wofür Herr Prof. Dr. Lasius uns in uneigennütziger Weise die Pläne anfertigte. Das Häuschen, aussen 9.8 × 5.8 m. umfasste ein Vorzimmer 1.7 × 3.2 m., ein Arbeits-Kabinet 2.7 × 2.65 m. und einen Instrumenten-Raum von 4.5 × 5 m. mit 2 Pfeilern à 1.75 × 1.35 m. und 0.8 × 0.8 m. Als Instrument war ein Wiechert oder Bosch vorausgesehen. Kosten für Gebäude und Instrumentarium 19—20000 Fr. (s. Verh. der schweiz. nat. Ges. in Freiburg 1907 S. 59). Die Erdbeben-Kommission beschloss am 30. Juli 1907, die Erdbebenstation in Zürich in Anlehnung an die schweiz. met. Zentralanstalt zu erstellen (v. Verh. Glarus 1908 S. 67) und der Bundesrat fasste am 25. August 1908 nach vorausgegangener Beratung mit der schweiz. met. Kommission den Beschluss, uns eine am 13. IX. 1907 nachgesuchte Subvention von Fr. 12,000 zu gewähren, den Bau durch seine Organe ausführen zu lassen, dabei betonend, dass das Gebäude schon deshalb Eigentum

des Bundes werde, weil es auf eidg. Terrain erstellt werde (Schweiz. Bundesblatt Nr. 46, 11. XI. 08.)

Der Plan scheiterte binnen Jahresfrist an dem drohenden zunehmenden Wagenverkehr und baulicher Ausdehnung der Stadt.

Besuch und Information in Göttingen führten entscheidend zur notwendigen Verlegung der Station, fern von den nahen Motoren des Physikgebäudes. Die Wahl kam auf eine Molasse-Felspartie NNE Forsthaus Degenried innerhalb der städtischen Waldungen am Hirslanderberg (östlich Grand Hôtel Dolder) auf Grund eines Vertrages mit der Stadt Zürich dat. 21. Juli 1909, wonach uns auf unbestimmte Zeit und unentgeltlich ca. 600 m² Land zur Verfügung gestellt, eine Zufahrtsstrasse gebaut,

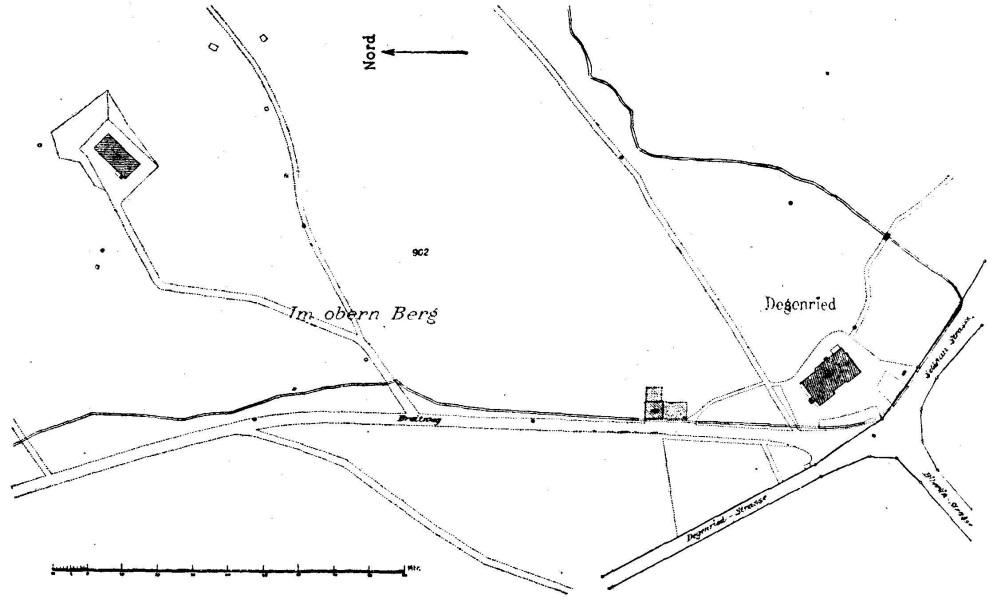


FIG. 1. — Situationsplan der Erdbebenwarte, NNE des Forsthauses Degenried, mit Massstab von 100 m.

unentgeltliche Benützung von Quellwasser und Telephonanschluss im Forsthaus gestattet wurden. Die Forstverwaltung gab die Erlaubnis, den dortigen Stadtförster gegen angemessene Entschädigung zur täglichen Aufsicht in Dienst stellen zu können. Zu dieser Aenderung gab das eidg. Departement des Innern seine Sanktion (dat. 30. III. 1909) nach Zustimmung der eidg. Bauinspektion und der schweiz. meteorolog. Kommission.

Ein Besuch in München und die mit Erfolg auch in Bochum erstellte freie (statt unterirdische) Erdbebenwarte führten den

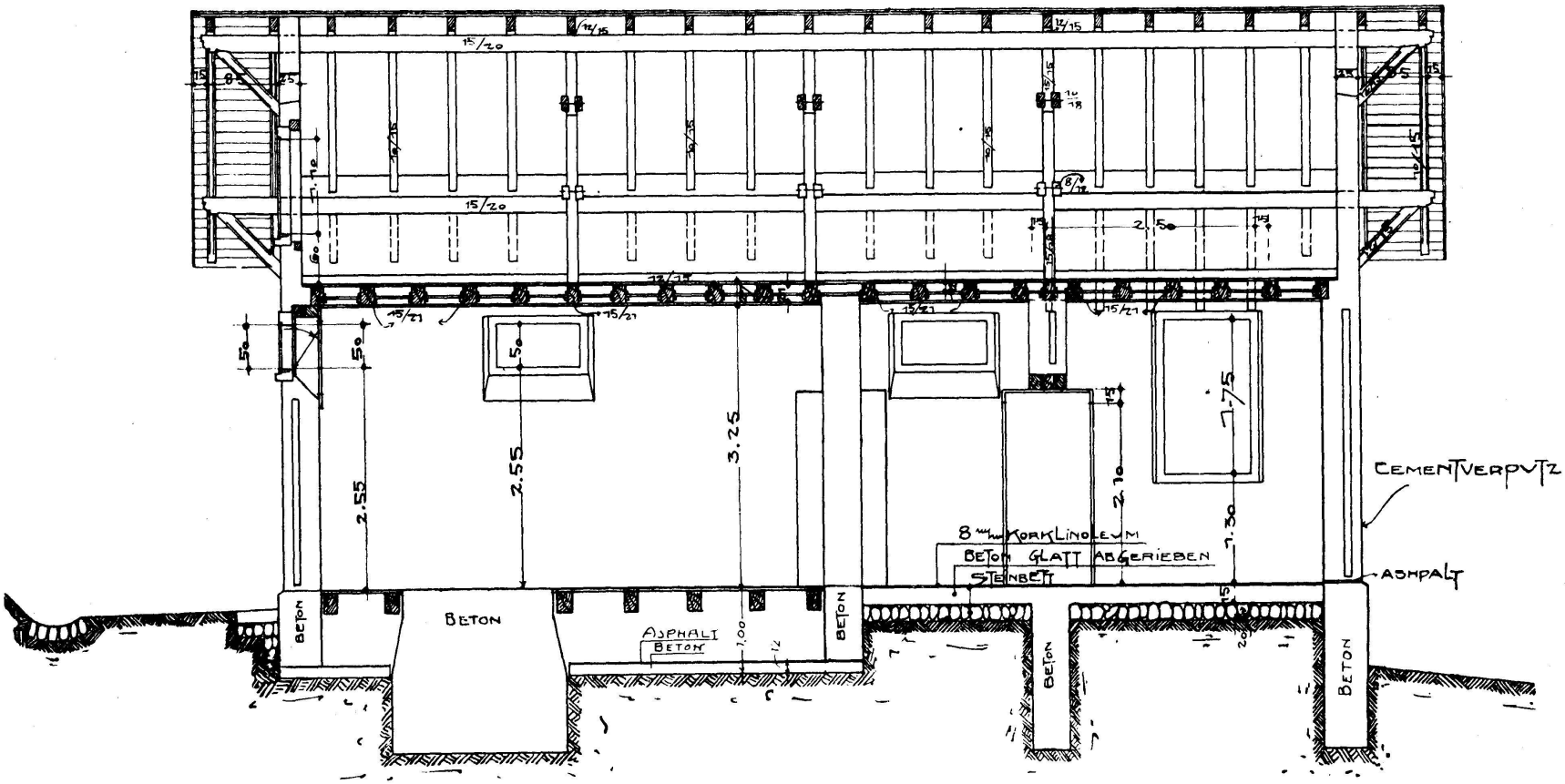


FIG. 2. — Längsschnitt der Erbebenwarte NE-SW ca 1 : 108. — Der grosse Beton ist der Instrumentenpfeiler. Links am Gebäude Drainage, dann abgeschrägter Vorplatz und Abfuhrschale der Niederschläge.

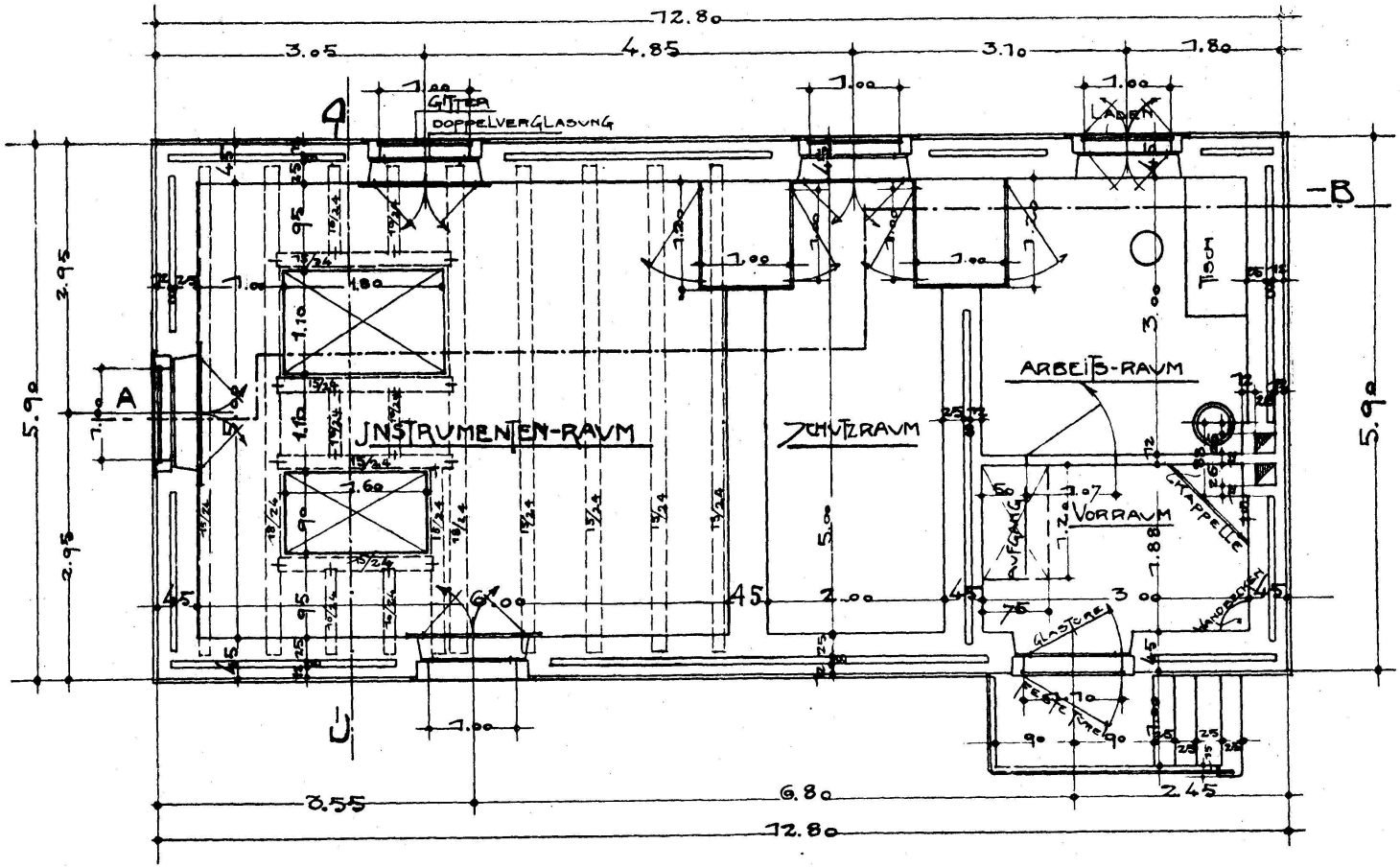


FIG. 3. — Erdgeschoss, ca 1 : 112. — Treppe, Vorraum, Arbeitsraum, Schutzraum (Uhr, Telephon), Instrumentenraum mit 2 Pfeileroberflächen; oben für «Mainka», unten für «Wiechert».

Ortsausschuss in Verwertung der beiden Einrichtungen zu dem *neuen Plan*, welcher durch die eidg. Bauinspektion ausgearbeitet und nach weiteren Beratungen, auch mit der Zentralstation in Strassburg, von derselben ausgeführt worden ist.

Die *Warte* (mit Gebäude Nummer 757) liegt in direkter Entfernung 225 m NE des Forsthauses Degenried (Zürichberg) und in 77 m vertikalem Abstand von der 3.5 m breiten wenig befahrenen Waldstrasse « Breitweg ». Nach Erfahrungen aus Göttingen wirken Tram und Landstrasse bei 50 m Distanz noch schwach, bei 100 m. nicht mehr störend auf gutem Boden. Auf Diluvium spürt man (in Hamburg) noch jeden Milchwagen. Rings herum und auf grosse Entfernungen ist Wald. Längsaxe des 12.8 × 5.9 m messenden Gebäudes NE — SW, angepasst an die von Herrn Prof. Dr. Wolfer am 5. September 1909 in verdankenswerter Weise abgesteckte Meridianlinie. Auf der NW-Seite des Sockels, nahe der Freitreppe, ist ein Bronzebolzen des Präzisionsnivellements des musterhaften Stadtplanes Zürich mit Côte 607, 414 m ü. M. Geographische Coordinaten : 47° 22′ 7,2″ n. und 34 m., 19.3 s. E. Gr. (siehe Fig. 1).

In einen verlassenen Molasse-Steinbruch gesetzt, verlangte die Erstellung des Bauplatzes ziemlichen Abraum. Durch Sickerdohlen ist er in eine Trockeninsel verwandelt. Durch das 1 m vorstehende Satteldach und freien, auf 2.3 m schräg nach NE SE und NW zu Steinschalen abfallenden Umraum mit Gesamtentwässerung nach SW sind die Hydrometeore möglichst abgeleitet. Wie die Fig. 2 bis 4 zeigen, zerfällt der eingeschossige einfache Bau in 4 Räume: Vorraum 3 × 1.88 m und anstossender Arbeitsraum 2.25 × 3 m auf der SW- Breitseite; dann je die ganze Breite einnehmend und nach N E anstossend der « Schutzraum » oder Uhren- und Telephonzimmer 2 × 5 m und hierauf der Instrumentenraum 6 × 5 m. Die 3 ersteren haben direkt über der dortigen schlechten Molasse einen Steinboden, darüber einen Cementboden, in Arbeits- und Schutzraum je mit Linoleum-Uberzug.

Der Instrumentenraum ist auf ca 1 m unterkellert[1]. Mit Aus-

[1] Eine Durchlüftung dieses Raumes wurde nachträglich erstellt.

nahme des Pfeilerblocks ist die ganze Sohle mit 12 cm Beton und darüber mit Asphalt belegt, auch unter dem Gebäudesockel. Die Oberseiten des Betonsockels sind rings um das Gebäude herum (unter den Gebäudemauern) mit Asphalt- Isolierplatten bedeckt.

Die 45 cm dicken Mauern bestehen aus Langlochsteinen mit äusserem Cementverputz. Es folgen von aussen nach innen: 12 cm Mauerwerk, 8 cm Torfmullfüllung, 25 cm Mauer mit weissem Verputz. Die Zwischenwand zwischen Uhrenzimmer und den beiden Vorzimmern entbehrt des Mulls.

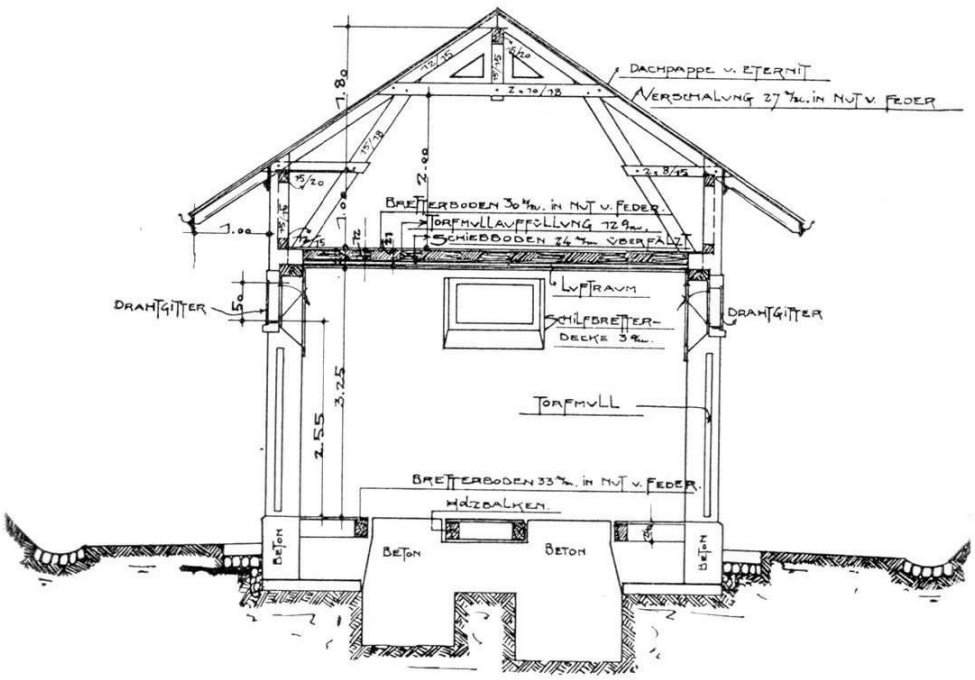


FIG. 4. Querschnitt des Gebäudes ca 1 : 135. — Zweiköpfiger Betonpfeiler, oben Fenster, aussen Plattform mit Schale.

Im Instrumentenraum ist statt eines Hängebodens ein gewöhnlicher Gebälk- und Bretterboden. Eine 3.1 m lange und bis 1.85 m hohe pyramidal nach oben abgeschrägte Betonplatte ragt an den Enden 32—85 cm frei über den Fels als Pfeiler hervor, letztere unter sich 1,1 m, nach SE und NW je 95 cm von den Wänden und nach NE 1 m von der Wand entfernt.

Der S E-Pfeiler trägt innerhalb einer Fläche von 110 × 180 cm und nach dem Präzisionsnivellement in 607, 604 m ü. M.

den *Seismographen System Dr. Mainka,* «das grosse bifilare Kegelpendel» mit je 4—500 Kgr. stationärer Masse der beiden *Horizontalkomponenten*, Vergrösserung bis 200, mechanischer Registrirung und einer Verschiebung der Registrirtrommel um

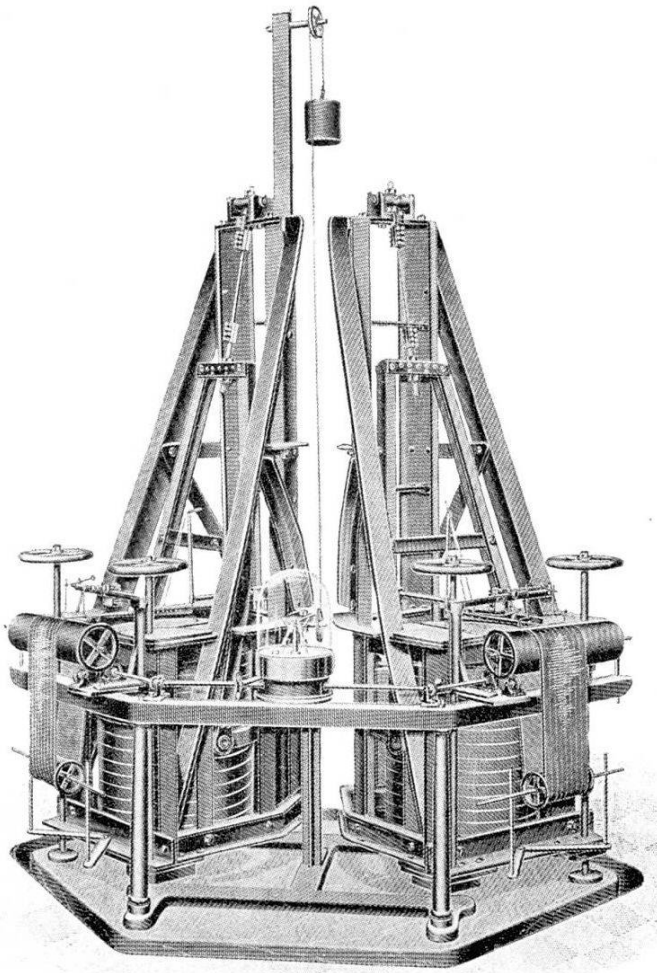


Fig. 5. — Horizontalseismograph Mainka. Zwei gusseiserne Gestelle mit je zwei Stellschrauben, tragen an einem Stahldraht je eine Componente mit aus Eisenscheiben aufgebauten stationären Massen von je 400 kgr. Rechts N-S = Comp. links E-W = Comp. mit Schreibfedern, Registrirrollen auf Aluminiumwalzen, deren verlängerte Axen sich rechwinklig schneiden würden. Zwischen beiden Triebwerk, oben Gewichtsantrieb.

30 mm per Minute (Fig. 5). Auf der 90 × 160 cm messenden Fläche des NW-Pfeilers steht 607. 605 m ü. M. der kleine *Vertikal- Seismograph von Wiechert* (N. 183 des Kataloges der Mechaniker Spindler und Hoyer in Göttingen) mit 80 Kgr. stationärer Masse (Fig. 6).

Beide Apparate haben besondere Schutzkasten aus Lärchenholz mit Fenstern.

Durch diese Anordnung ist für die Zukunft ein grösserer Platz für andere Instrumente reserviert.

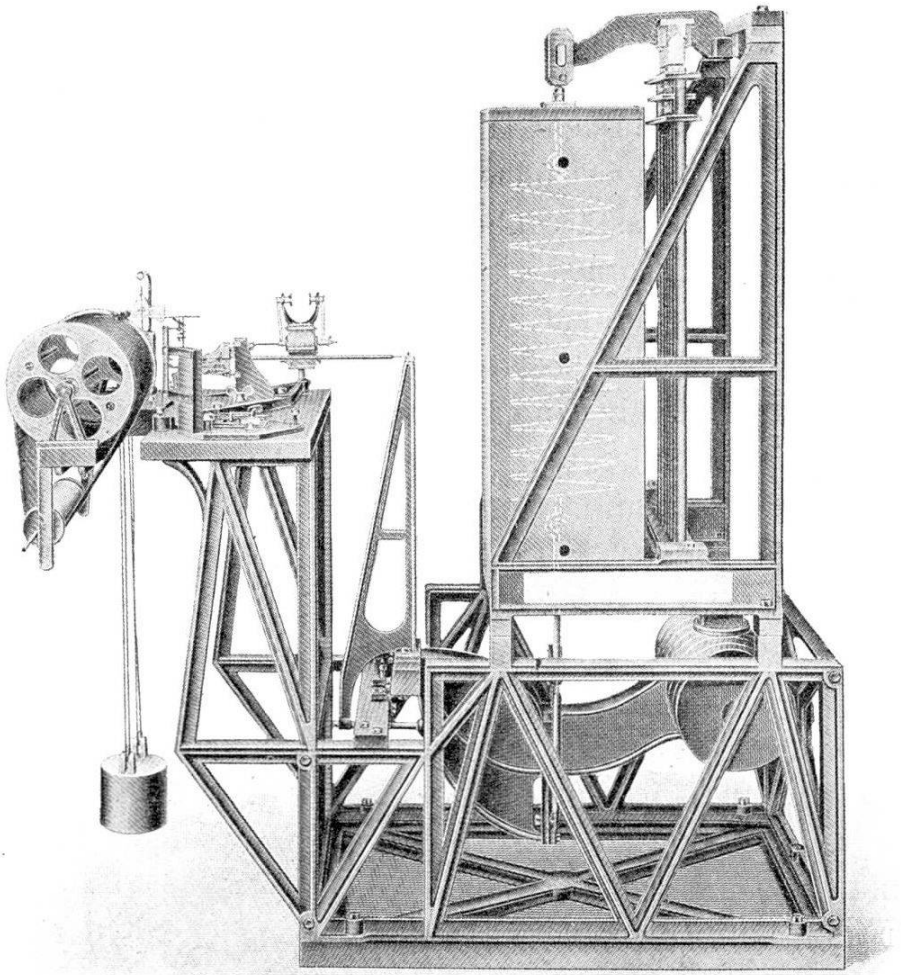


Fig. 6. — Vertikalseismograph Wiechert. Eine mit Spannung von 160 kgr. aufgehängte Spiralfeder von 14 mm Dicke führt zur Mitte des Horizontalhebels mit 80 kgr. stat. Masse. Links Triebgewicht, Schreibapparat, Dämpfung. Dicht rechts der Spirale Zink-Eisenrost zur Temperaturcompensation.

Die Decke der 3.25 hohen Räume hat folgende Konstruktion: Zunächst unter dem engen, 21 cm hohen Balkwerk 3 cm dicke, unten weiss verputzte Schilfbretter; es folgen zwischen den Balken: 8-6 cm Luftraum, 2-4 cm Holzboden, 10 cm Torfmull;

endlich über dem Balkwerk ein 2.7 cm dicker Bretterboden. Der 1.8 m hohe Dachraum ist durchlüftbar und besitzt im NE ein vergittertes Fenster (Fig. 2).

Das Dach besteht aus einer guten Holzverschalung, darüber Holzpappe und aussen Eternitplatten, welche zugleich gegen unberufenen Steinwurf widerstandsfähig sind.

Eine bewegliche Leiter führt vom Vorraum durch eine verschliessbare Lucke in den Dachraum.

Eine sich nach aussen öffnende massive Türe und eine nach innen bewegliche Glastüre (über welchen ein vergittertes, schmales Fallfenster angebracht ist), führen in den sonst fensterlosen *Vorraum* mit Kapelle zur Berussung und Fixirung der Registrirstreifen, mit Waschbecken und Abschlusshahn bei Winterkälte, Kästchen für Brennmaterialien.

Eine Glastüre führt in den Arbeitsraum mit Ofen (mit besonderem Kamin), Schrank für Seismogramme, Tisch, Stühlen. Erhellt wird es durch ein gewöhnliches 1.75 m hohes Doppelfenster, verschliessbar nach aussen durch starke Jalousieläden, deren oberstes Feld durch feine Gitter ersetzbar sind, wodurch die beiden Räume bei geschlossenem Gebäude eine gewisse Ventilation besitzen. Durch einen Windfang mit 2 Türen (Schleusenkammer) kommt man in das *Telephon- und Uhrenzimmer* mit Batteriekasten und Pult. Es wird durch eine 50 × 100 cm grosse Oeffnung oben in der SE-Wand erhellt: Aussen Drahtgitter, dann nach innen klappbares Fenster aus Doppelglas, Luftraum, dann inneres Fenster. Das schwedische Telephon dient insbesondere zur wöchentlichen Zeitvergleichung der Präzisions-Uhr der Firma Ch. Rosat in Le Locle (mit Relais zum Auftrage der minutlichen Zeitmarken — Abhebung des Schreibhebels auf die Registrirstreifen). Durch einen zweiten Windfang erreicht man den Instrumentenraum mit je einer bereits beschriebenen Zufuhr von Tageslicht im SE und NE. Das innere Fenster hat Diamantglas.

Auf diese Weise hofft man die Temperaturschwankungen gering zu erhalten. Gegen die Feuchtigkeit wird jetzt noch mit Chlorcalcium gekämpft und ist auf Empfehlung von Herrn Prof. Hecker in Strassburg noch eine *besondere Ventilationsein-*

richtung angebracht worden, obschon weder München noch Bochum eine solche besitzen. Um besonderen Verhältnissen, wie sie im Frühjahr namentlich eintreten können, zu genügen, sind im Uhren- und Instrumentenzimmer, an je einer Stelle direkt über dem Boden (Fig. 7) nach aussen und innen communizirende (und verschliessbare) Kasten von 30 × 40 × 25 cm

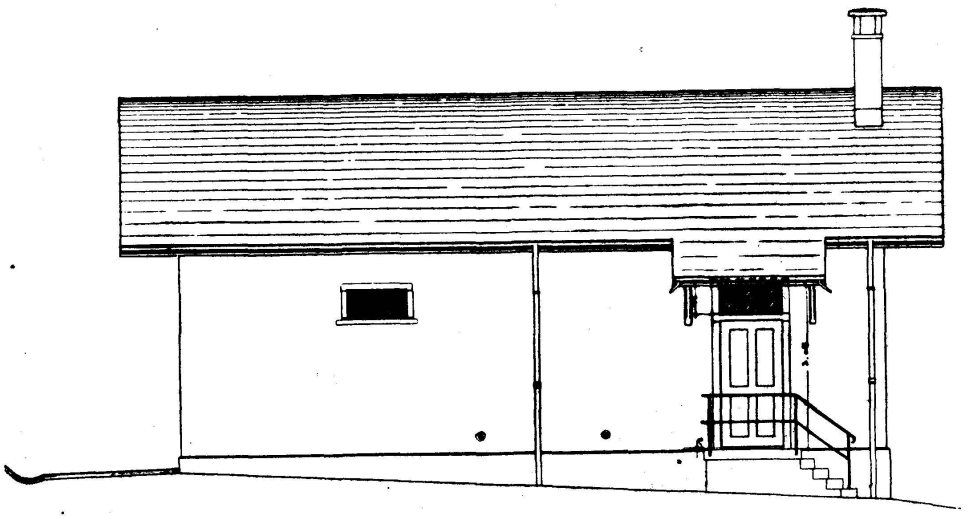


Fig. 7. — NW = Ansicht der Warte ca 1 : 200. — Treppe, Vordach, zwei vergitterte Fenster. Zwei Ventilationslöcher über dem Betonsockel.

mit $CaCl_2$ Gestellen eingefügt; über letztern wird die aspirirte Aussenluft getrocknet. In der NE × SE-Ecke, im Niveau von 2,8 m über dem Boden, beginnt die durch eine sechs Liter haltige Petrollampe angetriebene Aspirationsröhre, welche durch die Decke und daselbst in die Nähe des oberen Fensterrandes des Dachraumes führt. (Fig. 7 zeigt, 45 cm links von der Treppe, den Nivellementsbolzen, in 176 cm Abstand. die trichterförmige Mündung des ersten, in 405 cm Distanz, diejenige des zweiten Aspirationskästchens.)

Die SW-Seite oder Wetterseite des Gebäudes trägt ein (schwarzes) eidgenössisches Kreuz und in schwarzen Emaillettern die Inschrift:

Schweizerische Erdbebenwarte.

Nachdem der von Spindler und Hoyer in Göttingen geschaffene Wiechert'sche Vertikalseismograph und der von Bosch in

Strassburg erstellte Mainka-Apparat von der k. Hauptstation für Erdbebenforschung durch das ausserordentliche Entgegenkommen des Direktors, Herrn Prof. Hecker, mit günstigem Resultat geprüft worden, übernahm die schweizerische meteorologische Zentralanstalt in verdankenswerter Weise die Montirung und Installation der seit dem 24. Dezember 1910 angekommenen Instrumente, speziell unter Leitung von Herr Dr. de Quervain. Letzterer hatte vorher der Demontirung des « Mainka » in Strassburg beigewohnt. Nicht nur lernte man so die Apparate besser kennen, sondern die Installation konnte beispielsweise hinsichtlich der Beleuchtung den besondern Verhältnissen und Bedürfnissen gemäss erfolgen.

Der Meridian, resp. das Azimut von 45°, wurde nochmals in's Instrumentenzimmer übertragen und fixirt.

Am 11. Juni 1911 wurde die Warte als komplet erklärt und am 15. das erste « Weltbeben » aufgeschrieben.

Mindestens ein Jahr sorgfältiger Beaufsichtigung wird nötig sein, um den Gang und die Leistungsfähigkeit der Instrumente kennen zu lernen, insbesondere die Beziehungen der Tages- und Jahreszeiten zum Gebäude, die Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit, und deren Einfluss auf die Apparate, um da und dort die nötige Nachhülfe eintreten lassen zu können.

Die *Kosten der Schweizerischen Erdbebenwarte* betragen:

a)	Gebäude (Devis, 18,000 fr.):		
	1. Subvention des Bundes	Fr. 12,000.—	
	2. Beitrag der Erdbebenkommission.....	» 6,959.50	
			Fr. 18,959.50
b)	Mobiliar (durch die Erdbebenkommission)..		» 485.35
c)	Instrumente »		» 5,173.31
d)	Montirung und Installation der letzteren aus dem speziellen Betriebskredit des Bundes pro 1911 (1000 fr.).....		» 604.44
	Schweizerische Erdbebenwarte komplet		Fr. 25,222.60

Noch muss bemerkt werden, dass uns die Stadt Zürich die Rechnung für Zufuhr von Quellwasser von Fr. 1,339.90 auf Fr. 535 reduzirt hat, so dass die Errichtung der Warte — die Auslagen der Stadt für Erstellung der Zufahrtsstrasse, von mindestens Fr. 500, nicht mitgerechnet — **Fr. 26,027.50** erforderte.

Hieran leistete der Bund Fr. 12,604.44, die Erdbebenkommission durch Mithülfe von Gönnern (siehe die *Verhandl. der Schweiz. Nat. Ges.* seit 1907) inkl. Stadt Zürich und Anlage der Gelder auf der Sparkasse, Fr. 13,423, d. h. rund Fr. 3,423 mehr als sie per Eingabe an den Bund 1907 versprochen, Fr. 818 mehr als die Gesamtausgaben des letzteren.

C. **Aufgaben der Zukunft.**

Als solche stehen im Vordergrund: Abklärung der Beziehungen zwischen Erdbebenkommission und Bund (Wiedergewährung der *Portofreiheit)*, exakter Betrieb der Erdbebenwarte durch eine mathematisch-physikalisch gebildete Persönlichkeit, besonders sorgfältige Analyse schweizerischer Seismogramme, der Nahebeben (da Telesismogramme ausreichend genug anderwärts diskutirt werden); dann entsteht für uns die Aufgabe, durch einen *verbesserten seismischen Landesdienst* insbesondere das Verhalten des gestauten, helvetischen Teils der Erdkruste kennen zu lernen, worauf die Vertreter der Erdkunde in erster Linie gespannt sein dürfen.

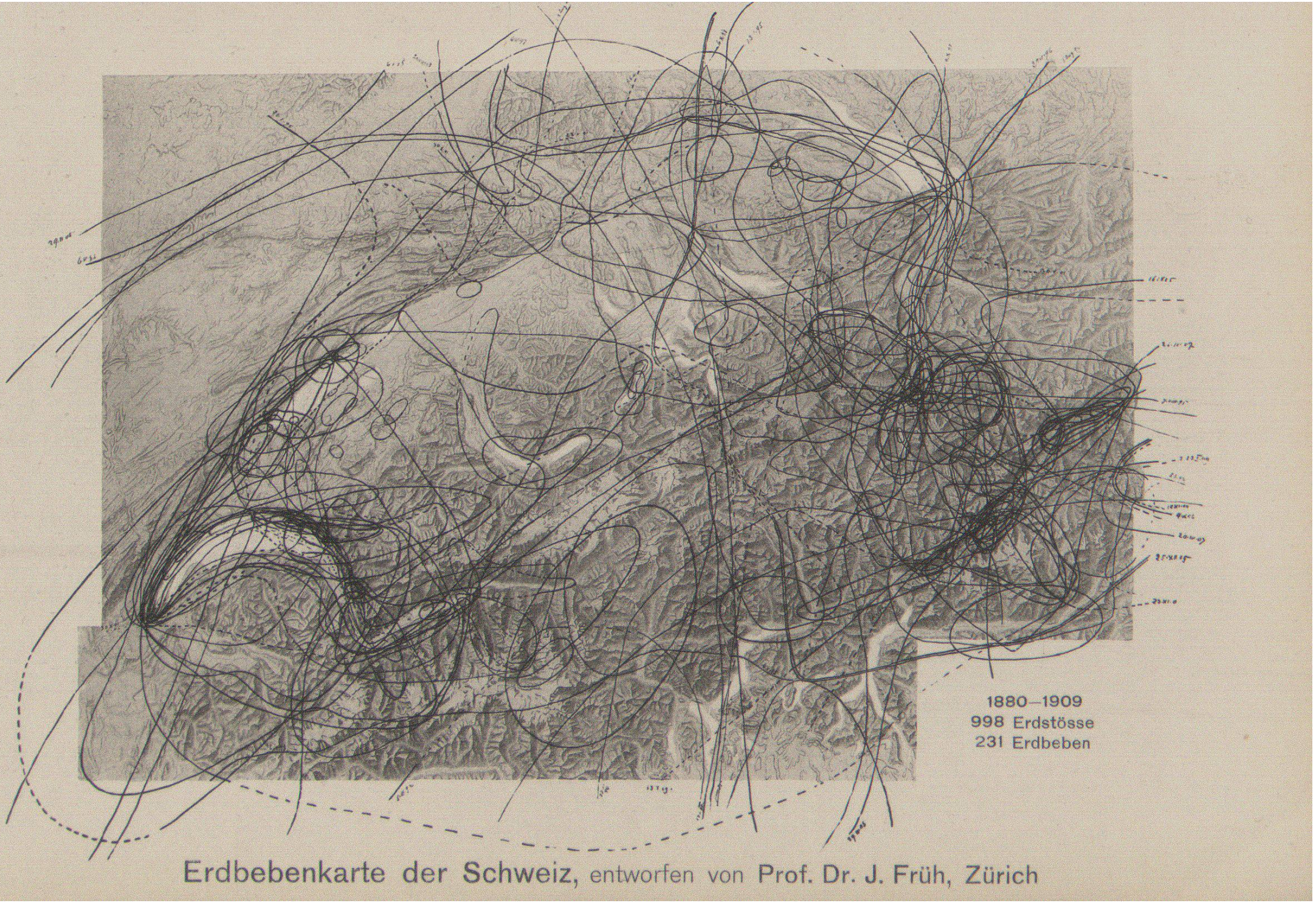
Nach wie vor werden die makroseismischen Erscheinungen den Hauptteil der Beobachtungen ausmachen, namentlich auch um die engere naturwissenschaftliche Seite der Phänomen immer wieder zu prüfen. Das Publikum wird wie bisher zur Mithülfe gebeten werden müssen. Dabei ist dringend nötig eine *Kontinuität* in der Aufsicht, Verarbeitung der Erdbebenberichte und im Betrieb der Erdbebenstation.

Wenn immer möglich sollten zwei neue Stationen, wenn auch einfachere, im Alpenkörper selbst erstellt werden können. Mit Freude begrüssen wir den Bau einer solchen in Neuchâtel als erste bejahende Antwort auf meine 1905 in Luzern ausgesprochene Bitte.

Die damit zu erreichenden exakten Zeitbestimmungen werden allmählig eine sichere Methode ermöglichen, die *Herdtiefe* eines Bebens zu bestimmen und damit den primären Ursachen der Erscheinungen näher zu treten. Mögen es für grössere kryptovulkanische sein, nahe der Erdrinde gelegen, so bleiben sie doch im Zusammenhang mit der Abkühlung der Erde, mit primären tektonischen Problemen und die Untersuchung über den Verlauf der Erschütterungen durch die Kruste und ihre Abbildung an der Erdoberfläche wird die *geologische Mithülfe* für die Seismologie auch in Zukunft nötig haben.

Ich schliesse mit einem herzlichen Dank an die Gönner der Erdbebenwarte, die Mitglieder der Erdbebenkommission, speziell den Ortsausschuss und das Publikum. — Glück auf!

P. S. Vor der Drucklegung dieses Berichtes, am 21 Sept. 1911, erfolgte die erste tadellose Aufzeichnung eines schwächeren ostschweizerischen *Nahebebens*.



Erdbebenkarte der Schweiz, entworfen von Prof. Dr. J. Früh, Zürich

Die Rolle des Nukleins in der Fortpflanzung

von

Dr Stauffacher (Frauenfeld)

In den Naturwissenschaften ist die Biologie die jüngste der Disziplinen. Sie ist so jung, dass die Erinnerung an ihre Gründer selbst in unserer Zeit, in der sich Entdeckungen und Erfindungen drängen, noch recht lebhaft ist, und in den letzten Jahren häuften sich die Jubiläen. 1908 feierten wir den 200. Geburtstag des grossen Organisators Linné; 1909 die 100. Wiederkehr der Geburt Darwins. 100 Jahre waren ferner verflossen seit der Veröffentlichung von Lamarck's «Philosophie Zoologique» und 50 Jahre seit dem Erscheinen von Darwins epochemachendem Werk «Von der Entstehung der Arten». In unseren Tagen ferner ist wieder lebendig geworden das Andenken an einen Mann, dessen Bedeutung keiner seiner Zeitgenossen erkannte und dessen Werk viele Jahre vergessen blieb; es ist dies Gregor Mendel, der Entdecker der uns allen bekannten, wunderbaren Gesetzmässigkeiten in der Vererbung. Anno 1909 waren 25 Jahre seit seinem Tode verflossen. Auch 1910 ist ein Jubiläumsjahr. Wir gedenken des grossen Begründers der Zellentheorie, des am 7. Dezember 1810 am Büchel zu Neuss a. Rh. geborenen Theodor Schwann. Es will mir scheinen, es habe die Erinnerung an diesen Naturforscher die Gemüter, speziell bei uns, viel weniger aufgeregt, wie s.Z. die Gedächtnistage an Linné und Darwin und doch steht Theodor Schwann in seiner wissenchaftlichen Bedeutung um keines Haares Breite hinter jenen Heroen der Naturforschung zurück, ja, er gehört, kongenial mit Darwin, notwendig an dessen Seite.

Wir erinnern uns in erster Linie daran, dass Schwann bereits in seiner Dissertation die Frage nach der Bedeutung der atmosphärischen Luft für die Entwicklung des tierischen Eies löste. Es gelang ihm ferner, das Wesen der Magenverdauung zu

ergründen und das von ihm sog. Pepsin zu isolieren ; Schwann ist ferner derjenige, der die Lehre von der Urzeugung erschütterte und 20 Jahre vor Pasteur die Fäulnis- und Gährungstheorie aufstellte, die — beinahe wieder vergessen — durch Pasteur dann zur allgemeinen Anerkennung gebracht wurde.

Schwanns eigentliches Lebenswerk aber sind die « Mikroskopischen Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen », ein Werk, das für alle Zeiten zu den berühmtesten Erzeugnissen der Wissenschaft gehören wird. Die Zellen waren ja allerdings schon längst bekannt : Robert Hooke, Marzello Malpighi, Nehemias Grew, Treviranus und Matthias Schleiden bezeichnen etwa die verschiedenen Etappen im Fortschritte der Lehre von der Zelle ; aber zum Baustein des Organismus überhaupt wurde diese erst durch Schwann und dadurch gab er unserer Ansicht von der Einheitlichkeit in der belebten Natur die erste und mächtigste Stütze.

Es ist der — man möchte sagen archimedische Standpunkt, den Schwann in seiner Arbeit einnimmt, wenn er sich zur Übertragung der Schleiden'schen Zellentheorie auf das tierische Gewebe anschickt. Diese geniale Interpretation von zum grossen Teil bereits bekannten und gesicherten Forschungsresultaten durch Theodor Schwann ist ein Vorgang, wie wir ihn ebenso grandios und fruchtbringend auf biologischem Gebiete eben nur bei Darwin, in der Geschichte der Chemie etwa bei Lavoisier finden. Der Erfolg des kühnen Unternehmens beruhte bekanntlich darauf, dass Schwann den Zellkern als das Hauptmerkmal einer Zelle auffasste.

Die Tat Schwanns veränderte in der Biologie die Situation auf einen Schlag. Er ist hier zum Keppler geworden : Gab dieser der Welt einen neuen Schwerpunkt, so schuf Schwann für den Organismus eine Einheit, eine Einheit in morphologischem und physiologischem Sinne. Welchen Nutzen hieraus die verschiedenen Zweige der Anatomie, die Zoologie, die vergleichende Entwicklungsgeschichte, die Embryologie und die Physiologie zogen, brauche ich Ihnen nicht zu sagen. Die Zellentheorie rief der Zellularphysiologie und ihre Kenntnis liefert

den Schlüssel zum Verständnis der Funktionen der einzelnen Organe sowohl wie des ganzen Organismus. Daher sagt Verworn : « Worauf uns die Betrachtung jeder einzelnen Funktion des Körpers immer wieder hinlenkt, das ist die Zelle. In der Muskelzelle liegt das Rätsel der Herzbewegung, der Muskelkontraktion ; ..... in der Ganglienzelle schlummern die Geheimnisse der geistigen Vorgänge sowie der Regulierung aller Körperleistungen. Wenn also die Physiologie die Erforschung der Lebensvorgänge als ihre Aufgabe betrachtet, dann muss sie die Lebensvorgänge an dem Orte untersuchen, wo sie ihren Sitz haben, wo der Herd der Lebensvorgänge ist, d. h. in der Zelle ».

Die Zellularphysiologie hinwiederum ist die Vorläuferin der Zellularpathologie und damit wird Schwann, der Reformator der Biologie, zum Wohltäter im Kampf der Menschheit gegen ihre mannigfachen Leiden.

Der Begriff Zelle hat sich seit Schwann schon mancherlei Modifikationen gefallen lassen müssen und voraussichtlich wird dies auch in Zukunft der Fall sein, ganz besonders dann, wenn sich die Chemie intensiver bei der Erforschung des Zellgeschehens beteiligt und es unterliegt für mich durchaus keinem Zweifel, dass bei besserem Zusammenarbeiten der morphologischen mit der chemischen Forschung unsere Kenntnis von der Zelle viel weiter vorgeschritten wäre, wie dies jetzt tatsächlich der Fall ist.

Revisionsbedürftig ist zunächst die Centrosomentheorie und das Centrosom wird voraussichtlich seinen Ruhm abtreten müssen an den Nukleolus, dessen Bedeutung bisanhin vollständig unterschätzt wurde. Unhaltbar ist ferner die Lehre von der Kernmembran und der Begriff Chromatin, wie er jetzt üblich ist. Uns interessieren hier nur die beiden zuletzt genannten Punkte, Kernmembran und Chromatin und eine kurze Auseinandersetzung über sie ist zum Verständnis des Folgenden unbedingt nötig.

Eine Kernmembran existiert nirgends, soweit bis jetzt meine Beobachtungen reichen und ich habe in bald 20jähriger intensiver Arbeit eine Unzahl von Kernen der verschiedensten Prove-

nienz auf dieses Merkmal hin untersucht. Nur für meine beiden letzten Veröffentlichungen stellte ich annähernd 200,000 Serienschnitte von 2 bis höchstens 7 μ her, die sämtlich untersucht wurden, ganz abgesehen von der grossen Zahl von lebenden Zellen und Kernen, die ich im mikroskopischem Felde prüfte.

Zur Tötung der Gewebe verwendete ich alle jetzt gebräuchlichen Fixierungsmittel und nicht eine einzige brauchbare Färbungsmethode blieb unberücksichtigt. Und das Resultat aller dieser Bemühungen war immer das gleiche : Eine Kernmembran als selbständiges Gebilde, als Umwandlungs- oder Abscheidungsprodukt des Karyo- oder Cytoplasmas existiert nicht ; die Grenze zwischen Kern- und Zellplasma ist lediglich ein optischer Effekt, hervorgerufen durch das in Form sehr feiner Kügelchen im sog. ruhenden Kern, event. vorhandene Basi-Chromatin, das sich nicht nur tinktionell, also chemisch, sondern auch optisch anders verhält wie die Grundmasse, in der es lagert.

Es ist schon vielen Beobachtern aufgefallen, dass diese Substanz, die uns heute besonders beschäftigen wird, die Tendenz hat, sich im Kern zunächst peripher anzuordnen ; dadurch wird sofort ganz deutlich die optische Grenze des Nukleus gegen das Cytoplasma hin abgesteckt ; fehlt das Basi-Chromatin — schlechthin bis jetzt auch etwa blos Chromatin genannt — dem Kern oder wird es umgruppiert, wie dies bekanntlich bei der mitotischen Teilung des Kernes in energischer Weise der Fall ist, so verschwindet, wie Sie wissen, sogleich auch die Membran. Ja, es gibt Zellforscher (Flemming z. B), die auf gewissen Stadien einer sich furchenden Eizelle sogar zeitweise den ganzen Kern vermissen.

Ein sehr hübsches Beispiel, das sofort jeden, welcher der Kernmembran unvoreingenommen gegenübertritt, stutzig machen wird, finden wir bei den vegetativen und reproduktiven Kernen der Pollenkörner. Ich wähle zur Untersuchung meistens die Staubgefässe von Liliaceen, weil hier beide Kerne des Pollenkorns eine beträchtliche Grösse erreichen, während sonst sehr häufig der vegetative Kern klein ist.

Betrachtet man ein lebendes reifes Pollenkorn unter dem Mikroskop, so fällt an den beiden Kernen sofort die sehr

verschieden sichtbare Begrenzung auf. Der eine Kern ist sehr scharf gegen das Cytoplasma abgesetzt, während der andere einer deutlichen Berandung durchaus entbehrt. Sozusagen unmerklich geht, wenigstens an gewissen Stellen, der Nukleus in das umliegende Wabenwerk des Cytoplasmas über. Demjenigen, der von der Realität einer Kernmembran überzeugt ist, wird schon dieses eine Beispiel schwere Verlegenheiten bereiten, während tatsächlich die Verhältnisse einfach liegen : Der eine der beiden Kerne, eben der gegen die Umgebung scharf abgesetzte, ist nämlich prall gefüllt mit Basi-Chromatin, dessen Körnchen oder Tröpfchen die optische Grenze nach Aussen abstecken, während der andere Kern nur sehr bescheidene Mengen dieser Substanz enthält und damit auch der optischen Differenzierung gegen Aussen entbehrt oder dieselbe wenigstens nur da zeigt, wo sich Basi-Chromatin event. peripher angelagert hat.

Früher, als die Untersuchung *lebender* Zellen und Gewebe noch im Vordergrund stand, sprach man sehr viel weniger apodiktisch von einer Kernmembran, man sprach vorsichtig von einer Kerngrenze und ohne etwas darüber zu präjudizieren, ob sie bald oder mehr durch den Kern oder durch das Cytoplasma erzeugt werde. In dem Masse aber, in dem das cytologische Studium beinahe ausschliesslich fixiertes und tingiertes Material benutzte, tritt eine Kernmembran immer mehr in den Vordergrund.

Bei geeignetem Färbungsverfahren kann man leicht konstatieren, dass die Grundmasse des Kerns mit derjenigen des Cytoplasmas übereinstimmt und da sie vornehmlich saure Farbstoffe annimmt, wird sie auch Oxy-Chromatin genannt. Im Kern sowohl wie im Zellplasma ist sie im Mikroskop wabig strukturiert. Die oxy-chromatische Grundlage der ganzen Zelle ist durchaus kontinuierlich ; denn vom Kernrande aus gehen Verbindungsstränge hinüber zum Cytoplasma ; sie überbrücken den in so vielen Fällen vorhandenen « Hof », der deshalb besonders auffällt, weil er des netzigen Baues entbehrt. Würde also eine Kernmembran bestehen, so müsste sie durchlöchert sein, wie dies tatsächlich von mehreren Forschern, ich nenne From-

mann, Carnoy, Loos, Kölliker, Eimer, Leydig und R. Hertwig, angenommen wurde.

In die oxy-chromatische Grundmasse eingebettet sind die basi-chromatischen oder basophilen Elemente, so genannt, weil sie vornehmlich basische Farbstoffe aufnehmen : Im Kern ist es das sog. Chromatin, im Cytoplasma sind es die Mikrosomen.

Nun darf nicht vergessen werden, dass jede Besichtigung mikroskopischer Präparate eine Projektion auf eine Bildebene bedeutet. Stellen wir uns verschiedene Schnitte durch den Kern her (ich denke mir einen Kern, der arm ist an Basi-Chromatin, damit das Suchen nach einer Kernmembran keinen weiteren Schwierigkeiten begegnet), so repräsentieren die peripheren Schnitte die Kalotten der Kugel, während die zentralern kurze Cylinder sind. Besteht eine Kernmembran, so sollte ihre Deutlichkeit in dem Masse abnehmen, als wir in zentripetaler Richtung vorschreiten ; denn die äusseren Schnitte, wenigstens wenn sie dünn sind, werden ja zum grössten Teil von der Kernmembran gebildet, während die zentraleren bloss schmale Ringe derselben enthalten könnten. Am wenigsten sichtbar wäre die Membran im äquatorialen Ring, weil dieser in eine Kreislinie projiziert würde. Tatsächlich ist aber genau das Gegenteil von dem der Fall, wass wir erwarten : Die Abgrenzung des Kernes wird in dem Masse deutlicher, als wir von peripheren zu zentralen Schnitten fortschreiten. In den Kernkalotten nimmt auch die beste Linse auf dem feinsten Schnitt keine Spur einer Kernmembran wahr und nichts greift störend in die Kontinuität des Oxy-Chromatins ein und in vielen von mir untersuchten Fällen hätte ich überhaupt keine Ahnung davon gehabt, dass der Kern bereits angeschnitten worden sei, wenn nicht der in Ehrlich-Biondis Lösung leuchtend rot gefärbte Nukleolus dies angezeigt hätte. Allerhöchstens fällt im Bereiche eines solchen Kernschnittes eine durch die Projektion bedingte relativ dichtere Stellung der Basi-Chromatinelemente auf, eine Beobachtung, die für sich allein die Anwesenheit des Kerns allerdings noch nicht beweisen würde, falls wir uns nach Voraussetzung zur Untersuchung der chromatinarmen Kerne bedienen.

Zentralere Schnitte durch den Nukleus dagegen sind wie gesagt kurze Cylinder, deren Seitenflächen im allgemeinen umso senkrechter stehen, je näher dem Aequator die Schnitte liegen. Die Chromatin-Körnchen des Kernringes werden nun bei der Besichtigung im Mikroskop und der dadurch erfolgten Projektion in eine mehr oder weniger kontinuierliche Kreislinie projiziert, die als Kontur den Kern zu begrenzen scheint. Unter sonst gleichen Bedingungen wird diese Kontur um so deutlicher sein, je dicker der Schnitt ist. Kann man auf Schnitten von 2, 3, 4, 5 ev. auch 6 und 7 μ noch ganz deutlich sehen, dass die Kreislinie aus nichts anderem besteht als aus einzelnen, dicht neben und hinter einander stehenden Chromatin-Körnchen, so macht diese Diskontinuität auf dicken Schnitten unweigerlich der Kontinuität Platz, weil alsdann zu viel Partikelchen projiziert werden, als dass man zwischen ihnen noch Lücken auffinden könnte.

Die Schnitte, deren sich die Zellenforscher bedienen, sind im allgemeinen zu dick und ein Blick in die heute massgebende Literatur wird keinen Kenner der Verhältnisse einen Augenblick darüber im Zweifel lassen, dass dieser Vorwurf gerechtfertigt ist. Meine Schnitte erreichen mit 7 μ ihre obere Grenze; wie man aber an Schnitten von 15, 20, ja sogar 30 und mehr μ cytologische Studien betreiben kann, ist mir unverständlich.

Ein zweiter Punkt fällt nicht weniger ins Gewicht.

Das Oxy-Chromatin ist der Sitz der Reizbarkeit und man kann durch vergleichende Versuche leicht konstatieren, dass beim Tode der Zelle durch Gifte immer Kontraktion oder Schrumpfung dieser Substanz eintritt, falls das fixierende Agens nicht sehr schnell wirkt. Sehr deutlich lässt sich, besonders bei pflanzlichen Geweben, wo eine feste Zellmembran als Marke stehen bleibt, beobachten, wie sich das Zellplasma vor dem anrückenden Gifte zurückzieht; dadurch werden aber viele ursprünglich relativ weit auseinanderliegende basophile Elemente einander genähert und unter Umständen enge neben und hintereinander aufgereiht. Es gelingt uns so leicht, membranartige Bildungen im Cytoplasma zu erzeugen, wo vorher keine Spur einer Haut zu sehen war. Aehnlich verhält

es sich am Kernrand, wo sich, wie bereits betont, die Chromatin-Elemente sowieso gerne häufen. Tritt hier Kontraktion der oxy-chromatischen Grundmasse ein, so müssen sich die einzelnen Körnchen auf ihrer Flucht gegen das Kerninnere allmählig so dicht stellen, dass sie einen ununterbrochenen Ring repräsentieren, der die scharfe Abgrenzung des Kerns nach Aussen besorgt. Es wäre mir ein Leichtes, an Hand der modernen Literatur den Nachweis zu erbringen, dass in ausserordentlich vielen Fällen, besonders bei Benutzung gewisser Fixiermittel, eine Kontraktion des Oxy-Chromatins und eine damit im Gefolge stehende Dislokation basichromatischer Elemente erfolgt ist, eine Verschiebung, die bis zur Verklumpung des Basi-Chromatins und zur Entstehung wunderlicher, unförmlicher Klötze dieser sonst so zierlich abgesonderten und verteilten Substanz im Innern des Kernes führt.

In sehr vielen Präparaten kombinieren sich offenbar die beiden Momente, Dicke des Schnittes und Schrumpfung des Protoplasmes und dass dies zur Verdeutlichung einer Kernmembran beitragen muss, ist selbstverständlich; soweit ich sehe, ist dieses Zusammentreffen bei Schnitten tierischer Provenienz noch mehr der Fall als auf botanischem Gebiet, weil man sich hier in den meisten Fällen anderer fixierender Medien bedient wie in der Zoologie.

Kerne sind Bläschen, meinte Schwann, und « ohne Zweifel — so kalkuliert Heidenhain — kann man nun sagen, dass die Blasenform selbst Beweis genug ist für die Existenz der Kernmembran. » Ich trete heute auf eine Diskussion dieses Satzes, den ich andern Orts bekämpft, nicht ein; sollte sich aber nicht konsequenter Weise die Wand in dem Masse verstärken, in dem die Blase grösser wird, falls letztere überhaupt noch existenzfähig bleiben soll? Was liegt näher, als die Kernmembran bei den mächtigen Kernen der weiblichen Sexualzellen zu suchen, z. B. den Archespor-Zellen der Liliaceen oder den Ei-Zellen von Mollusken etc.? Man sehe sich ferner die wunderbaren Kerne der vegetativen Zellen im Ovarium einer Bienenkönigin oder diejenigen in den Dotterzellen einer Aphis u. s. w. an. — Müssen nicht die relativ gewaltigen « Bläschen » der Makronuklei

gewisser ciliater Infusorien von diesem Standpunkte aus eine Kernmembran mit der wünschbarsten Deutlichkeit zeigen? Aber gerade hier, wo wir hoffen, jeden Zweifel an der Nichtexistenz einer Kernmembran definitiv beseitigen zu können, werden wir vollends überzeugt von der Abwesenheit einer speziellen Haut, die den Inhalt des Bläschens zusammenhalten soll. Es gibt ferner Forscher -- ich nenne Ayers, Stuhlmann, R. Hertwig, Obst, R. W. Hofmann — die zwar eine Kernmembran annehmen, diese aber den Nukleus zeitlich nicht immer oder örtlich nicht in seinem ganzen Umfang umgeben lassen. Was sollen wir aber von einem Bläschen halten, dessen Bläschennatur geradezu bedingt sein soll durch die Präexistenz einer Haut, während diese Haut vorübergehend fehlt und zeitweise das Bläschen nur halb einschliesst u. s. f.?

Eine selbständige Kernmembran, eine Haut, die nach Aussen und Innen gleichmässig abgrenzt, ist am Zellkern unauffindbar, ihre Anwesenheit würde auch den intensiven Stoffaustausch, der zwischen Kern und Cytoplasma bestehen muss und auch nachweisbar besteht, ausserordentlich hemmen. Damit kommen wir auf den Hauptpunkt der vorliegenden Arbeit zu sprechen.

Es wurde bereits darauf aufmerksam gemacht, dass zwischen der oxy-chromatischen Grundlage des Kernes und derjenigen des Cytoplasmas Verbindungen bestehen, die bereits von Frommann in den 60er Jahren des verflossenen Jahrhunderts gesehen und beschrieben worden sind. Seine Entdeckung wurde jedoch nicht gewürdigt; die Arbeiten Frommanns gerieten in Vergessenheit und mit ihnen alle andern, die sich in ähnlichen Bahnen bewegten. Ich glaube, die ablehnende Haltung, welche die Mehrzahl der Zellenforscher diesen Strukturen gegenüber einnahm, darauf zurückzuführen zu müssen, dass die Entdecker derselben nicht anzugeben vermochten, wozu sie dienen sollten. Es lag bei dem damaligen Stand der Zellenlehre kein Bedürfnis vor, solche Strukturen anzunehmen. Weniger ausschlaggebend, glaube ich, war die Tatsache, dass eine ganze Anzahl hervorragender Cytologen, unter ihnen Flemming, die Strukturen Frommanns trotz der Absicht, sie zu suchen, nicht fanden; denn unter den Forschern, die wieder-

holt auf solche Verbindungen mit Nachdruck hinwiesen, figuriert neben Frommann u. a. auch Leydig, einer der ausgezeichnetsten Beobachter auf miskroskopischem Gebiete, die ich bis jetzt kennen gelernt habe.

In der jüngsten Zeit wurden die genannten Strukturen zum zweiten Mal entdeckt; dabei ergab sich 1. dass solche Kernbrücken, wie sie jetzt genannt werden, nicht nur bestehen zwischen Kern und Cytoplasma, sondern auch zwischen dem Kern und seinem Nukleolus und es ist sehr interessant zu sehen, wie schon Leydig 1883 in seinem Werk « Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere » darauf aufmerksan macht, dass zwischen Nukleolus und Kern eine unverkennbare Wiederholung dessen eintrete, was Kern und Protoplasma zu einander zeigen. Es wurde daher vorgeschlagen, die einen Verbindungsstränge als äussere, die andern als innere Kernbrücken zu bezeichnen.

2. konnte konstatiert werden, dass diese Strukturen unzweifelhaft dem Stofftransport in centrifugaler Richtung dienen: Vom Nukleolus aus fliesst organisiertes Material hinüber in den Kern; es sind eben jene Tröpfchen basy-chromatischer Substanz, von denen wir bereits gesprochen und deren periphere Anordnung im Nukleus uns aufgefallen. Von hier aus aber sucht das Basi-Chromatin auf den äussern Kernbrücken in mikrosomalen Portionen in das Cytoplasma zu gelangen.

Schon bei Anwendung der gebräuchlichen Methoden, z. B. der Boraxkarmin-und Hämalaunfärbung fielen mir an den verschiedensten Stellen in meinen Präparaten so konstante Nüancen in der Tinktion auf, dass ich sie kaum auf Zufälligkeiten oder Launen des Farbstoffes zurückführen konnte. Zuerst verblüffte mich — das war vor genau 20 Jahren der Fall -- das differente Verhalten der beiden Teile des Nukleolus von Cyclascornea. Dann folgten färberische Unterschiede bei den Kernen von Pollenkörnern, sodann fiel mir auf, dass besonders die äusseren Kernbrücken in ihrem auswärts gerichteten knopfförmig verdickten Ende Tinktionen annahmen, die nicht übereinstimmten mit denjenigen der Strukturen selbst u. s. w. Nunmehr regte sich in mir der Chemiker und ich entschloss

mich, diesen Differenzen nachzuspüren. Zunächst wählte ich in einer sehr langen Reihe von Versuchen dasjenige Fixiermittel aus, das den Protoplasten in seiner chemischen Zusammensetzung am wenigsten zu stören scheint, das ist unzweifelhaft der neutrale, 100 prozentige Alkohol. Sodann ersetzte ich die bisher üblichen Färbemethoden durch ein Verfahren, das analytischen Forderungen besser entspricht: Die konzentrierten Farbstofflösungen, in denen sich schliesslich der Protoplast wider Willen färben muss, wenn man ihn nur lange genug in der Flüssigkeit belässt, ersetzte ich durch sehr stark verdünnte Lösungen und überliess es dem Protoplasma, aus einem Gemisch verschiedener Farbstoffe nach seinem chemischen Bedürfnisse auszulesen. In vielen Fällen als sehr vorteilhaft erwies sich das sog. Ehrlich-Biondi'sche Gemisch, das zwei Komponenten, eine saure rote (aus zwei Farbstoffen bestehend) und eine basische grüne, das Methylgrün enthält und zwar ganz besonders deshalb, weil das Methylgrün unter gewissen Bedingungen als ein Reagens auf eine besondere basophile also saure Gruppe der Chromatine, nämlich die Nukleine (im weitern Sinne) angesehen werden kann. Denn mit dem bisher üblichen Begriff Chromatin kommen wir hier nicht mehr aus, er vereinigt zu Vielerlei unter seiner Fahne und es ist höchste Zeit, dass wir ihn reinigen und chemisch präzisieren. Wir betrachten also die genannte Lösung als einen Anfang mikrochemischer Analyse durch Farbstoffreaktionen.

Allerdings ist auch Nuklein ein Sammelname und umfasst eine Reihe verschiedener Körper, die als sauer reagierende Substanzen ohne Zweifel (Kossel, Lilienfeld, Zacharias) in vielen Fällen einen Hauptteil des Chromatingerüstes des Nukleus ausmachen; aber ob dies Nukleoproteide oder Nukleine im engeren Sinne oder gar freie Nukleinsäuren sind, lässt sich vorläufig weder chemisch noch mikroskopisch entscheiden; denn sauer reagieren nicht nur die *Nuklein-Säuren*, sondern auch ihre Derivate, die Nukleoproteide und Nukleine. Immerhin ist diese Gruppe von Chromatinen der chemischen Deutung erheblich näher gerückt und sehr viel einheitlicher als das, was wir bis jetzt unter dem Titel Chromatin zusammenzufassen pflegten.

Die Färbung in Ehrlich-Biondis Gemisch oder in Fuchsin-Methylenblau, Eosin-Methylenblau etc. ist eine simultane. Nimmt nun eine Zellsubstanz aus einem neutralen Farbstoffgemisch z. B. aus Ehrlich-Biondis Lösung die basische Komponente auf, und ist jene Substanz löslich in verdünnten Alkalien und basischen Alkalisalzen, unlöslich dagegen in verdünnten Säuren und besonders unverdaulich in Pepsin-Magensaft, so stellen wir sie zu den Nukleinen; wir bezeichnen sie, wie bereits betont, auch etwa als Basi-Chromatin.

Die andern Zellinhalte dagegen, welche die saure (aus Ehrlich-Biondis Gemisch die rote) Komponente aufnehmen, also basisch und deshalb oxyphil sind, werden kurz Oxychromatine genannt. Wir fassen selbstverständlich auch unter dieser Bezeichnung eine Reihe verschiedener Körper zusammen; schon die vielen Nüancen der Rotfärbung in Ehrlich-Biondis Gemisch weisen darauf hin und es wird möglicherweise ihre Entwirrung schwieriger sein wie diejenige der Basi-Chromatine. Vielleicht gewinnen wir durch die jetzt so intensiv betriebene Chlorophyll-Forschung einige sichere Anhaltspunkte, gerade so wie die mikrochemischen Erkenntnisse am Kern in deutlicher und überzeugender Weise geleitet wurden durch die makrochemischen Reaktionen am tierischem Sperma u. s. w.

Noch auf einen Punkt muss ich hier aufmerksam machen: Basi-chromatische und oxy-chromatische Substanzen können sich gelegentlich in den Präparaten verdecken. In den Kernen, die viel Basi-Chromatin enthalten, nimmt man gelegentlich keine Spur einer Rotfärbung in Ehrlich-Biondis Lösung wahr, die ganze Fläche des Kerns ist rein blaugrün und doch sitzt jenes überall auf oxy-chromatischer Unterlage, aus der es auch entsteht und auf der es nach Aussen abfliesst. Löst man dagegen das Nuklein in Alkalien, Lösungen von Soda u. s. f. auf, so lässt sich die oxy-chromatische Grundlage leicht nachweisen. Anderseits, besonders in tierischen Geweben, vermissen wir sehr häufig eine Färbung durch Methylgrün, obschon Nukleine vorhanden sind. Unterwerfen wir aber solche Zellkomplexe der Einwirkung des künstlichen Pepsin-Magensaftes, so wird das

verdeckende resp. umhüllende Oxy-chromatin gelöst und das Basi-chromatin kommt nun deutlich zum Vorschein.

Wir werden nun sehen, wie sich diese in aller Kürze gemachten Bemerkungen verwerten lassen zu einer zusammenfassenden Betrachtung einer Fülle einzelstehender Tatsachen.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst einmal den Typus einer in Ehrlich-Biondi gefärbten Zelle [1].

Es fällt uns auf:

1. Der aus oxy-chromatischer Grundmasse bestehende Nukleolus ; er ist gespickt mit basi-chromatischen Elementen ;

2. Der membranlose Kern mit seinem auf oxy-chromatischer Grundlage sitzenden Nuklein ;

3. Das oxy-chromatische Wabenwerk des Cytoplasmas mit seinen basi-chromatischen Mikrosomen ;

4. Beobachten wir innere und äussere Kernbrücken, welche die Kontinuität des Oxy-chromatins der ganzen Zelle bedingen und auf denen die basi-chromatischen Tröpfchen vom Nukleolus aus in zentrifugaler Richtung abfliessen.

Das Beobachtungsmaterial, das ich Ihnen heute begreiflicherweise nur in ein paar Repräsentanten bildlich vorführen kann, ist, um besser verglichen werden zu können, genau in der gleichen Weise behandelt worden: Die Fixierung erfolgte in neutralem absoluten Alkohol, die Färbung in einer und derselben Flüssigkeit des Ehrlich-Biondi'schen Dreifarbengemisches.

Die Diapositive sind direkt nach meinen Präparaten hergestellt und entprechen ihnen im Prinzip ganz genau ; dass in den Schnitten manches Detail hübscher und schärfer zu sehen wäre, wie in der starken Vergrösserung des Projektionsapparates, ist selbstverständlich. Ich habe übrigens sämtliche Präparate, auf die ich mich hier stütze, mitgebracht und lasse sie von Interessenten gerne besichtigen. Sie werden zudem Morgen in der zoologischen Sektion, soweit die Mikroskope ausreichen, aufgestellt sein.

[1] Der Vortrag wird in erweiterter Form unter Beigabe der kolorierten Tafeln an anderer Stelle erscheinen.

Schauen wir uns zunächst einen Schnitt durch ein Pollenkorn vielleicht von Fritillaria imperialis an.

Wir sehen die beiden uns längst bekannten Kerne, den generativen und den vegetativen, aber in ganz differenter Färbung. Der eine ist durchaus grün, der andere durchaus rot tingiert.

Der grüngefärbte Kern ist der vegetative, der vornehmlich rotgefärbte der generative. Mit andern Worten : Während der vegetative Kern, der das Wachstum des Pollenschlauches beherrscht und auch stets in der Wachstumszone desselben liegt, prall gefüllt ist mit Basi-chromatin, tritt diese Substanz im generativen Kern ausserordentlich zurück und ist nur in vereinzelten, winzigen Portionen vertreten. Dagegen enthält der generative Kern einen Nukleolus, der denjenigen des vegetativen Kerns an Grösse weit übertrifft.

Die beiden Kerne gehen bekanntlich aus einem einzigen Kern hervor. Es ist mir jedoch leider bis jetzt nicht gelungen, ihre Entstehung aus dem Mutterkern zu verfolgen ; auch in der botanischen Literatur, deren vollständige Bewältigung neben der zoologischen man allerdings von mir nicht erwarten wird, habe ich keinen Fall angetroffen, der zuverlässig über die Bildung der beiden Kerne in den Pollenkörnern berichten würde. Nach Overton (Beitrag zur Kenntnis der Entwickelung und Vereinigung der Geschlechtsprodukte bei Lilium Martagon, Festschrift Nägeli-Kölliker) soll eine mitotische Teilung erfolgen. Vielleicht noch interessanter dürfte die bei einer bestimmten Länge des ausgewachsenen Pollenschlauches eintretende Teilung des generativen Kernes sein : Typische Kernteilungsfiguren mit Chromosomenspaltungen werden hier kaum erwartet werden können, weil ja das Nuklein nahezu fehlt. Und in der Tat berichtet uns Osterwalder (Beiträge zur Embryologie von *Aconitum Napellus,* Flora 1898), dass ihm « typische Kernteilungsfiguren bei der Teilung des generativen Kernes nie zu Gesicht gekommen seien. Wir bermerken wohl, sagt er, zarte Chromatinfäden, dagegen keine Kernspindel oder eine Kernplatte ». Neben den genannten Fragen treten eine Menge anderer an uns heran, auf deren Beantwortung ich jetzt nicht einzutreten brauche.

Ein ähnliches Verhältnis, wie zwischen generativem und vegetativem Kern der Pollenkörner besteht mit Rücksicht auf die physiologische Bedeutung zwischen Makro- und Mikronukleus der ciliaten Infusorien. Jenes ist der sog. Stoffwechselkern und entspricht deshalb dem vegetativen Kern der Pollenkörner, während der Mikro-Nukleus dem generativen Kern funktionell gleichzustellen wäre. Klare, einwandfreie Präparate zu bekommen, ist nun hier nicht ganz leicht; trotzdem ist es mir gelungen, im Nussbaumersee bei Frauenfeld ein Infusor zu finden, dessen Bestimmung bis jetzt jedoch noch nicht erfolgt ist, das neben einem riesigen Makro-Nukleus auch einen Mikro-Nukleus von anständigen Dimensionen birgt und dessen Färbung daher deutlich wahrgenommen werden kann. Die schweizerische zoologische Gesellschaft hat bereits Gelegenheit gehabt, von dem Fall Notiz zu nehmen.

Die beiden Kerne sind wiederum verschieden tingiert und zwar ist der Makro-Nukleus im Präparat leuchtend grün, der Mikro-Nukleus ebenso stark rot gefärbt. Das Nuklein des Stoffwechselkerns dominiert derart, dass die oxy-chromatische Unterlage mit Ausnahme einer grössern Zahl kleiner Nukleolen unsichtbar wird und erst nach Auflösung des Nukleins zum Vorschein kommt, während in der roten Grundmasse des Mikro-Nukleus nur vereinzelte winzige Portionen von Basichromatin wahrgenommen werden können.

Sehen wir vorläufig von den Spermatozoiden ab, so ergibt sich genau der gleiche Unterschied, wie wir ihn soeben zwischen vegetativem Pollenkern und Makro-Nukleus einerseits und generativem Pollenkern und Mikro-Nukleus andererseits haben wahrnehmen können, ganz allgemein zwischen den Kernen vegetativer und denjenigen generativer Zellen bei höheren Pflanzen und Tieren. Wo immer wir den Kern einer vegetativen Zelle uns ansehen mögen, immer enthält er sehr reichlich Basi-chromatin, gleichgültig ob er einem tierischen oder pflanzlichen Gewebe entstammt.

Der Nukleingehalt der Kerne pflanzlicher Zellen fällt uns gewöhnlich bloss deshalb mehr auf, weil im Allgemeinen die Kerne tierischer Zellen kleiner und das Oxy-

chromatin hier stärker vertreten ist, wie bei pflanzlichen vegetativen Zellen.

Vergleichen wir damit zunächst ein in der Entwicklung begriffenes tierisches Ei; als Repräsentanten wähle ich *Anodonta piscinalis*. Färben wir ein jüngeres Eierstock-Ei dieser Muschel in Ehrlich-Biondis Lösung, so nimmt das Auge zunächst keine Spur von Grünfärbung wahr. Rot ist der hier bekanntlich zweiteilige Nukleolus und rot die ganze Fläche des Kerns. Einem aufmerksamen Beobachter wird allerdings nicht entgehen, dass der später kleinere Nukleolarteil etwas dunkler gefärbt ist wie der grössere und dass er besonders am Rande dunkel bis schwarz-rote Kügelchen enthält, die auch im Kern und im Cytoplasma angetroffen werden; aber so lange diese Mischfarbe nicht in die Komponenten zerlegt ist, lässt sich die Beobachtung zu keinem einwandfreien Schluss verwerten.

Sehr auffallend, obschon bis jetzt nicht beobachtet, ist die verschiedene Berandung der beiden Nukleolarteile: Während der grössere Abschnitt gegen den Kern hin sehr scharf abgegrenzt erscheint, ist der kleinere undeutlich berandet und zwar aus dem Grunde, weil von ihm aus die uns bereits bekannten inneren Kernbrücken in den Kern austreten; dem grösseren Nukleolarabschnitt fehlen sie gänzlich. Der ganze Nukleolus nimmt dadurch etwa das Aussehen einer kleinen Spinne an.

Das Ehrlich-Biondische Gemisch reicht also hier offenbar zur Differenzierung nicht aus; denn nur unmassgeblich, durch Mischfärbungen, weist es daraufhin, dass hier chemische Unterschiede vorhanden sein könnten. Wir erinnern uns dabei eines bekannten ähnlichen Falles aus der analytischen Chemie: Während das S-Jon des H_2S sonst untrüglich das Schwermetall-Kation anzeigt, versagt es plötzlich, wenn ein komplexes Salz vorliegt, das Eisen-Jon also z.B. im Ferrocyankalium steckt. Aendern wir aber das Reagens, hier also das Jon, d. h. ersetzen wir das S-Jon des H_2S durch das Ferri-Jon, z.B. einer Eisen-chlorid-Lösung, so wird der Effekt in der Berlinerblau-Reaktion sofort sinnenfällig.

Lassen wir nun die Ehrlich'sche Fuchsin-Methylenblau-Lösung auf unsern Nukleolus einwirken, so wird der Unter-

schied zwischen den beiden Teilen klarer : der grössere Abschnitt wird durch das Fuchsin intensiv rot, der kleinere ebenso intensiv blau gefärbt. Die chemische Differenz zwischen den beiden Nukleolarabschnitten besteht also in der Tat und es wird unsere Aufgabe sein, die Mischfarben zu entwirren. Wir unterwerfen zu diesem Zwecke das Ei der Pepsin-Magensaftverdauung und färben wieder mit Methylgrün oder Ehrlich-Biondi. Das Resultat ist sehr interessant : Die vorhin dunkelrot tingierten Körnchen des kleinern Nukleolarabschnittes des Kerns und des Cytoplasmas färben sich nunmehr sehr deutlich grün, bestehen also aus Basi-chromatin und die dunkelrote Mischfarbe entstund durch Auflagerung von Nuklein auf die rote oxy-chromatische Grundlage.

Aber nur in jungen Stadien des Eies ist das der Fall ; in dem Maasse, wie die Zelle wächst und ihrem sog. Reifestadium entgegengeht, wird dieser Teil des Nukleolus allmählig kleiner, seine Brücken nehmen ab, er verschwindet event. ganz und die Basi-chromatin Reaktion bleibt schliesslich in der ganzen Zelle aus. Mit andern Worten : In dem Ei, das wir reif, also befruchtungsbedürftig nennen, gelingt es mit den uns jetzt bekannten Mitteln und Methoden nicht mehr, Nuklein nachzuweisen. Zacharias-Hamburg, der in dieser Beziehung sehr viele Versuche angestellt hat, kommt bei andern tierischen Eiern zu demselben Resultat.

Der kleinere Nukleolarabschnitt der Eier von Anodonta, Cyclas, Unio etc. entspricht also, wie wir gesehen, vollständig dem Nukleolus vegetativer Zellen und auf jüngeren Stadien rekapituliert, phylogenetisch gesprochen, das befruchtungsbedürftige Ei immer noch sein offenbar ursprünglich vegetatives Stadium, während dem reifen Ei eine wesentliche Substanz vegetativer Zellen, das Nuklein, fehlt. Dieses Ei aber geht zu Grunde, wenn es der Kopulation mit dem Sperma entbehrt ; seine Existenz ist bedingt durch die Co-Existenz der männlichen Befruchtungszelle. Das Ei hat seine Entwicklung abgeschlossen, es ist reif in dem Moment, wo es des Nukleins entbehrt, es kann die vegetativen Prozesse des Wachstums und des Stoffwechsels vermutlich deshalb nicht mehr besorgen, weil

das zu solchen Vorgängen unumgänglich notwendige Nuklein fehlt oder doch auf einen sehr bescheidenen Rest zurückgegangen ist.

Die Tatsache, dass die Kerne sämtlicher vegetativer Zellen — gleichgültig ob tierischer oder pflanzlicher Provenienz — gefüllt sind mit Basi-chromatin, dass 2. die vegetativen Kerne des Pollenkorns und die Stoffwechselkerne der Infusorien grosse Mengen dieser Substanz führen, dass also an denjenigen Orten, wo vegetative Prozesse sich abspielen, immer reichlich Nuklein angetroffen wird, während es sonst fehlen kann oder doch sehr zurücktritt, dass 3. die Regsamkeit des Wachstums und Stoffwechsels, wie wir beim tierischen Ei gesehen, geradezu proportional ist der Menge des vorhandenen Nukleins, alles das muss uns zur Ueberzeugung bringen, dass das Nuklein bei vegetativen Prozessen unentbehrlich ist, dass es die Prozesse des Wachstums und des Stoffwechsels geradezu beherrscht [1].

Kern und Nukleolus der befruchtungsbedürftigen Eier entleeren sich also mit der Zeit an Basi-chromatin; auf den inneren Kernbrücken fliesst diese Substanz zunächst in den Kern und von hier auf den äusseren Kernbrücken in das Cytoplasma ab, wo es vielleicht in mikrosomalen Portionen erhalten bleibt oder bei der Zubereitung des massenhaft im Ei aufgestapelten Nahrungsmaterials verbraucht wird. Der Verlust an Kern-Nuklein wäre in diesem Falle als eine Folge der zunehmenden Arbeitsteilung aufzufassen. Was in dem grösseren Nukleolarabschnitt, der persistiert, von seinem verschwundenen Erzeuger zurückbleibt, entzieht sich vorläufig meiner Kenntnis; Nuklein ist es nicht, was übringens schon von Zacharis betont wurde.

Und nun möchten wir wissen, wie das Sperma aussieht.

Nach den Untersuchungen von Miescher, Mathews, Schmiede-

[1] Auch den Chlorophyllkörnern und den Erythrocyten des menschlichen Blutes bei denen man einen Kern vergeblich gesucht hat, fehlt das Basichromatin keineswegs; ja wir finden dasselbe in beiden Fällen sogar in einer ähnlichen Struktur vor: Unter Gewinnung einer sehr grossen Oberfläche verteilt sich das Basichromatin im Chlorophyllkorn sowohl wie im Erythrocyten in Form eines ausserordentlich feinen Netz- oder Wabenwerkes (dessen Kreuzungsstellen verdickt sind) — also in einer, wenn man chemisch denken will, für katalytische Prozesse besonders günstigen Weise.

berg, Kossel, Zacharias u. a. kann es nicht mehr zweifelhaft sein, wie sich die männliche Zelle in Ehrlich-Biondis Lösung färbt.

Der bei der Befruchtung besonders wichtige Kopfteil des Spermatozoids wird intensiv grün gefärbt, enthält also sehr viel Nuklein, während das Mittelstück und der Schwanz durchaus oxy-chromatisch sind, geradeso wie die Zilien des uns bereits bekannten Infusors oder die Wimperreihen der Kiemen von Anodonta, Cyclas u. s. w.

Der Unterschied zwischen einer befruchtungsbedürftigen weiblichen Zelle und dem Sperma ist also ein ganz auffallender; er ist chemisch fassbar und demonstrierbar, sobald wir nur die Zellen unter die gleichen günstigen Bedingungen stellen. Den deutlichsten Ausdruck findet die Differenz in der völligen Abwesenheit einer bestimmten chemischen Substanz des Nukleins im Ei und in der Anwesenheit desselben im Sperma.

Diese Beobachtung ergibt meiner Ansicht nach zwei Konsequenzen von grosser Tragweite.

Nach dem Gesagten könnte der uns allen geläufige Satz, der übrigens in der neuesten Zeit mehrfachen Anfeindungen ausgesetzt war, das Chromatin sei der Träger der Vererbungsmerkmale, in dieser Allgemeinheit nicht mehr gelten; denn das Basi-chromatin oder Nuklein kann dieser Träger wohl nicht sein, da ja sonst nur väterliche Merkmale vererbt werden könnten oder doch immer dominieren müssten, falls der Eikern infinitesimale Mengen dieser Substanz zurückbehalten sollte. Wir sind vielmehr gezwungen, das Oxy-chromatin des Kerns für die Uebertragung der Vererbungsmerkmale verantwortlich zu machen; die Bedeutung des Nukleins liegt auf einem andern Gebiet: Das Sperma ersetzt durch sein Nuklein die dem Ei fehlende, für vegetative Vorgänge unumgänglich nötige Substanz, deren Eintritt in die Eizelle dieser die Fähigkeit und den Anstoss zum Wachstum bezw. zur Entwicklung erteilt.

Damit stellen wir den Befruchtungsprozess in die Reihe der chemischen und zwar der fermentativen oder enzymatischen Prozesse ein: Das Nuklein spielt die Rolle oder ist wenigtens der *Träger* eines Fermentes (Enzyms), das die vegetativen Prozesse des Wachstums und des Stoffwechsels auslöst.

Unterstützt werden wir in unserer Ueberzeugung durch die bereits bekannte Tatsache, dass die Nukleoproteide die gleichen Löslichkeitsverhältnisse haben wie viele Fermente, so dass man beide Klassen von Körpern häufig gemeinsam erhält. So gewann, nach Cohnheim, Hammarsten aus dem Pankreas das Nukleoproteid und das Trypsin zusammen, Pekelharing, Schumow, Nencki und Sieber aus der Magenschleimhaut oder dem Magensaft ein Nukleoproteid zusammen mit dem Pepsin, Pekelharing aus dem Blut und dem Thymus das Fibrinferment zusammen mit einem Nukleoproteid. Auch die gerinnungsbefördernden Gewebseiweisse der älteren Autoren, das Gewebefibrinogen von Wooldridge, das Cytoglobulin und Präglobulin von Alexander Schmidt gehören hieher. Ebenso haftet die Enterokinase der Darmschleimhaut nach Stassano und Billon an den Nukleoproteiden und Galeotti und Hahn haben in den betr. Nukleoproteiden die Träger der immunisierenden Substanzen der Bakterienleiber gesehen.

Von dem soeben gewonnenen Standpunkte aus bleiben uns die Resultate der experimentellen Entwicklungslehre nicht mehr so rätselhaft, wie dies bis jetzt der Fall war. Wir begreifen z.B., dass man auf künstlichem Wege durch Lösungen, also durch gewisse Jonen tierische Eier zur Entwicklung bringen oder ihnen mindestens den Entwicklungsanstoss geben kann : wie man die saccharifizierende Wirkung des Ptyalin-Fermentes erreichen kann durch gewisse Jonen, so lässt sich auch dass « Befruchtungsferment », wenn diese Bezeichnung für das Nuklein erlaubt ist, durch bestimmte Jonen ersetzen ; eventuell vikarisiert das Nuklein artfremden Spermas, wie bei der Befruchtung von See-Igel-Eiern mit dem Sperma von Seesternen, Seelilien oder gar Mollusken.

Nun möchten wir uns aber noch etwas auf botanischem Gebiete umsehen. Im Prinzip stimmen hier die Verhältnisse, soweit ich sie bis jetzt kennen gelernt, mit denjenigen überein, die wir soeben im Tierreich angetroffen haben. Dass die Kerne vegetativer pflanzlicher Gewebe reich sind an Basi-chromatin, ist bereits in Wort und Bild hervorgehoben worden ; ich gehe

daher über zu einer kurzen Besprechung der weiblichen und männlichen Geschlechtszellen bezw. Apparate.

In der Archesporzelle von Lilium candidum fällt uns sofort der Kern durch seine Armut an Basi-chromatin auf. Nicht dass er ganz frei wäre an dieser Substanz: Ohne dass man das Oxychromatin zu lösen braucht, kann man ganz deutlich bescheidene Quantitäten von Nuklein im Kern erkennen. Dass dieselben aber quantitativ sehr zurücktreten, ergibt sich schon aus der Vergleichung des Kernes der Archesporzelle mit den Nuklein der umgebenden vegetativen Zellen. Aehnlich verhält es sich in vielen anderen Fällen bei *Lilium croceum, L. Martagon, Fritillaria* u. s. w.

Im fertigen Embryosack unterscheiden wir bekanntlich: Eizelle mit Synergiden, I-Endospermkern und Antipoden; es ist nicht ganz leicht, Schnitte durch den ganzen Embryosack zu erhalten. Trotzdem kann ich Ihnen ein Paar Proben vorführen. Sehen wir uns den Embryosack von *Scilla sibirica* an. Im Kern der Ei-Zelle und der Synergiden sind keine nachweisbaren Mengen von Nuklein enthalten, ebensowenig in den Antipoden, die übrigens degeneriert erscheinen. Dagegen beobachtet man ganz deutlich kleinere Mengen von Basi-chromatin im I-Endospermkern, ohne dass bereits das Sperma hier eingedrungen wäre.

In den Kernen der Eizelle der Synergiden und des I-Endospermkerns von Helleborus vermag ich ebenfalls kein Nuklein oder nur Spuren desselben nachzuweisen. Dagegen enthalten die Antipodenkerne reichlich von dieser Substanz. Unter Umständen sind diese Antipodenkerne riesig gross. Osterwalder machte bereits bei *Aconitum Napellus* darauf aufmerksam und dann verblüffen sie noch mehr durch ihr Aussehen bei der Färbung in Ehrlich-Biondis Lösung, wie die soeben demonstrierten. Im Embryosack von Butomus umbellatus dagegen bemerken wir doch ganz deutlich kleinere Mengen von Nuklein sowohl in dem Kern der Eizelle und der Synergiden wie in dem I-Endospermkern.

Um Ihre Geduld nicht allzu stark in Anspruch nehmen zu müssen, will ich auf weitere Beispiele verzichten. Die andern

Fälle, die ich bis jetzt genauer untersuchte, stimmen mit den zitierten überein. Dagegen darf ich nicht unterlassen, daran zu erinnern, dass Zacharias-Hamburg bei der Untersuchung pflanzlicher Eikerne vor mir zu ähnlichen Resultaten gekommen ist, wie ich sie Ihnen soeben vorgeführt : Bei *Lilium candidum* konnte Zacharias etwas Kern-Nuklein nachweisen ; das nukleinhaltige Gerüst war aber sehr zart und substanzarm verglichen mit den derben nukleinreichen Gerüsten der sonstigen Kerne der Samenknospen. In den Ei-Kernen von *Pteris serrulata* konnte kein Kernnuclein nachgewiesen werden, ebensowenig in Eikernen von *Pinus silvestris*. Der Eikern von *Marchantia polymorpha* enthält nach Zacharias im schärfsten Gegensatz zum Spermakern keine durch das eingeschlagene Verfahren nachweisbare Menge von Kern-Nuklein.

Bis jetzt also habe ich keinen pflanzlichen Embryosack angetroffen, der in allen seinen Teilen nukleinfrei gewesen wäre ; daraus müsste ich konsequenterweise den Schluss ziehen, dass der pflanzliche Eiapparat noch nicht die Stufe der Differenzierung erlangt, wie dies beim Tier der Fall ist. Ein weiblicher Geschlechtsapparat, wie wir ihn bei *Helleborus, Leucojum* etc. angetroffen, der selbst bedeutende Mengen von Nuklein führt, ist zur weiteren Entwicklung seines Inhaltes, glaube ich, nicht unbedingt auf einen Anstoss von Aussen angewiesen ; er trägt die Bedingungen zur Zellvermehrung vielmehr in sich und muss daduch zur spontanen Samenbildung neigen. Die vielen Fälle natürlicher Parthenogenese bei Pflanzen bestätigen, so will mir scheinen, meine Anschauung und ich bin je länger je mehr davon überzeugt, dass der spontane Samenansatz bei Pflanzen eine viel grössere Rolle spielt, als man dies bis jetzt angenommen [1].

[1] Ich habe in dieser Beziehung bereits eine Reihe von Versuchen an gestellt, auf die ich hier jedoch nicht mehr eintreten kann. Nur kurz möchte ich bemerken, dass z B. *Amaryllis formosissima* in sämtlichen 20 Blüten, die ich pflegte, dieses Jahr reichlich Samen ansetzte trotzdem entweder der Griffel frühzeitig entfernt worden oder auf der Narbe selbst unter dem Mikroskop keine Spur von Pollen nachgewiesen werden konnte.

Schon Overton *(loc. cit.)* betont, dass er trotz sorgfältig ausgeführter legitimer Bestäubung bei c. 1 Dutzend scheinbar vollkommen normal ausgebildeter Blüten keine einzige Fruchtanlage erhalten habe, während man gelegentlich Individuen antreffe, die spontan Früchte ansetzen.

Wo es aber zur Befruchtung kommt, da sind die eigentlichen männlichen Befruchtungszellen, welche aus den generativen Kernen entstehen, den tierischen Spermatozoiden entsprechend; nur fehlen ihnen die Schwänze, die sie ja auch gar nicht brauchen, weil der Pollenschlauch die pflanzlichen Spermatozoen ja an den Ort ihrer Bestimmung bringt; ob diese übrigens trotzdem eine Eigenbewegung haben, kann ich gegenwärtig nicht entscheiden.

Meine Theorie, mit deren Hilfe ich eine Menge z. T. bekannter, z. T. neuer Tatsachen zusammenzufassen und von einem einheitlichen Standpunkt aus zu betrachten mich erkühnte, wird sich auf eine erhebliche Zahl von Einwänden und Fragen gefasst machen müssen. Nur eine einzige, aber nach meiner Ansicht recht bedeutsame Probe, wollen wir sie heute bestehen lassen.

Welche Vorstellung machen wir uns, nach dem Vorausgehenden, von dem parthenogenetisch sich entwickelnden Ei, von der Zelle also, die ohne einen Anstoss durch das Sperma zu erhalten, sich dennoch zu einem vollständigen Organismus zu entwickeln vermag? Dieses Ei wird vor allem reichlich Nukleïn enthalten müssen, antwortet man mir.

Parthenogenetisch sich entwickelnde Eier finden wir z. B. im Ovarium der Bienenkönigin. Ich habe von verschiedenen grossen thurgauischen Bienenzüchtern schöne Exemplare von Bienenköniginnen erhalten und ihre Eierstöcke sehr sorgfältig präpariert. Unsere Erwartung wird bestätigt: das Ei ist gefüllt mit Nukleïn und es ist im höchsten Grade interessant, eine solche Zelle zu vergleichen mit einem befruchtungsbedürftigen Ei, das in denselben Medien fixiert und gefärbt wurde.

Ganz ähnlich verhält es sich mit den parthenogenetischen Eiern von *Aphis* (z. B. *Aphis alni*).

Wenn also Zacharias mit Recht den scharfen Gegensatz zwischen dem Eikern (einer befruchtungsbedürftigen Zelle) und dem Spermakern hervorhebt, so besteht, wie wir gesehen, derselbe prinzipielle Unterschied auch zwischen den verschiedenen Eiern, den parthenogenetischen und den befruchtungsbedürftigen.

Und ein dritter Fall.

Es gelang mir, in der kleinen Muschel *Cyclas cornea* die ver-

schiedenen Entwicklungsstadien des *Distomum zygmoides* Zeder aufzufinden. Die « Keimkörper » der Sporocysten und Redien entwickeln sich bekanntlich ungeschlechtlich zu fertigen Individuen und die Kerne ihrer Zellen enthalten wiederum, wie wir es erwartet, reichlich Nukleïn. Ein Schnitt durch eine Redie, gefärbt in Ehrlich-Biondi, erinnert, durch seinen Reichtum an Basi chromatin weit weniger an die somatischen Gewebe der *Tiere*, als vielmehr an die Gewebe vegetativer Zellen von *Pflanzen*.

Aber auch die *Regeneration* eines Gewebes wird abhängig sein müssen von dem Kernnukleïn seiner Zellen. Die Regenerationsfähigkeit eines Zellkomplexes müsste um so bedeutender sein, je grösser der Gehalt der Kerne des regenerierenden Gewebes an Nukleïn ist; sie müsste verschwinden, falls die Menge des Nukleins unter einen bestimmten Betrag sinken oder gänzlich verausgabt würde.

Unter diesem Gesichtspunkte betrachtet wären z. B. die verschiedenen Gewebe des menschlichen Körpers sehr verschieden regenerationsfähig. Während z. B. die Leber ein Organ sein müsste, das zufolge des Nukleingehaltes seiner Zellkerne in hohem Masse regenerationsfähig wäre, käme dem Zentralnervensystem die Fähigkeit der Regeneration nur in sehr bescheidenem Masse oder gar nicht mehr zu. Die Erfahrungen, die wir auf diesen Gebieten bis jetzt gesammelt, bestätigen bekanntlich jene Voraussetzung.

Hochgeehrte Anwesende!

Ich bin am Schlusse meiner Auseinandersetzungen angekommen. Ich habe Theodor Schwann, diesen grossen Denker auf naturwissenschaftlichem Gebiet, an seinem Geburtstage ehren wollen — noch ist es ja nicht zu spät — durch eine ganz bescheidene Tat: Ich wollte die Wege gehen, die *er* seinerzeit ging, um zu sehen, was er vor uns erschaute: die grossartige Einheitlichkeit in der Welt der Organismen. Ihnen aber, hochgeehrte Anwesende, bin ich zu grösstem Danke verpflichtet für die Freundlichkeit, mich auf diesem Wege zu begleiten.

Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle

von

Emil Abderhalden

Meine Herren! Das Gebiet, *neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle,* das ich als Gegenstand für diesen Vortrag gewählt habe, ist ein so ausserordentlich umfassendes, dass es weder möglich ist, es auch nur annähernd in seinen Grenzen abzustecken, noch irgend ein einzelnes Problem in allen Einzelheiten erschöpfend zu behandeln. Ich muss mich daher darauf beschränken, einige Probleme, die von allgemeinerem Interesse sind, in ihren wesentlichsten Zügen zu erörtern. Wenn wir auf dem Gebiete der experimentellen Wissenschaften irgendeine Fragestellung in Angriff nehmen, dann suchen wir von soviel *bekannten* Grössen auszugehen, als nur irgendwie möglich. Wir sichern uns so eine bestimmte Basis, auf die wir immer wieder zurückkommen können. Ist uns Bekanntes versagt, dann suchen wir wenigstens *konstante* Grössen als Ausgangspunkt der einzelnen Versuche zu wählen. Hat z. B. der Chemiker eine bestimmte Substanz nach ihrer Zusammensetzung, ihrer Struktur und Konfiguration aufzuklären, dann wird er bemüht sein, durch bestimmte Operationen zu Verbindungen zu gelangen, die ihm bereits bekannt sind, oder für die er doch bestimmte Analogien kennt. Ist jedoch die Verbindung in ihrem ganzen Aufbau vollständig neuartig, dann hat er wenigstens das Ausgangsmaterial als konstante Grösse, und ebenso wird es ihm gelingen, bei Innehaltung ganz bestimmter Bedingungen stets zu den gleichen Abbauprodukten zu gelangen, sodass auch diese sich in die Reihe bestimmter Grössen einordnen. Fragen wir uns, ob der Biologe in der gleichen Lage ist, wenn er über irgendwelche Vorgänge in der Zelle sich unterrichten will. *Stellt die Zelle als solche eine bekannte Grösse*

dar, oder ist sie wenigstens als eine konstante aufzufassen? Die erstere Frage müssen wir auch heute noch verneinen. Wohl kennen wir zahlreiche Bausteine der Zelle, doch fehlt uns noch der Einblick in die feinere Struktur der einzelnen Zellbestandteile, und vor allen Dingen wissen wir noch ausserordentlich wenig über die Beziehungen der einzelnen Zellbausteine zueinander. Das ist auch der Grund, weshalb wir so ausserordentlich viele Fragestellungen, welche die Vorgänge in der Zelle betreffen, nur indirekt beantworten können. Man hat versucht, Einzelphasen des Zelllebens, losgelöst von der Gesamtheit der Einzelvorgänge in der Zelle, für sich zu betrachten. Die so gewonnenen Ergebnisse sind dann mosaikartig zusammengefügt worden und aus dem erhaltenen Bilde hat man versucht, sich ein Bild über die Vorgänge in der Zelle selbst zu machen. Betrachtet man jedoch dieses Bild genau, dann entdeckt man ohne weiteres grosse Lücken, und bei noch schärferem Zusehen findet man, dass neben bestimmt festgestellten Tatsachen zahlreiche Hypothesen das Bild vervollständigen. Entfernt man diese, dann wird das Bild immer undeutlicher und immer schärfer tritt zutage, dass wir uns bei der Frage nach dem Zellstoffwechsel erst in den allerersten Anfängen befinden.

Die zweite Frage, ob die einzelne Zelle des Pflanzen- und des Tierreichs als eine *konstante* Grösse zu betrachten ist, kann je nach der Art der Auffassung der Fragestellung nach zwei Richtungen hin beantantwortet werden. Vergleichen wir die einzelnen Vorgänge in der Zelle von Moment zu Moment, dann können wir die Zelle unmöglich als eine konstante Grösse bezeichnen. In keinem einzigen Augenblicke befindet sich die Zelle in vollständiger Ruhe. Fortwährend wechseln Aufbau und Abbau, Reduktion und Oxydation u. s. w. Auch vom physikalischen Standpunkte aus betrachtet, befindet sich die Zelle wohl niemals im Gleichgewicht. Ohne dass von aussen Stoffe zugeführt werden, kann z. B. die Zelle in ihrem Innern den osmotischen Druck fortwährend ändern. Bald entzieht sie der Lösung Kristalloide, indem sie diese zum Aufbau kolloider Stoffe benutzt; bald zerlegt sie umgekehrt Stoffe, die keinen Einfluss auf den Innendruck der Zelle haben, in einfachere Spaltprodukte, die

wirkliche Lösungen bilden: der osmotische Druck wird gesteigert. Handelt es sich bei diesen fortwährenden Veränderungen ohne Zweifel auch nur um Schwankungen, die für unsere Apparate kaum messbar sind, so ist doch von diesen Gesichtpunkten aus die Zelle, streng genommen, in keinem einzigen Moment eine wirklich konstante Grösse. Befindet sich die Zelle wirklich einmal im Gleichgewicht, dann hat sie aufgehört zu leben. Betrachtet man jedoch nicht die Einzelvorgänge in der Zelle in den äussersten Feinheiten, sondern hält man sich an die Gesamtheit der Einzelprozesse, d. h. verfolgt man den Zellstoffwechsel und die daraus hervorgehenden Produkte qualitativ, dann kommen wir zu einem anderen Ergebnis. Es soll dieses an die Spitze des Vortrages gestellt werden. Wir werden dann versuchen, durch Erörterung bestimmter Probleme die aufgestellten Sätze zu stützen.

Jede einzelne Zelle des Pflanzen- und Tierreiches besitzt eine ganz bestimmte Struktur. Ihre Bausteine sind ganz spezifisch aufgebaut. Die verschiedenartigen Bestandteile der Zelle stehen unter sich in ganz bestimmten Beziehungen. Dieser für jeden Zellleib charakteristischen Bauart entsprechen auch ganz bestimmte Funktionen. Wir können sagen, dass der spezifische Bau der Zelle ausschlaggebend ist für die der Zelle eigenartigen Funktionen, und umgekehrt können wir dasselbe zum Ausdruck bringen, wenn wir betonen, dass bestimmten Funktionen eine ganz bestimmt geartete Zellstruktur entspricht. Die Grundlage für die eigenartige Struktur der Zelle jeder einzelnen Art ist durch den ganzen Aufbau der Geschlechtszellen gegeben. Dieser ist massgebend für den Bau aller späteren Zellen.

Es seien aus der Fülle von Beobachtungen, welche zu der erwähnten Auffassung geführt haben, diejenigen hier erwähnt, welche am eindeutigsten und klarsten für den spezifischen Bau der einzelnen Zellelemente sprechen. Wir wollen von ganz einfachen Beobachtungen ausgehen.

Es erregte seinerzeit ganz ausserordentliches Aufsehen, als Beobachtungen bekannt wurden, die zu beweisen schienen, dass selbst einzellige Lebewesen, bei denen sich mit unseren Hilfsmitteln nicht einmal mit Sicherheit ein Kern nachweisen liess,

Verstandestätigkeit zeigen. So führt u. a. *Cienkowski* an, dass das einzellige Lebewesen Vampyrella Spirogyrae unter zahlreichen verschiedenen Algenarten immer nur eine ganz bestimmte als Nahrungsmittel wählt. Legt man ihr die verschiedenartigsten Algenfäden vor, dann eilt sie von einer Art zur andern, bis sie die Algenart gefunden hat, die ihr als Nahrung dient. Betrachten wir diesen Befund auf Grund der Ergebnisse der neueren Forschung etwas genauer, dann können wir ihn sehr leicht seines mystischen Gewandes entkleiden. Die Tier- und Pflanzenzelle arbeitet, wie wir jetzt genau wissen, ganz allgemein mit Stoffen, die wir als Fermente bezeichnen. Diese Stoffe sind uns ihrem Wesen nach leider noch immer vollständig unbekannt. Wir erkennen sie nur an ihrer Wirkung. Wir wissen, dass die Fermente auf ganz bestimmte Stoffe (Substrate) eingestellt sind. *Emil Fischer* hat zum leichteren Verständnis der Beziehungen zwischen Ferment und Substrat ein sehr schönes Bild gebraucht. Er vergleicht das Ferment mit einem Schlüssel und das Substrat mit einem Schloss. Wie ein Schlüssel ganz bestimmter Art nur imstande ist, ein Schloss zu öffnen, das eine ganz bestimmte Struktur besitzt, so kann das Ferment ebenfalls nur Substrate erschliessen, die in ihrem feinsten Aufbau dem besonders gestalteten Schlüssel entsprechen. Unser einzelliges Lebewesen ist ebenfalls mit Fermenten der verschiedensten Arten ausgerüstet. Es eilt mit seinen Schlüsseln von Alge zu Alge. Vergeblich sucht es die Zellwände aufzuschliessen, um sich des Inhalts der Zelle zu bemächtigen. Der Schlüssel passt eben nicht auf die vorhandenen Schlösser. Endlich stösst die Vampyrella auf eine Algenart, deren Zellwände sie zu erschliessen vermag. Nun liegt der Zellinhalt frei und das Lebewesen kann sich ernähren. Nicht eine bestimmte Verstandestätigkeit ist somit ausschlaggebend für die Auswahl einer bestimmten Zelle, sondern den Ausschlag gibt die bestimmte ein für allemal festgelegte Beziehung zwischen der Struktur der Fermente und derjenigen der anzugreifenden Substrate. Sind durch diese Feststellung auch lange noch nicht alle Rätsel bei diesem Vorgange gelöst, so ist doch das ganze Problem auf eine exaktere und vor allen Dingen experimentell

angreifbare Basis gestellt. Geblieben ist das Rätsel der Bildung der Fermente und geblieben ist auch die Frage nach der Struktur der Fermente und dem spezifischen Aufbau der einzelnen Substrate. Das eben erwähnte Beispiel hat neben dem speziellen Interesse noch ein viel allgemeineres. Das einzellige Lebewesen ist in diesem Falle ein ausserordentlich feines Reagens auf die Zusammensetzung der Zellwände einzelner Algenarten. Wir sind zurzeit auf Grund unserer chemischen Kenntnisse nicht imstande, die Zusammensetzung der Zellwände verschiedener Algenarten irgendwie genauer zu kennzeichnen. Das einzellige Lebewesen kann das mit Hilfe der ausserordentlich fein eingestellten Agentien, eben den Fermenten. So liefern denn diese den zwingendsten Beweis dafür, dass selbst die Wände von Zellen sehr nahe verwandter Arten in ihrer Zusammensetzung nicht identisch sind. Selbst hier bei diesen Substraten, die in der ganzen Pflanzenwelt die gleichen Funktionen zu erfüllen haben, nämlich die Zelle abzugrenzen und zu schützen, kommt der spezifische Aufbau jeder einzelnen Zellart klar zum Ausdruck. Sollte es glücken, irgendein Ferment seinem Wesen nach vollständig aufzuklären, und sollte gar ein solches Ferment synthetisch dargestellt werden, dann würde die ganze biologische Forschung einen neuen Impuls erhalten. Unzählige Fragestellungen würden schärfer formuliert werden können. Ein Rätsel nach dem andern würde gelöst werden und unzählige Hypothesen dürften ihre Existenzberechtigung verlieren. An deren Stelle würden Tatsachen treten. Auch dem Chemiker eröffnete sich eine ganz ungeahnte Perspektive. Er würde in den Fermenten Reagentien von einer Feinheit erhalten, wie er sie noch niemals besessen hat. Er würde Fragen über Strukturverhältnisse und über die Konfiguration bestimmter Substrate mit Hilfe der Fermente in kürzester Zeit lösen können.

Ein weiterer Beweis für die spezifische Struktur der Zellbausteine bestimmter Zellarten ergibt sich aus den folgenden einfachen Beobachtungen.

Wenn wir zwei bestimmte Zellarten, z. B. bestimmte Mikroorganismen auf einem bestimmten Nährboden züchten, dann werden die beiden Zellen trotz der gleichartigen Nahrung im

allgemeinen ihren Artcharakter unverändert bewahren. Wir können auch die gleichen Zellarten mit den mannigfaltigsten Nahrungsstoffen ernähren; es wird uns unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht gelingen, einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Zellbestandteile zu gewinnen. Die gleichen Beobachtungen machen wir auch bei den komplizierter gebauten Organismen der Pflanzen- und Tierwelt. Wir sehen auf derselben Wiese Pferde, Rinder, Hasen usw. weiden, und wir können Löwen, Hechte, Schlangen usw. monatelang mit der gleichen Fleischart füttern, es wird uns nicht gelingen, irgendeine dieser Arten nach irgendeiner Seite hin zu beeinflussen. Jede einzelne Tierart hält zäh an dem in den Geschlechtszellen übernommenen Bauplan fest. Schon diese einfache Beobachtung weist darauf hin, dass keine einzige Zelle unter normalen Verhältnissen die Nahrungsstoffe in unverändertem Zustand von aussen übernimmt. Alle Nahrungsstoffe, gleichgültig welcher Art, ob sie nun dem Pflanzenreich oder dem Tierreich entstammen, gehören zunächst bestimmten Zellen an. In diesen haben sie eine ganz bestimmte Rolle gespielt. Entsprechend unserer ganzen Auffassung des Zellaufbaues müssen diese Stoffe einen bis in die äussersten Feinheiten hinaus spezifischen Bau haben. Nun sollen diese Substanzen von einer anderen Zelle, die sicher ganz andere Funktionen zu erfüllen hat, übernommen werden. Die Zelle befindet sich in einer ganz ähnlichen Lage, wie ein Architekt, dem der Auftrag erteilt wird, aus einem Gebäude, das einen ganz bestimmten Zweck erfüllt hat und ausserdem vielleicht noch einen ganz bestimmten Stil besitzt, ein anderes Gebäude, das einem ganz anderen Zweck dienen soll, zu bauen. Nehmen wir an, dass eine Kirche in ein Schulhaus umgebaut werden soll. Der Architekt wird sich nicht lange besinnen. An einen direkten Umbau wird er keinen Augenblick denken. Er wird vielmehr die Kirche vollständig abtragen. Baustein wird von Baustein gelöst. Nichts erinnert mehr an die ursprüngliche Struktur. Diese einfachsten Bausteine werden nunmehr von neuem zusammengefügt. Zum Teil können sie direkt übernommen werden, zum Teil werden sie erst behauen und dem ganzen Bau angepasst, und so ergibt sich denn das neue Gebäude

entsprechend dem aufgestellten Plane. Genau in der gleichen Weise verfährt nun auch die Zelle. Sie übernimmt nichts, ohne es erst vorher seiner spezifischen Bauart entkleidet zu haben. Für sie bedeutet jeder Nahrungsstoff in seiner ursprünglichen Form etwas vollständig Fremdartiges. Sie baut ihn so lange ab, bis nichts mehr an die spezifische Struktur erinnert. Dann übernimmt sie die einfachsten Bausteine und beginnt nun nach ihren eigenen Plänen zu bauen. Das einzellige Lebewesen kommt beständig mit den verschiedenartigsten Nahrungsstoffen in Berührung. Fortwährend trifft es auf Fremdartiges. Eine seiner wesentlichsten Tätigkeiten ist der Abbau dieser eigenartigen Nahrungsstoffe und der Aufbau zu Bestandteilen, die in das ganze Gefüge der Zelle hineinpassen. Auf diese Weise verhindert die Zelle, dass Fremdartiges sich ihr einfügt. Wäre das der Fall, dann würden sofort die in ganz bestimmten Bahnen sich abwickelnden Zellvorgänge in eine ganz andere Richtung gedrängt. Mit der Abänderung des Zellaufbaues wäre unmittelbar eine Veränderung der Funktionen der Zelle verknüpft.

Der komplizierter gebaute Organismus, speziell das höher organisierte Tier hat die Umwandlung der Nahrungsstoffe in Bestandteile der Zelle in zwei grosse Phasen zerlegt. Der erste eingreifende Abbau vollzieht sich im Magendarmkanal. Hier sind Fermente vorhanden, welche Baustein von Baustein lösen. Die komplizierter gebauten Kohlehydrate werden in indifferente Zuckermoleküle, z. B. Traubenzucker zerlegt, die Fette in Alkohol und Fettsäuren gespalten, die Eiweisskörper zu Aminosäuren abgebaut usw. Auch die anorganischen Bestandteile, die sich mit organischen Verbindungen zu komplizierten Molekülen zusammengefunden haben, werden abgespalten, und in Jonenformen vom Organismus übernommen. Die ganze Verdauungstätigkeit hat nicht nur den Zweck, die unlöslichen, nicht diffundierbaren Nahrungsstoffe in resorbierbare überzuführen. Die Hauptaufgabe der Verdauungsfermente ist vielmehr die gründliche Zerstörung des spezifischen Aufbaues der einzelnen Nahrungsstoffe. Ein Gemisch gänzlich indifferenter Bausteine bleibt übrig und diese gelangen dann zur Resorption. Sie stehen teils den einzelnen Organzellen direkt zur Verfügung,

zum Teil findet bereits in der Darmwand ein Aufbau zu komplizierteren Verbindungen statt. So entsteht z. B. aus Alkohol und Fettsäuren indifferentes Fett, und wahrscheinlich findet an demselben Orte auch eine Synthese von indifferentem Plasmaeiweiss aus den resorbierten Aminosäuren statt. Alle diese umgewandelten Nahrungsstoffe zirkulieren dann in der Blut- und Lymphbahn und stehen jeder einzelnen Zelle zur Verfügung. Diese bauen dann nach speziellen Plänen durch Ab- und Aufbau den übernommenen Stoff so um, dass er in die ganze Zelle mit ihrer spezifischen Struktur hineinpasst. Die zweite Phase des Umbaus vollzieht sich. Die körpereigen gewordenen Stoffe werden zelleigen. Unsere Körperzellen erfahren niemals, welcher Art die aufgenommene Nahrung war. Ob wir eine bestimmte Fleischart als Eiweissnahrung wählen, oder diese aus dem Pflanzenreich beziehen, ist an und für sich unseren Organzellen ganz gleichgültig. Wenn nur die Möglichkeit besteht, dass die aufgenommen Stoffe von den Fermenten des Magendarmkanales vollständig abgebaut werden können, und das entstehende Gemisch einfachster Bausteine so beschaffen ist, dass kein Bestandteil von Bedeutung fehlt. So bildet denn der Magendarmkanal mit seinen Fermenten eine mächtige Barriere gegen die Aussenwelt. Nie dringt etwas Fremdartiges in unseren Körper ein.

Auch die höher organisierte Pflanze arbeitet genau nach dem gleichen Prinzip, wie wir es eben für das Tier geschildert haben. Beginnt z. B. eine Pflanze zu keimen, dann beobachten wir, dass die verschiedenartigsten Organe hervorwachsen. Wir sehen die Bildung des Stengels mit Zellen eigener Art. Wir beobachten, wie die Blätter spriessen. Kurz, überall treten uns neuartige Zellen mit ganz bestimmten Aufgaben entgegen. Gleichzeitig bemerken wir, dass die im Samen aufgespeicherten Reservestoffe verschwinden. Sind diese von den neuen Zellen direkt übernommen worden ? Die genaue Verfolgung des Keimungsprozesses hat gezeigt, dass das keineswegs der Fall ist. Mit dem Auftreten der Keimung beginnt sofort ein lebhafter Abbau der aufgespeicherten Stoffe. Es treten Fermente in Aktion. Alles wird in einfachste Bausteine zerlegt. Diese werden

den neu sich bildenden, mit eigenartigen Aufgaben betrauten Zellen zugeführt. Diese bauen aus ihnen Zellbestandteile nach eigenen Plänen auf. Uberall, wo wir hinblicken, erkennen wir ein zähes Festhalten jeder einzelnen Zellart an einer einmal gegebenen Struktur. Diese ist massgebend nicht nur für die ganze Lebensdauer des einzelnen Individuums, sondern weit darüber hinaus für alle Nachkommen. Der einmal festgelegte Plan wird in den Geschlechtszellen weitergegeben und in allen Einzelheiten vom neuen Lebewesen bewahrt. Die Verdauungsfermente haben, von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, die hohe Bedeutung, bei der Erhaltung der speziellen Artcharaktere mitzuhelfen. Ausschlaggebend ist ihre Rolle nach dieser Richtung auch bei den höher organisierten Tieren nicht, wie wir gleich erfahren werden. Das Wesentliche ist vielmehr der ein für allemal für jede Zellart festgelegte Bauplan. Er ist in seinen Grundlagen für alle Zellen ein und derselben Art ein gegebener. Dazu kommt dann der spezielle Ausbau, der von Organzelle zu Organzelle wieder ein besonderer ist.

Sind die gegebenen Vorstellungen über die Bedeutung der Verdauung, in der wir kurz gesagt eine Entkleidung der spezifischen Struktur der aufgenommenen Nahrungsstoffe erblicken, richtig, dann muss der tierische Organismus ohne Zweifel eigenartig reagieren, wenn wir ihm nicht umgeprägte Nahrungsstoffe gewissermassen aufzwingen. Wir können das leicht erreichen, indem wir bestimmte Nahrungsstoffe unter die Haut spritzen, d. h. mit andern Worten, wir entziehen die einzuführenden Stoffe der Kontrolle des Magendarmkanals mit seinen Fermenten. Es ist hier nicht der Ort, näher auf die interessanten Beobachtungen einzugehen, welche sich an diese Versuchsanordnung geknüpft haben. Unzählige Fragen der gesamten Immunitätsforschung berühren sich in diesem Punkte. Es sei nur ein einfaches Beispiel herausgegriffen, um zu zeigen, dass der tierische Organismus auf das Eindringen artfremder, nicht körpereigener Stoffe in seine Gewebe zunächst nicht eingerichtet ist. Geben wir einem Hunde Rohrzucker zu fressen, dann können wir dieses Disaccharid jenseits des Darmkanales nicht mehr nachweisen. Untersuchen wir den Harn, dann finden

wir ihn zuckerfrei. Spritzt man eine kleine Menge von Rohrzucker unter die Haut, so erscheint der grösste Teil des zugeführten Zuckers unverändert im Harn wieder, d. h. die Zellen der einzelnen Organe sind nicht imstande, den Rohrzucker zu verwenden. Er ist eben den Zellen fremdartig. Er kann nicht ohne weiteres von ihnen übernommen werden, wohl aber kann jede einzelne Körperzelle die Bausteine benutzen, die im Rohrzucker gebunden sind, Traubenzucker und Fruchtzucker, sobald diese selbst zur Verfügung stehen. Die genauere quantitative Verfolgung des Verhaltens des Organismus nach Zufuhr von Stoffen, die eine bestimmte, dem Körper fremdartige Struktur besitzen, hat ergeben, dass auch der kompliziert gebaute Organismus diesen nicht ganz machtlos gegenübersteht. Wie das einzellige Lebewesen genötigt ist, die verschiedenartigsten Nahrungsstoffe anzupacken und auch den Fermenten unseres Magendarmkanales die mannigfaltigsten Aufgaben gestellt werden, so passen sich die Körperzellen, wenn sie dazu gezwungen werden, auch neuartigen Aufgaben an. Es beginnt eine richtige Verdauung jenseits des Darmkanales, und zwar spielt sie sich, wie es scheint, in der Hauptsache im Blute ab. Dieser ganze Vorgang lässt sich in sehr durchsichtiger Weise verfolgen. Entnehmen wir einem Hunde, der Rohrzucker gefressen hat, Blut, und bestimmen wir das Drehungsvermögen des Blutplasmas, dem wir etwas Rohrzucker zugesetzt haben, dann erhalten wir ein ganz bestimmtes Drehungsvermögen. Dieses bleibt auch nach vielen Stunden vollständig unverändert. Spritzt man dagegen einem Hund etwas Rohrzucker unter die Haut, und entnimmt man dann nach einiger Zeit Blut, dann verändert sich die Anfangsdrehung von Blutplasma und Rohrzucker im Laufe von Stunden fortwährend. Die Rechtsdrehung, welche zunächst beobachtet wird, geht allmählich in Linksdrehung über. Der zugesetzte Rohrzucker ist in seine Komponenten, Traubenzucker und Fruchtzucker, gespalten worden. Ganz analoge Beobachtungen hat man nach Einspritzung von Eiweisskörpern gemacht. Auch hier beobachten wir ganz neue Eigenschaften des Blutplasmas. Dieses ist im allgemeinen vor der Zufuhr des artfremden Stoffes nicht imstande, Proteine abzu-

bauen. Ezwingen wir jedoch das Eintreten körperfremder Stoffe in die Blutbahn, dann macht die Zelle Fermente mobil und sendet diese den fremdartigen Stoffen entgegen, um sie durch Abbau ihrer spezifischen Struktur zu berauben. Wiederum entstehen einfachste indifferente Bausteine, aus denen dann die Zellen ihre eigenen Zellbestandteile aufbauen können. Der gleiche Vorgang, der sich normalerweise im Magendarmkanal vollzieht, ist in der Blutbahn vor sich gegangen. So sichert sich die Zelle die kostbaren Bausteine, die in dem fremdartigen Material enthalten sind. Ist der Organismus nicht in der Lage, sich derartige Stoffe durch weitgehenden Abbau nutzbar zu machen, so wird er versuchen, diese durch Ausscheidung aus dem Körper zu entfernen. Gelingt es ihm nicht, sich der Substanzen auf einem der genannten Wege zu entledigen, dann sind schwere Störungen im Ablaufe des Stoffwechsels der einzelnen Zellen zu befürchten. Das harmonische Zusammenarbeiten der verschiedenartigsten Körperzellen ist durch die Anwesenheit fremdartiger Produkte gestört.

Es sei hier kurz erwähnt, dass wir von den gegebenen Gesichtspunkten aus in der Lage sind, die *Infektionskrankheiten* und manche anderen *pathologischen Prozesse* in engem Zusammenhang mit unserer Auffassung des normalen Zellstoffwechsels zu betrachten. Solange der Organismus ein in sich abgeschlossenes Ganzes bildet, d. h. solange der Magendarmkanal mit seinen Fermenten darüber wacht, dass nichts Fremdartiges in den Organismus eindringt, und so lange nichts mit Umgehung des Magendarmkanals sich in unseren Organen festsetzt, ist die Garantie für ein einheitliches Zusammenarbeiten aller Körperzellen gegeben. Eine Störung kann nur eintreten, wenn die eine oder andere Zellart ihre Funktion einstellt, sei es, dass sie von Schädigungen der mannigfachsten Art getroffen wird, sei es, dass Zellen dadurch zur Aufgabe ihrer Funktionen gezwungen werden, dass bestimmte Sekrete, die für ihre Zellarbeit unerlässlich sind, von anderen Zellen nicht mehr geliefert werden. Das ganze Bild ändert sich sofort, wenn fremdartige Zellen in den Organismus eindringen. Das ist z. B. der Fall, wenn sich in unseren Geweben Mikroorganismen festsetzen. Diese haben

ihrer Art entsprechend eine ganz spezifische Zellstruktur. Entsprechend ihrem eigenartigen Bau haben sie auch besondere Funktionen. Ihre Stoffwechselendprodukte sind eigener Art. Auch die abgegebenen Sekrete tragen den Stempel des spezifischen Zellbaus. Nun kreisen auf einmal in unserem Organismus fremdartige Produkte. Da und dort stirbt eine solche Zelle ab. Dadurch gelangen die fremdartigen Bausteine dieser Zellen mit ihrem eigenartigen Bau in den Kreislauf. Wir haben im Prinzip genau dieselben Verhältnisse, wie wenn fremdartigen Stoffen der Eingang in unseren Organismus durch Einspritzung erzwungen wird. Der Organismus wird sich diesen Stoffen gegenüber genau so verhalten, wie in unserem Beispiel, dem Rohrzucker und dem artfremden Eiweiss gegenüber. Er wird Fermente eigener Art mobil machen, um die Mikroorganismen und deren Bausteine zu zerlegen und auf diesem Wege versuchen, zu indifferenten Bausteinen zu gelangen. Die Mikroben selber wird er durch Absonderung bestimmter Stoffe zu töten trachten. Das allein genügt aber nicht. Es wird darauf ankommen, ob er, wie schon erwähnt, in der Lage ist, so rasch als möglich die fremdartigen Stoffe zu entfernen. Lange, nachdem die Invasion der Mikroorganismen glücklich abgeschlagen worden ist, kreisen im Organismus noch Fermente, die in der Lage sind, die betreffenden spezifischen Zellbestandteile zu zerlegen. Versagen die Zellen des Organismus, sind sie nicht imstande, das Fremdartige seiner Spezifizität zu entkleiden, dann unterliegt er nach längerem oder kürzerem Kampfe. Das Fremdartige ist zu mächtig geworden. Der Zellstoffwechsel ist dauernd gestört.

Ganz analoge Verhältnisse, wie bei einer Infektion, haben wir offenbar auch bei dem *Karzinom* und beim *Sarkom* und manchen anderen Veränderungen der Körperzellen. Auch hier haben wir Zellen mit fremdartiger Struktur und fremdartigen Funktionen vor uns. Sie knüpfen Beziehungen mit manchen normalen Zellen an. Sie senden Sekretionsprodukte eigener Art aus. Zerfällt eine solche Karzinomzelle, dann kreist ebenfalls etwas Fremdartiges im Organismus des Krebsträgers. Er wird auch versuchen, sich der fremdartigen Stoffe zu erwehren. Er

wird Fermente ausschicken, um diese abzubauen, und auch hier wird sich ein Kampf entspinnen, ganz analoger Art, wie nach künstlicher Einführung körperfremder Stoffe oder nach einer Invasion körperfremder Zellen.

Alle bis jetzt erwähnten Vorgänge enthüllen ein gemeinsames Bild, nämlich Zellen ganz bestimmter spezifischer Struktur, die lebhaft um ihre Existenz kämpfen. Sie weisen alles Fremdartige von sich. Mit grosser Zähigkeit wird der ererbte Bauplan festgehalten, und damit wird auch für jede einzelne Zelle dauernd eine ganz bestimmte Funktion gewährleistet. Von diesem letzteren Gesichtspunkte aus ist die Auffassung der einzelnen Zelle als eine konstante Grösse von ganz besonderer Bedeutung. Wir wissen jetzt, dass im tierischen Organismus und höchstwahrscheinlich auch im Pflanzenorganismus keine einzige Zellart ein Dasein für sich führt. Kein einziges Organ bildet ein in sich abgeschlossenes Ganzes. Jede Zelle gehört zunächst einer bestimmten Organisation an. Diese selbst hat jedoch dem gesamten Körper gegenüber bestimmte Aufgaben zu erfüllen. Jede einzelne Zelle liefert Stoffe, welche im gesamten Haushalte eine ganz bestimmte, ein für allemal festgelegte Rolle spielen. Einige Beispiele mögen das eben Gesagte kurz erläutern.

Die Pankreasdrüse sendet z. B. die Vorstufe eines wichtigen Verdauungsfermentes in den Darmkanal. Es ist dies das Trypsinzymogen. Dieses ist nicht imstande, Eiweisskörper anzugreifen. Seine wirksame Gruppe ist auf irgendeine Weise verdeckt. Erst wenn diese Vorstufe mit einem zweiten Stoffe, der sogenannten Enterokinase, zusammentrifft, verwandelt sich das Zymogen in das wirksame Ferment. Die genannte Kinase wird von den Zellen des Darmes abgegeben. Wir haben also hier ein sehr schönes Beispiel des Zusammenwirkens ganz verschiedener Organe vor uns. Die Enterokinase hat an und für sich keine Bedeutung und ebensowenig kann die Pankreasdrüse mit dem Fermentzymogen irgend etwas anfangen. Durch das Zusammentreffen beider Stoffe wird erst das angestrebte Ziel — Abbau von Eiweisskörpern — erreicht. Versagt das eine oder andere Organ, dann ist eine empfindliche Störung gegeben.

Entfernen wir die Pankreasdrüse aus dem Organismus, dann zeigt sich eine schwere Störung des Kohlehydratstoffwechsels. Im Harn tritt Zucker auf. Das pankreaslose Tier geht nach einiger Zeit zugrunde. Durch die Exstirpation der Bauchspeicheldrüse haben wir zunächst diejenigen Körperzellen, die Traubenzucker abbauen und als Kraftquelle benützen, keineswegs geschädigt. Sie funktionieren in normalen Bahnen weiter. Sie warten auf den Stoff, der zum Abbau des Traubenzuckers unentbehrlich ist. Nun bleibt er aus. Die Zelle kann den Traubenzucker nicht mehr in ausreichendem Masse angreifen. Er ist in gewissem Sinne für sie fremd geworden. Es fehlt das Werkzeug, um ihn aufzuspalten, und so zirkuliert er unverbraucht im Organismus und erscheint als überflüssiger Ballast, als wertloses Material in Harn. Verpflanzen wir ein kleines Stück der Pankreasdrüse an irgendeine Stelle des Körpers, dann sehen wir, dass der Kohlehydratstoffwechsel wieder in normale Bahnen gelenkt wird. Die Zellen der Pankreasdrüse senden an die Lymph- und Blutbahn den für den Abbau der Kohlehydrate so wichtigen Stoff wieder aus. Der Stoff allein kann Traubenzucker auch nicht angreifen. Er wirkt erst gemeinsam mit einem zweiten Stoff, den wohl alle Körperzellen besitzen. Ganz analoge Beobachtungen hat man bei fast allen Organen des tierischen Organismus gemacht. Die Schilddrüse, die Nebenschilddrüse, die Hypophyse, die Thymus, die Nebennieren, die Geschlechtsdrüsen usw., sie alle senden Stoffe aus, die im Organismus in anderen Organen ganz bestimmte Funktionen in die Wege leiten. Es unterliegt keinem Zweifel, dass nicht nur die Organe, die eben genannt worden sind, und für die es ganz gleichgültig ist, an welcher Stelle im Organismus sie sich befinden, — es genügt, wenn sie irgendeinen Zusammenhang mit der Blut- und Lymphbahn haben, — derartige Stoffe absondern, es spricht vielmehr sehr vieles dafür, dass überhaupt alle Zellen unter sich in Wechselbeziehung stehen. Es ist klar, das eine Zusammenarbeit der verschiedenartigsten Organe mit ihren ganz spezifischen Zellarten nur dann möglich ist, wenn nichts Fremdartiges hemmend zwischen die einmal in bestimmte Bahnen geleiteten Funktionen tritt.

Geht man diesen Wechselbeziehungen zwischen den mannigfaltigsten Zellarten etwas tiefer auf den Grund, dann erkennt man in ihnen einen neuen Beweis dafür, dass die verschiedenartigsten Körperzellen eine konstante Struktur besitzen müssen, und zwar muss diese in feinster Weise physikalisch und chemisch abgestuft sein. Die von den Zellen abgesonderten Stoffe kreisen im Blut und in der Lymphe. Sie werden an den verschiedenartigsten Zellen vorbeigeführt. Sie entfalten ihre Wirkung jedoch nur auf ganz bestimmte Zellen. Das schönste Beispiel dieser Art haben wir bei dem von den Nebennieren abgesonderten Suprarenin. Diese eigenartige Substanz wirkt nur auf Organe, die vom Nervus sympathicus innerviert sind. Ja es hat sich sogar gezeigt, dass das im Laboratorium dargestellte Suprarenin an Wirkung hinter dem von der Nebenniere abgesonderten zurücksteht. Das erstere ist optisch inaktiv. Es besteht aus einem linksdrehenden Anteil. Das in der Natur vorkommende Suprarenin ist optisch aktiv und dreht nach links. Es ist somit die Konfiguration des Suprarenins ausschlaggebend für seine Wirkung. Das nach rechts drehende Suprarenin ist viel weniger wirksam, und wenn man es optisch rein darstellen könnte, würde es sich vielleicht als ganz unwirksam erweisen. Diese Beobachtungen zusammengenommen mit der Feststellung, dass überhaupt die von einzelnen Organen abgegebenen spezifischen Sekrete nur auf ganz bestimmte Zellarten einwirken, führt ohne weiteres zu der Vorstellung, dass wir auch hier engste Beziehungen zwischen der Struktur der von den Zellen abgegebenen Stoffe und derjenigen der einzelnen Körperzellen vor uns haben. Die spezifische Wirkung bestimmter Sekretstoffe weist uns direkt auf Strukturunterschiede der verschiedenen Zellarten hin. Ein besonders schönes Beispiel der gegebenen Vorstellungen liefert der *Hermaphroditismus verus lateralis.* Bei diesem finden wir Tiere (Enten, Fasane), welche, kurz gesagt, halb Mann und halb Weib sind. Schon die äussere Betrachtung dieser Individuen zeigt, dass genau in der Mitellinie des Körpers abgegrenzt, auf der einen Seite das schlichte Kleid des Weibchens sich findet, während auf der anderen Seite das farbenprächtige Gefieder des Männchens uns entgegentritt.

Bei der Sektion solcher Tiere ergab es sich, dass auf der einen Seite eine männliche Geschlechtsdrüse, auf der anderen eine weibliche vorhanden war. Beide Drüsen geben an das Blut Stoffe ab. Wir können uns nun nicht vorstellen, dass der eine oder andere Stoff genau in der Mitte des Körpers kehrt macht. Wir müssen vielmehr annehmen, dass dievon dem Eierstock abgegebenen Stoffe und die vom Hoden sezernierten im gesamten Organismus an allen Zellen vorüberziehen. Weshalb setzt sich nun der Organismus dieser Tiere aus zwei verschiedenen Hälften zusammen? Weshalb greifen die männlichen und weiblichen Sekretionsstoffe die verschiedenartigen Körperzellen nicht gleichmässig an? Offenbar deshalb nicht, weil eben bestimmte Beziehungen zwischen dem Aufbau des betreffenden Stoffes und der Zelle vorhanden sind. Die von der männlichen Geschlechtsdrüse abgegebenen Stoffe sind auf bestimmte Zellen eingestellt, und das gleiche gilt für die von den weiblichen Geschlechtsdrüsen sezernierten Produkte. Das Bild von dem Schlüssel und Schloss passt auch hier. Diese Feststellung zeigt uns gleichzeitig, dass die Auffassung, wonach die Sekrete der Geschlechtsdrüsen die sekundären Geschlechtscharaktere hervorrufen sollen, unrichtig ist. Die einzelnen Zellen haben vielmehr von vorneherein eine ganz bestimmte Struktur. Das Sekret der Geschlechtsdrüsen bringt die sekundären Geschlechtscharaktere nur zur Entwicklung. Eine gegebene Anlage wird zur vollen Blüte entfaltet.

Betrachtet man auf Grund der gegebenen Vorstellungen das Zusammenwirken der mannigfaltigen Körperzellen, dann kann man sich auch ein Bild machen, wie ausserordentlich leicht Störungen des Zellstoffwechsels möglich sind. Die einzelnen Körperzellen sind gegenseitig auf sich angewiesen. Nur die Zusammenarbeit garantiert auf die Dauer einen harmonischen Ablauf des gesamten Zellebens. Wird eine Zelle in ihrer Funktion gestört, d. h. wird sie in ihrem Bau irgendwie verändert, z. B. durch Gifstoffe geschädigt, dann ist sie vielleicht nicht mehr in der Lage, einen bestimmten Sekretionsstoff, der nach unseren Vorstellungen einen bis in die äusserten Feinheiten stets gleichartigen Bau haben muss, abzugeben. Es kann aber

auch sein, dass die Funktion der Zelle nach dieser Richtung hin nicht geschädigt ist. Sie ist aber vielleicht ausserstande, auf Nachrichten, die ihr von anderen Zellen zugetragen werden, zu reagieren. Vergeblich klopft ein bestimmter Stoff an der Zelle an. Er findet das ihm zugehörige Substrat nicht mehr vor. Es ist vielleicht in ganz geringfügiger Weise verändert, doch das genügt schon, um es seiner Wirkung zu entziehen.

Hier sei noch kurz bemerkt, dass wir auf Grund der gegebenen Vorstellungen der Wechselbeziehungen zwischen Substrat und wirksamen Stoffen uns eine Vorstellung machen können, weshalb der tierische Organismus, trotzdem jede Zelle mit Fermenten vollgepfropft ist, sich nicht selbst verdaut. Wir wissen, dass in jeder Zelle Kohlehydrate, Fette, Eiweissstoffe usw. beständig abgebaut werden. Die Zelle besteht aber selber aus Eiweiss, aus Kohlehydraten und Fett. Gewiss sind diese Bestandteile keineswegs dauernde. Jede Zelle muss jedoch, soll sie nicht auf einmal in ihrem ganzen Bau zusammenstürzen, von Fall zu Fall Bestandteile besitzen, die im gegebenen Moment der Wirkung der Fermente entzogen sind. Man hat komplizierte Hypothesen aufgestellt, um eine Erklärung für die Unverdaulichkeit der Körperzellen zu geben. Man hat an sogenannte Antifermente gedacht. Wir brauchen diese komplizierten Vorstellungen keineswegs. Eine geringe Verschiebung in der Struktur und der Konfiguration der betreffenden Substanzen reicht vollkommen aus, um das Substrat den Fermenten unzugänglich zu machen. Eine geringe Umlagerung genügt wiederum, um Beziehungen zwischen Ferment und Substrat herzustellen.

Ohne Zweifel dürfen wir auch das *Nervengewebe* als einen Zellstaat auffassen, der dank seiner ganz spezifischen Struktur ebenfalls spezifische Sekrete aussendet. Seine Wirkung auf bestimmte Körperzellen bringt sicher nicht nur morphologische Beziehungen zum Ausdruck, sondern ohne Zweifel auch Beziehungen in dem Sinne, wie wir sie eben für verschiedene Organzellen geschildert haben. Nur wird beim Nervengewebe, wenigstens zum Teil, die Blut- und Lympbahn umgangen. Es kommt hier auf eine möglichst rasche Uebermittlung zwischen verschie-

denen Zellen an. Stoffe, die ans Blut und an die Lymphe abgegeben worden sind, haben noch mannigfache Gefahren zu überwinden, ehe sie zu der Körperzelle hingelangen, in der sie ihre Wirkung entfalten sollen. Bei all diesen Vorgängen handelt es sich ohne Zweifel um solche, die ein für allemal gegeben sind. Sie laufen in bestimmten Perioden ab oder regulieren sich rein chemisch oder physikalisch von der Zusammensetzung des Blutes resp. der Lymphe aus. Beim Nervengewebe haben wir eine direkte Uebermittlung bestimmter Reize, und zwar handelt es sich hier um Vorgänge, die sehr rasch erfolgen und in fast allen Fällen ganz scharf umschrieben sind. Die Nervenzelle tritt in direkten Kontakt mit dem Substrat, auf das sie eingestellte Stoffe besitzt. Es besteht kein prinzipieller Unterschied in der Art der Wirkung. Stets spricht Zelle zu Zelle, sei es durch Vermittlung von Blut und Lymphe, sei es durch direkte Vermittlung mittelst Zellausläufern. Hier verrät der morphologische Bau die Beziehung, dort muss sie erst mühsam erschlossen werden.

Unsere Vorstellungen über den Zellstoffwechsel, die Zellstruktur und die Wechselbeziehungen der einzelnen Zellen untereinander, speziell die engen Beziehungen zwischen der Struktur der wirksamen Stoffe und dem Substrat der Zelle eröffnen noch nach einer ganz anderen Richtung weite Ausblicke. Wir wissen, dass bestimmte Substanzen, die wir dem Körper zuführen, z. B. als *Arzneimittel,* nur auf ganz bestimmte Zellen eine Wirkung entfalten. Auch hier haben wir ohne Zweifel das gleiche Gesetz, das wir oben schon erörtert haben, *Wechselbeziehungen zwischen wirksamen Stoffen und Substrat* und diese Beziehungen sind gegeben durch die bestimmte Struktur. Wenn diese Vorstellungen richtig sind, dann kann man mit voller Bestimmtheit voraussagen, dass es glücken muss, das von *Ehrlich, Uhlenhuth* u. A. angestrebte Ziel einer *zellspezifischen Therapie* vollständig zu lösen. Hat jedes Lebewesen seine bestimmte Zellstruktur, dann muss es auch möglich sein, Verbindungen zu finden, die auf einen ganz bestimmten Zellbau eingestellt sind. Es muss Stoffe geben, die an allen unseren Körperzellen vorbeieilen, ohne einen Angriffspunkt zu

finden. Sie sind nur auf ganz bestimmte Mikroorganismen eingestellt und greifen schädigend in ihren Zellstoffwechsel ein. Soll auf Grund der gegebenen Darstellungen das Problem einer *zell(struktur)-spezifischen Therapie* restlos gelöst werden, dann wird man in erster Linie darnach zu trachten haben, Körper aufzubauen, die einen möglichst spezifischen Bau besitzen. Nach allen unseren Kenntnissen scheint das nur möglich zu sein, wenn wir von Verbindungen ausgehen, die asymmetrisch gebaut sind. Die überwiegende Mehrzahl der vom Tier- und Pflanzenreich produzierten Stoffe haben eine asymmetrische Struktur. Sie sind optisch aktiv. Die Zelle baut sich aus optisch aktiven Substanzen auf, die Sekretionsstoffe sind optisch aktiv; überall, wo wir hinblicken, begegnen wir nicht nur einer bestimmten Struktur, sondern auch einer bestimmten Konfiguration. Wir glauben voraussagen zu können, dass die Therapie der Zukunft im wesentlichen sich auf Verbindungen stützen wird, die in ihrem ganzen Wesen so aufgebaut sind, dass sie wie das Ferment auf das Substrat passen. *Man wird von einer zellspezifischen, d. h. struktur- oder noch besser konfigurationspezifischen Therapie sprechen können.*

Wir haben im Vorhergehenden die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst, die uns dazu führen, die einzelne Zelle als ein Wesen aufzufassen, das einen ganz spezifischen Bau aufweist. Wir haben die Fermente und die von den Zellen abgegebenen Sekretionsprodukte als beste Beweise für unsere Anschauung ins Feld führen können. Die Erforschung des Zellstoffwechsels war jedoch keineswegs nur in der eben besprochenen Richtung festgelegt. Wie schon eingangs betont, hat man zahlreiche einzelne Phasen des Gesamtstoffwechsels in eingehender Weise studiert. Das wesentliche Stigma der neueren Forschung ist dadurch gegeben, das man die Fragen, die man der Zelle vorlegt, immer präziser und immer direkter stellt. Dadurch ist eine immer eindeutigere Beantwortung der einzelnen Probleme gewährleistet. So hat man, um z. B. die Frage nach dem weiteren Abbau der einfachsten Bausteine der Nahrungsstoffe klarer beantworten zu können, die Zelle zum Teil ganz ausgeschaltet und nur mit ihrem Inhalt, dem Zellpress-

saft, gearbeit. Ferner hat man der Zelle unzählige Verbindungen ähnlicher Konstitution vorgelegt und jedesmal geprüft, an welcher Stelle sie die einzelne Verbindung angreift. So hat man im Laufe der Zeit einen recht klaren Einblick in den stufenweisen Abbau der einzelnen Bausteine erhalten. Wir wissen jetzt ganz genau, dass die Zelle die einzelnen Stoffe niemals direkt verbrennt. Der Abbau erfolgt vielmehr von Stufe zu Stufe. Die Zelle kann in jedem Augenblicke Halt gebieten und das gebildete Bruchstück zum Ausgangspunkt neuer Synthesen machen. Die Tierzelle kann ebensogut, wie die Pflanzenzelle, Kohlehydrate in Fett verwandeln. Sie kann ferner die Kohlenstoffketten der Aminosäuren benutzen, um Zucker aufzubauen. Kurz, die mannigfaltigsten Umwandlungen sind möglich. Wir können auch die Zelle durch eine grössere Zufuhr von Sauerstoff nicht zwingen, die Verbrennungsprozesse zu steigern. Sie ist ein in weiten Grenzen unabhängiges Gebilde. Ihre eigenartige Struktur legt ihre gesamten Funktionen fest.

Die Zellarbeit vollzieht sich im wesentlichen mit Hilfe von Fermenten. Mit dieser Feststellung ist allerdings nicht sehr viel gesagt. Solange die Fermente als soche uns unbekannt sind, solange ist es ausgeschlossen, vollständig klare Vorstellungen über jeden einzelnen Vorgang in der Zelle zu entwickeln. Wir können aber auch hier einen gewissen Ausgleich schaffen, indem wir den Zellfermenten möglichst gut bekannte Verbindungen vorlegen und beobachten, in welcher Art und Weise der Abbau vor sich geht. Ein Beispiel möge dieses Problem erläutern. *Emil Fischer* hat Aminosäuren, die einfachsten Bausteine der Eiweisskörper, säureamidartig zusammengefügt und die so aufgebauten Verbindungen *Polypeptide* genannt. Nimmt man optisch aktive Bausteine, dann erhält man optisch aktive Polypeptide. Diese zeigen ein Drehungsvermögen, das von dem der Bausteine gänzlich verschieden ist. Das folgende Beispiele erläutert in übersichtlicher Weise das eben Gesagte.

$$\overbrace{\underbrace{+2{,}4^\circ}_{\text{d-Alanyl-glycyl-glycin}}\quad\underbrace{0^\circ}_{}}^{+30^\circ}$$

$$+50^\circ$$

Das erwähnte Tripeptid dreht 30° nach rechts. Wird beim Abbau zunächst Glykokoll abgespalten, dann bleibt das Dipeptid d-Alanyl-glycin übrig. Dieses dreht 50° nach rechts. Wird dagegen zunächst d-Alanin abgespalten, dann erhalten wir das Dipeptid Glycyl-glycin. Dieses ist optisch inaktiv. Wenn wir das genannte Tripeptid zusammen mit Zellfermenten in ein Polarisationsrohr bringen, dann muss die einfache Beobachtung des Verhaltens des Drehungsvermögens uns über die Art des Abbaues des angewandten Substrates Aufschluss geben. Steigt die Drehung, dann ist zunächst Glykokoll abgespalten worden. Fällt sie dagegen sofort, so ist zuerst d-Alanin frei geworden. Mit Hilfe dieser einfachen Methode liess sich z. B. zeigen, dass Krebszellen in manchen Fällen anders wirkende Fermente besitzen als normale Zellen. Da die Fermente Sekretionsprodukte der Zellen sind und, wie wir betont haben, die Funktionen der Zelle von ihrem ganzen Aufbau abhängig sind, so dürfen wir aus dem Vorkommen atypisch wirkender Fermente auch auf einen eigenartigen Bau der Zelle schliessen, von der das Ferment stammt.

Die gegebene Vorstellung der Bedeutung der Verdauung hat auch auf ein Problem, das seit vielen Jahren der Zukunftstraum zahlreicher Forscher gewesen ist, ein ganz neues Licht geworfen. Es ist dies das Problem der *künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe.* Wir können jetzt sagen, dass dieses Problem vollständig lösbar ist. Seine Lösung schien deshalb in noch so weiter Ferne zu liegen, weil alle Forscher, die sich mit ihm befasst haben, von der Vorstellung beeinflusst waren, dass die Nahrungsstoffe in sehr komplizierter Form vom Organismus aufgenommen werden. Es handelte sich um die Darstellung von Stärke, Zellulose, von Fetten, Eiweisskörpern usw., d. h. um die Darstellung von Verbindungen, über deren Struktur wir zum allergrössten Teile noch gar nicht orientiert sind. Jetzt hat sich das ganze Problem ausserordentlich vereinfacht. Es genügt, wenn wir alle Bausteine der einzelnen Nahrungsstoffe gewinnen. Wir brauchen Traubenzucker, Alkohol, z. B. Glyzerin und Fettsäuren, die Aminosäuren, ferner die anorganischen Elemente. Alle die genannten Stoffe sind bereits synthetisch

gewonnen worden. Es ist auch umgekehrt geglückt, durch vollständigen Abbau, z. B. von Fleisch, zu den einfachsten Bausteinen — vollständige Aufspaltung im Reagensglase mit Fermenten oder mit Säuren — Fleisch als solches in der Nahrung von Menschen und Hunden vollständig zu ersetzen. Die indifferenten einfachsten Bausteine genügen, um den gesamten Stoffwechsel vollständig zu bestreiten. Durch die Verdauung im Reagensglase ersparen wir dem Organismus den Abbau der Nahrungsstoffe im Magendarmkanal. Wir berauben ihn jedoch durch die Zufuhr der einfachsten Bausteine einer ausserordentlich feinen Regulation, die er im stufenweisen, ganz allmählich fortschreitenden Abbau der Nahrungsstoffe besitzt. In seinem Magendarmkanal bilden sich von Moment zu Moment immer nur Spuren der einfachsten Bausteine. Diese werden sofort resorbiert, und so wird verhindert, dass auf einmal grössere Mengen einfachster Bausteine in den Körper übertreten. Der stufenweise Aufbau hält der Resorption gewissermassen das Gleichgewicht. Führen wir dagegen dem Organismus ausschliesslich die einfachsten Bausteine zu, dann ist die Gefahr einer Ueberschwemmung mit diesen gegeben. Die direkten Versuche an Hunden und Menschen haben gezeigt, dass es möglich ist, die genannten Organismen mit dem Gemisch einfachster Bausteine wochenweise, ja monatelang bei vollstem Wohlbefinden zu erhalten. Ja es scheint, dass vollständig abgebaute Nahrungsstoffe berufen sind, in der Krankenbehandlung eine ganz hervorragende Rolle zu spielen. Liegt die Tätigkeit der Magendarmfermente darnieder, oder wünscht man den Magendarmkanal ruhig zu stellen, dann kann man vom Rektum aus — das Passieren des Magendarmkanales ist ja in diesem Falle, da der Abbau schon vollzogen ist, überflüssig — eine vollständige Ernährung erzielen. Auch der Säugling, der ja sehr oft eine gestörte Verdauung besitzt, wird vielleicht Nutzen aus dieser neuesten Erkenntnis der Bedeutung des Wesens der Verdauung ziehen. Ist die Möglichkeit, Nahrungsstoffe im Laboratorium künstlich darzustellen, auch gegeben, so wird ihre Synthese wohl praktisch, man möchte fast sagen glücklicherweise, niemals eine Rolle spielen. Die Pflanze arbeitet viel schneller, billiger

und vor allen Dingen viel zweckmässiger. Von diesem Gesichtspunkte aus haben die Chemiker das Problem der Synthese von Nahrungsstoffen schon längst gelöst. Seitdem *Graebe* und *Liebermann* das Alizarin, den Farbstoff der Krappwurzel im Laboratorium synthetisch dargestellt haben, ist dieser Pflanze eine mächtige Konkurrenz erwachsen. Die Technik hat in diesem Kampfe den Sieg davon getragen. Gewaltige Länderstrecken, die früher dem Anbau der Krappwurzel dienten, sind frei geworden. Sie stehen dem Getreidebau wieder zur Verfügung. Im Laufe der Zeit ist die Technik noch in gar manchem Falle mit Naturprodukten mit Erfolg in Wettstreit getreten. Ja in neuester Zeit ist es sogar geglückt, Kautschuk synthetisch darzustellen.

Der Landwirt konnte sich bis vor kurzem dieser grossen Erfolge nicht recht erfreuen. Die frei gewordenen Länderstrecken waren für ihn nicht ohne weiteres verwertbar. Es drohte Mangel an gebundenem Stickstoff. Das bereits bebaute Feld litt schon an Stickstoffhunger. Jetzt können wir den Erfolgen der Chemiker und der Physiker mit ungeteilter Freude folgen, ist es doch den gemeinsamen Bemühungen dieser Forscher gelungen, auf verschiedenen Wegen den freien Stickstoff der Luft zu binden und gewaltige Mengen davon der Pflanze zuzuführen. Der Pflanzenbau kann sich immer weiter ausdehnen, der Ackerboden immer mehr ausgenutzt werden. Dadurch, dass wir der Pflanze immer bessere Existenzbedingungen schaffen, eröffnen wir gleichzeitig der Tierwelt eine bessere Zukunft. Pflanze und Tier stehen in direkten Wechselbeziehungen. Die Pflanze übernimmt die vom Tier abgegebenen Stoffe. Stirbt das Tier, dann wird von eifrig tätigen Mikroorganismen Baustein von Baustein gelöst. Der ganze stolze Bau wird restlos zerstrümmert. Aus den Trümmern erhebt sich gar bald die Pflanze mit ihrem eigenartigen Bau. Da, wo eben noch der Tod Ernte zu halten schien, leuchtet uns die Blütenpracht der Pflanzenwelt entgegen, und schon erscheint ein Tier auf der Bildfläche. Es übernimmt die von der Pflanze aufgebauten Stoffe. Seine Fermente zerstören im Magendarmkanal den wundervollen Bau der einzelnen Zellen. Indifferente Bausteine stehen nunmehr den

Gewebszellen zur Verfügung. Eigenartige Zellen mit besonderen Funktionen erstehen. Jede einzelne Zelle ist bis in die äussersten Feinheiten in bestimmter Weise ausgebaut. Aus Pflanzenstoffen hat sich ein Tier ganz bestimmter Art entwickelt. Auch sein Leben ist kein dauerndes. Schon stürzt sich auf das pflanzenfressende Tier ein fleischfressendes und bezieht so indirekt ebenfalls seine Zellbausteine und die Stoffe, die zur Erhaltung seines Kraftstoffwechsels notwendig sind, aus der Pflanzenwelt. So lösen sich Pflanze und Tier und Tier und Pflanze in beständigem Reigen ab. Vor unsern Augen entrollt sich unmittelbar das ewige Leben auf Erden.

Die neueren Vorstellungen über das Wesen der Elektrizität

von

Dr. P. Gruner

Wohl kein Gebiet der ganzen Naturwissenschaft hat sich mit solch' ungeahnter Schnelligkeit entwickelt wie die Elektrizitätslehre, und es ist keine Uebertreibung, wenn behauptet wird, dass der auffallendste Kulturfortschritt, der innerhalb der letzten fünfzig Jahre zu verzeichnen ist, uns in der Fülle elektrotechnischer Errungenschaften entgegentritt.

Um so befremdender erscheint es, dass diese riesenhafte Entwicklung sich an ein Ding knüpft, dessen wahres Wesen uns noch zur heutigen Stunde so unbekannt und so rätselhaft erscheint, wie vor mehr denn hundert Jahren, als Galvani in den Zuckungen der Froschschenkel die ersten Wirkungen elektrischer Ströme feststellte. Und doch ist dies vielleicht nicht so verwunderlich; denn bei etwas genauerem Nachdenken müssen wir zugeben — und die moderne Physik stellt sich ganz allgemein auf diesen Standpunkt — dass die Frage nach dem Wesen der Elektrizität, wie überhaupt die Frage nach dem Wesen irgend eines Dinges, sei es einer Kraft oder einer Materie, einer Energie oder eines Atoms, eine sinnlose Frage ist.

Das Wesen der Dinge an sich bleibt unserem denkenden Verstand ewig verhüllt. Wir werden auch durch die vollkommenste Naturforschung nie den Schleier heben, der uns hindert, die Welt so anzuschauen, wie sie wirklich an und für sich ist. Wir kennen nur das Bild der Natur, wie es durch unsere Sinnesorgane in unserem Bewusstsein sich abspiegelt und wie es durch die Denkfähigkeiten unseres Verstandes zurecht gemodelt ist. Mit dem grossen Mathematiker *Poincaré* müssen wir sagen: « Wenn eine wissenschaftliche Theorie den Anspruch

erhebt, uns zu lehren, was die Wärme oder die Elektrizität oder das Leben sei, so ist sie von vorneherein verurteilt; alles, was sie uns geben kann, ist nur ein grobes Bild».

Doch die Frage nach dem Wesen der Elektrizität kommt damit nicht zur Ruhe, und mit vollem Recht! Denn unter dieser falsch formulirten Frage steckt ein richtiger Gedanke, steckt ein Wunsch, der seine Erfüllung finden kann.

Im Grunde liegt uns realistischen Menschen des 20. Jahrhunderts wenig daran, die unlösbaren Welträtsel durch leeren Wortschwall scheinbar beantworten zu können. Dagegen das Bestreben, nicht das Wesen der Dinge, aber ihre Beziehungen, nicht das Wesen der Natur, aber die Wechselwirkungen der Naturerscheinungen erkennen zu lernen, dieses ist durchaus berechtigt, und die Naturforschung arbeitet unablässig daran, jenem Streben nachzukommen.

Hierin liegt auch der einzig mögliche Fortschritt der wahren Naturforschung und hierin arbeiten die experimentellen und theoretischen Methoden Hand in Hand.

Beobachtung und Experiment decken uns die wirklichen Beziehungen in der Natur auf, aber dieselben werden uns erst verständlich und sind erst dann verwendbar, wenn sie logisch richtig formuliert, wenn sie in Form einer mehr oder weniger abgerundeten Theorie, die sichere Schlussfolgerungen gestattet, vorliegen. Dass bei der Formulierung einer solchen Theorie Vorstellungen mitunterlaufen, die nur einen vergänglichen Wert haben, das ist unvermeidlich und darf der Theorie nicht zum Vorwurf gemacht werden. Das Gewand veraltet und wird weggeworfen, die richtigen Beziehungen bleiben bestehen.

Auch darüber sagt *Poincaré* treffende Worte: «Beim ersten Blick scheint es uns, dass die Theorien nur einen Tag dauern und dass sich Ruinen auf Ruinen häufen. Heute entstehen sie; morgen sind sie in der Mode; übermorgen sind sie klassisch; am nächsten Tage sind sie veraltet und dann werden sie vergessen. Wenn man aber genauer zusieht, so erkennt man, dass das, was so zerfällt, solche Theorien sind, die beanspruchen, uns zu lehren, was die Dinge *sind*. Aber es gibt etwas in ihnen, was fortbesteht. Wenn eine von ihnen uns eine wahre Bezie-

hung enthüllt hat, so ist diese Beziehung endgültig gewonnen, und man findet sie unter einer neuen Hülle in den anderen Theorien wieder, die in der Folge an ihrer Stelle herrschen werden.»

So veränderlich unsere theoretischen Vorstellungen in der Naturwissenschaft sein mögen, keine derselben ist vergeblich, jede zeigt uns einen neuen, realen Faden, durch den gewisse Naturerscheinungen mit andern verknüpft sind. Und wenn uns auch das Wesen dieses Fadens unerforschlich bleibt und noch viel mehr der Urheber und Lenker all' dieser Fäden einer streng objektiven Naturwissenschaft verborgen bleiben muss, so ist es doch der Mühe wert, Schritt für Schritt das Gespinnst dieser Fäden zu entwirren zu suchen.

In diesem Sinne soll hier von den modernen Vorstellungen über das Wesen der Elektrizität gesprochen werden. Nicht als ob dieses innerste Wesen uns jetzt enthüllt werden sollte! — Wir wollen uns nur Rechenschaft geben, welches die neueren Vorstellungen sind, die uns gestatten, die elektrischen Erscheinungen unter einander und mit anderen Naturerscheinungen in verständliche Wechselwirkung zu bringen.

Freilich ist die Fülle des Materials so erdrückend gross, dass es unmöglich ist, auch nur die wichtigsten Erscheinungen eingehend vorzuführen, und dass wir uns mit einer kleineren Auswahl vereinzelter Streiflichter begnügen müssen.

Jedes Zeitalter, auch in der Naturforschung, ist charakterisirt durch gewisse herrschende Gedankenreihen, die jede neu entdeckte Erscheinung in ihren Bann zu schlagen suchen, bis ihr der Raum zu eng wird und sie die unhaltbaren Fesseln sprengt.

Als die ersten genauen Messungen der Elektrostatik von *Coulomb* u. a. durchgeführt wurden, da war die Analogie mit dem damals obersten Naturgesetz, dem *Newton*'schen Gravitationsgesetz, so auffallend, dass ganz selbstverständlich die elektrischen Erscheinungen auf die Existenz elektrischer Mengen zurückgeführt wurden.

Diese *imponderablen Elektrizitätsmengen* wurden den mate-

riellen Massen entsprechend gedacht und übten, wie diese, momentane Fernwirkungen durch den ganzen, unendlichen Raum hindurch. Der schöne Bau der Elektrostatik mit der Potentialtheorie stellte diese Erscheinungen in ihren Wechselbeziehungen dar und lieferte so die ersten Versuche, bestimmte Vorstellungen über das « Wesen » der Elektrizität zu gewinnen.

Als aber durch die Versuche *Galvani*'s und *Volta*'s die Grundlage zum sog. Galvanismus aufgefunden ward, trat eine andere Analogie in den Vordergrund: die Analogie mit den Gesetzen der Hydrodynamik und der Wärmeleitung, die sich Punkt für Punkt bis in das Detail der einzelnen theoretischen Formeln verfolgen liess.

Die Begriffe des *elektrischen Stromes*, des ihm entgegentretenden Widerstandes, der Stromstärke, des Leitvermögens, des Spannungsgefälles, etc., sind uns noch jetzt so selbstverständlich, dass wir mit unserem geistigen Auge die gewaltigen Mengen elektrischer Fluida, die unter dem Gefälle vieler tausende von Volt in den zahlreichen Hochspannungsleitungen unseres Vaterlandes dahineilen, ohne weiteres gleichsam sehen können. Die ganze klassische Theorie der elektrischen Ströme beruht auf der Auffassung der Elektrizität als eines in jedem Leiter leichtbeweglichen Fluidums.

Die weitere Erforschung elektrischer Phänomene sollte neue Horizonte über die Wirkungen jenes strömenden Fluidums eröffnen.

Die Erscheinungen des *Elektromagnetismus* ergaben in der *Ampère*'schen Theorie der magnetischen Molekülarströme ein neues Verständnis für den Magnetismus, der hinfort nicht mehr als selbständige Naturkraft angesehen wurde, sondern nur als spezielle Wirkung jener besonderen Molekülarströme. Die *Wärmewirkungen* und *chemischen Wirkungen* galvanischer Ströme lehren uns, dass das ganze Gebiet der Elektrizitätslehre sich unter die grossen Prinzipien der Thermodynamik unterordnen lässt. Ging früher das Schwergewicht unserer Vorstellungen dahin, die Elektrizität als einen imponderablen Stoff anzusehen, so erkennen wir sie jetzt nur als eine der vielen Formen, in welche die Proteusgestalt der *Energie* sich verwandeln lässt.

Die grundlegenden Versuche *Faradays* über die *elektrische Induktion* boten einerseits Gelegenheit, die Gesetze der elektrischen Fernwirkuug wesentlich zu erweitern und umfassende sogenannte Grundgesetze der Elektrizität, wie diejenigen von *W. Weber*, *Clausius*, *Helmholtz* u. a. aufzustellen, andrerseits aber steckte in ihnen der Keim zu einer völlig neuen Auffassung der elektrischen Kraftwirkungen.

Bevor aber diese Auffassung zum Durchbruch kam, fand — gerade durch die praktische Anwendung jener *Faraday*'schen Entdeckung der Induktionsströme — der völlig ungeahnte Aufschwung der Elektrotechnik statt, die durch ihre gewaltigen Dynamo und ihre sich mehrenden elektrischen Kraftübertragsanlagen unsere ganze Industrie auf neue Bahnen lenkte. Und wir wollen nicht unerwähnt lassen, dass gerade hier in Solothurn eine der ersten derartigen Anlagen, *Solothurn-Kriegstetten,* mit Erfolg gebaut wurde, und dass deren wissenschaftliche Unternehmung durch die Herren Prof. *H. F. Weber* in Zürich und *Ed. Hagenbach* in Basel für die weitere Entwicklung der Elektrotechnik von grösster Bedeutung geworden ist.

Doch kehren wir zurück zu den neuen Ideen, die von dem geistreichen *Faraday* aufgestellt wurden und langsam zu allgemeiner Anerkennung gelangten.

Heute sind uns die Begriffe der *elektrischen und magnetischen Kraftlinien und Kraftfelder* durchaus geläufig, undwir sind es längst gewöhnt, das wesentliche dieser elektromagnetischen Kräfte nicht in den stromdurchflossenen Drähten, sondern in den sie umgebenden Isolatoren, in der Luft, ja in dem Aether, zu suchen.

Wenn wir zwei elektrisch entgegengesetzt geladene Metallplatten einander gegenüberstellen, so wissen wir, dass im ganzen Raume ein elektrisches Kraftfeld entsteht, d. h. überall können anziehende oder abstossende Kräfte, die von jenen Platten ausgehen, nachgewiesen werden; diese Kräfte lassen sich nach bestimmten Linien, den Kraftlinien, von der positiv geladenen Platte zur negativ geladenen verfolgen, sie können mathematisch insog. Kraftröhren angeordnet gedacht werden, und gemäss dem ihnen innewohnenden Gesetze suchen sich diese

Röhren zusammenzuziehen, auf diese Weise die Anziehung der entgegengesetzt geladenen Platten vermittelnd.

Ueber die eigentliche Natur dieser Kraftlinien können wir uns die phantasievollsten Bilder machen. Nach *Faraday* ist jedes Molekül eines Isolators wie ein kleines Metallkörperchen zu betrachten, das aber seine elektrischen Ladungen nicht abgeben kann. Die influenzirende Wirkung einer geladenen Metallplatte macht sich dann von Molekül zu Molekül im Isolator geltend, eine Molekülschicht nach der anderen wird polarisirt, — in diesem Polarisationszustand soll das Wesen des elektrischen Kraftfeldes bestehen, und die entstehenden Ketten solcher polarisierter Moleküle bilden die elektrischen Kraftlinien. Nach *Maxwell* dagegen kann man in den nichtleitenden Dielectrica sich den alles durchdringenden Aether denken, der, wie ein feines, elastisches Medium elastische Drucke und Spannungen erleidet, oder der auch, wie eine inkompressible Flüssigkeit, von derartigen Drucken hin- und hergeschoben wird und dadurch die Erscheinungen des Kraftfeldes bedingt.

Die Bilder, die wir uns darüber machen, können nach Belieben wechseln, aber der grosse Gedanke, der in ihnen verhüllt ist, der von *Faraday* mühsam aufgedeckt, von *Maxwell* in kühner Weise mathematisch formuliert und von *Hertz* durch geniale Experimente bestätigt wurde, bleibt für alle Zeiten bestehen. Es ist die wichtige Tatsache, dass die elektrischen Kräfte, die von den Centren elektrischer Ladungen ausgehen, von den Metallen, den sog. Leitern, gehemmt werden, während sie durch die Dielectrica, durch die sog. isolierenden Substanzen, hindurchgehen, und *dass diese Kräfte sich nicht sprungweise ausbreiten,* sondern Schritt für Schritt durch den Raum sich fortpflanzen, nicht in einem einzigen Moment sondern mit einer ganz bestimmten, messbaren Geschwindigkeit.

Es ist uns allen gegenwärtig, wie *Hertz* im Jahre 1888 zum ersten Mal zeigte, dass die elektro-magnetischen Wirkungen, die von den Funken eines Induktoriums ausgingen, an metallischen Flächen gespiegelt wurden, und wie sich durch diese Reflexion ein System stehender, elektrischer Wellen ausbildete, deren Knoten und Bäuche an dem winzigen Funkenspiele

abgestimmter Resonatoren deutlich nachweisbar war. Und nicht ohne Stolz erinnern wir daran, dass in Genf von unseren schweizerischen Physikern *E. Sarasin* und *L. de la Rive* jene Erscheinung stehender elektrischer Wellen zum ersten Male in grossem Masstabe ausgeführt und exakten Messungen unterworfen werden konnte.

Als nun durch derartige Messungen für die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen der Wert von 300,000 km. per Sekunde gefunden wurde, und als *Hertz* in glanzvoller Weise nachwies, wie diese Wellen reflektiert, gebrochen, gebeugt und polarisiert werden konnten, da musste die *Maxwell*'sche Auffassung der elektrischen und optischen Erscheinungen jedem denkenden Kopfe als selbstverständlich erscheinen.

Eine bedeutsame Brücke zwischen zwei, früher einander fremd gegenüberstehenden Gebieten, zwischen *Optik und Elektrizität* war geschlagen. Ein neues Verständniss für die elektrischen Erscheinungen war gewonnen, indem erkannt wurde, dass die elektromagnetischen Kräfte sich genau nach denselben Gesetzen ausbreiten wie die Licht- und Wärmestrahlen. Aber die Elektrizität wurde dadurch nicht in das Gebiet der Optik hinüber gezogen, sondern umgekehrt, die glänzenden Erscheinungen der Optik bildeten nur noch einen Spezialfall der Elektrizitätslehre. Die immerhin noch ziemlich anschauliche Vorstellung der alten Undulationstheorie, wonach die Lichtstrahlen aus elastischen Schwingungen des Aethers, also aus räumlichen Bewegungszuständen bestehen sollten, wurde preisgegeben, um der eigentlich ganz unvorstellbaren Idee von periodischen, im Raume oscillirenden, elektromagnetischen Kräften Platz zu machen. Ein neuer Beweis, dass die fortschreitende Erkenntnis uns nicht immer ein klareres Bild des « Wesens » der Naturerscheinungen gibt, sondern nur, dass sie die Beziehungen derselben von einem einheitlichen Standpunkt aus zu verstehen sucht.

Die *drahtlose Telegraphie* war die notwendige praktische Konsequenz dieser neuen Auffassung. Eigentlich ist jeder Leuchtturm, der in finsterer Nacht in bestimmtem Tempo seine Lichtsignale nach allen Seiten aussendet, eine Sender-

station für drahtlose Telegraphie, und das menchliche Auge ist die darauf reagirende, allerdings nicht scharf abgestimmte, Empfängerstation. So sendet die Station des Eiffelturmes anstatt Lichtstrahlen elektrische Strahlen aus, aber mit bedeutend grösserer Wellenlänge und mit ganz erheblich mehr Energie als ein Leuchtturm. Diese Wellen eilen desshalb kaum geschwächt durch weitaus grössere Strecken hindurch und setzen sich über die vielen Hindernisse, wie Nebel, Wolken, Rauch, etc. einfach hinweg. So kann das elektrische Auge, der sog. Detektor, der auf die ausgehenden Wellen abgestimmt ist, noch in einigen Tausend Kilometer Entfernung dieselben aufnehmen und das Signal des elektrischen Leuchtturmes bemerklich machen.

So überraschend jedoch die theoretischen und praktischen Erfolge der *Maxwell-Hertz*'schen Auffassung sein mochten, sie liessen doch noch eine Reihe von Unklarheiten zurück, die nur durch die modernste Auffassung, durch die *Elektronentheorie,* die von H. A. *Lorentz* in *Leyden* begründet wurde, beseitigt werden sollten.

Geben wir uns kurz Rechenschaft, welches die Gedankengänge sind, die zu den Vorstellungen der Elektronentheorie geführt haben.

Bei der grossen Bedeutung, welche das Studium der Kraftfelder erlangt hatte, waren die Prozesse, die diese Kraftfelder erst erzeugen, beinahe vergessen worden. Der Begriff der Elektrizitätsmenge war stark in den Hintergrund getreten; die Erscheinungen elektrischer Ströme in den Metallen zeigten keinen vorstellbaren Zusammenhang mit den von ihnen ausgehenden Kraftwirkungen; endlich war es nicht recht klar, warum ein elektrisch neutraler Körper, wie Z. B. ein Auerstrumpf, durch blosses Erhitzen auf einmal Lichtstrahlen d. h. elektromagnetische Kraftwellen aussenden sollte. Gerade dieses letztere Problem, das Problem der *Mechanik des Leuchtens* musste zu der Vermutung führen, dass jedes Molekül eines glühenden Körpers im Prinzip eine Art kleine Senderstation drahtloser Telegraphie sein müsse, und als solche elektro-

magnetische Wellen von ganz bestimmter Wellenlänge, oder, optisch ausgedrückt, Strahlen bestimmter Farbe emittire.

Der denkbar einfachste Typus einer solchen Senderstation besteht aber aus einen sog. *electrischen Dipol,* d. h. aus einer Kombination eines positiv geladenen und eines negativ geladenen Teilchens, die in bestimmter Weise in sehr raschen Oszillationen sich gegeneinander bewegen. Jedes Molekül, auch wenn es elektrisch ganz neutral ist, müsste also solche, gegeneinander bewegliche, winzige Elektrizitätsmengen besitzen.

Auf das Vorhandensein solcher molekülaren elektrischen Mengen war man aber schon anderweitig gestossen.

Die *Maxwell*'sche elektromagnetische Lichttheorie konnte in ihrer ursprünglichen Gestalt keinen Aufschluss geben über eine Reihe von optischen Erscheinungen in materiellen Körpern, so. z. B. über die Dispersion, d. h. über die Tatsache, dass Lichtstrahlen verschiedener Farbe in durchsichtigen Körpern verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten erhalten, also eine spektrale Zerlegung erleiden. Ein theoretisches Verständniss dieser *Dispersion* wurde nur möglich, wenn man eine Wechselwirkung zwischen den Molekülen des durchsichtigen Körpers und den Lichstrahlen annahm. Wie soll aber eine rein elektromagnetische Kraftwelle von den elektrisch ganz neutralen Molekülen beeinflusst werden ? Es müssen offenbar in den Molekülen positive und negative Ladungen angenommen werden, die bis zu einem gewissen Grade gegeneinander beweglich sind, und die unter dem Einfluss des einfallenden Lichtes zu Schwingungen angeregt werden. Diese Schwingungen üben dann auf das Licht einen Einfluss aus und modifiziren seine Ausbreitung, so dass die Erscheinungen der Dispersion und auch der Absorption zu Stande kommen.

Aber noch auf ganz anderem Wege war die Existenz solcher molekülaren elektrischen Mengen wahrscheinlich gemacht worden. Die *Faraday*'schen Gesetze der Elektrolyse hatten das gar nicht selbstverständliche Resultat ergeben, dass bei der chemischen Zersetzung durch den elektrischen Strom jedes Jon für jede seiner chemischen Wertigkeiten stets dieselbe, durchaus unveränderliche elektrische Ladung mit sich führe.

Mag man Wasserstoff, oder Kalium, oder Kupfer, oder Chlor, etc. abscheiden, mit jedem abgeschiedenen Atom wird pro Valenz immer ein und dieselbe Elektrizitätsmenge abgegeben, die man dessfalb als *Valenzladung*, ja direkt als *Elementarladung* bezeichnet hat. Der galvanische Strom kommt in derartigen Lösungen gar nicht anders zu Stande als dadurch, dass Atom für Atom jene Ladung mit einer ganz bestimmten Geschwindigkeit mit sich schleppt.

Diese Ladung spielt also selber beinahe die Rolle eines besonderen chemischen Atomes, das sich mit anderen vergesellschaften kann. Wo ein Wasserstoffatom diese Ladung nicht hat, da ist es elektrisch indifferent, wo es mit ihm verbunden ist, da ist es zu einem elektropositiven Jon geworden. Schon *Helmholtz* hat es im Jahre 1881 ausgesprochen, dass es sich hier vielleicht um das *Uratom der Elektrizität* handle, um die letzten, unteilbaren Einheiten derselben, durch deren Kombination die Gesamtheit der elektrischen Erscheinungen erklärbar sein müsste. Und wenn wir erwähnen, dass *J. Stoney* im Jahre 1891 für diese Teilchen den Namen « Elektron » zum Vorschlag brachte, so verstehen wir, dass in diesen elektrolytischen Problemen wohl der Grundstein der neuen Elektronentheorie zu suchen ist.

Welches sind aber die Grundgedanken der Elektrontheorie ?

Nach den Auschauungen von H.-A. Lorenz ist vom elektronentheoretischen Standpunkt aus die *Substanz*, aus der sich das Weltall aufbaut in drei wesentlich verschiedene Kategorien einzuteilen : die *Elektronen*, den *Aether*, die *materiellen Atome*.

Vorerst werden als Centren aller elektrischer Kraftwirkungen ganz bestimmte, getrennt existirende Teilchen mit einer gewissen trägen Masse und einer unveränderlichen, elektrischen Ladung angenommen. Diese Teilchen oder Korpuskeln werden als *Elektronen* bezeichnet und können ganz allgemein als positive und negative Elektronen unterschieden werden.

Ihre Verteilung innerhalb der gewöhnlichen, materiellen Körper bedingen die bekannten Erscheinungen elektrischer Ladung, ihre Bewegungen erzeugen die gesamten Phänomen

elektrischer Strömung, von ihnen allein gehen nach allen Richtungen elektromagnetische Kräfte aus, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, und die die ausserordentlich mannigfaltigen Wirkungen der elektromagnetischen Kraftfelder, inklusive Licht und Wärmestrahlung, darstellen.

Von diesen Elektronen scharf zu unterscheiden ist *der Träger dieser Kräfte,* die einmal vom Elektron ausgesandt in selbständiger Weise auf ewige Zeiten den unendlichem Raum durchfliegen, gerade wie ein Lichtstrahl Jahrtausende hindurch den Raum durchzittert, auch wenn der Stern, der ihn aussandte, längst erloschen sein mag.

Was dieser Träger seinem Wesen nach ist, darüber macht sich die Elektronentheorie kein grosses Kopfzerbrechen. Da er einen Namen haben muss so nennt man ihn « Aether », allein er ist nicht mehr der alte, elastische Aether der Optik, sondern er stellt einfach ein vollkommen unbewegliches, unveränderliches, durchaus unbekanntes und eigenschaftsloses Substrat dar, an dem sich alle elektrischen Prozesse abspielen, über den und durch den die gewaltigsten elektrischen Kräfte mit riesiger Energie dahingleiten, ohne ihm auch nur die geringste Spur einer Bewegung oder Veränderung mitzuteilen.

Genau genommen ist demnach der Aether nur ein anderes Wort für den absoluten, leeren Raum. Und wenn wir uns auf eine metaphysisch genügend hohe Warte aufschwingen, so werden wir einfach sagen, dass die elektromagnetischen Kräfte, speziell also die Licht-und Wärmestrahlen, sich im absoluten Vacuum ohne einen Träger, als blosse Kraftwirkungen, nach bestimmten Gesetzen fortpflanzen.

Das einzige, was dann noch als Charakteristikum des Aethers überbleibt, ist seine absolute Ruhe: wenn ein Körper, ein Elektron z. B, sich diesem Aether gegenüber nicht bewegt, dann ist er « absolut » ruhend. Aber gerade dieser letzte Hoffnungsanker für die Existenz des Aethers ist durch die neuere Relativitätstheorie in hohem Grade erschüttert; in der Tat ist es kaum denkbar, dass wir Menschen mit unserem Denkvermögen, das nie etwas Absolutes verstehen kann, je eine absolute Bewegung von einer relativen werden unterscheiden können. Damit

löst sich aber tatsächlich der Aether der Elektronentheorie in absolutes Nichts auf: der Aether wird synonym mit dem vollkommenen Vacuum.

Der Wert des Aetherbegriffes als Träger aller elektromagnetischen Kräfte liegt nur darin, dass mit dessen Hülfe die Fülle von Erscheinungen, die in der *Maxwell-Hertz*'schen Theorie in ein einheitliches System zusammengefasst wurden, ohne weiteres in vollem Masse der Elektronentheorie einverleibt werden kann.

Das klassische System der *Maxwell*'schen Differentialgleichungen gilt auch in der Elektronentheorie, und nur über den Ursprung der elektrischen Kräfte, über die sog. Quellen des elektrischen Kraftfeldes, gibt die Elektronentheorie neue, bestimmte Vorstellungen, während die frühere Auffassung nichts Klares darüber aussagen konnte.

Neben den Elektronen und neben dem Aether, der gleichmässig jede Stelle des Raumes, also auch die Elektronen selber ausfüllt, gibt es nach der Elektronentheorie noch ein Drittes: die *materiellen Atome.*

Sie, die gewöhnlichen Atome des Chemikers, in bekannter Weise zu Molekülen gruppiert, sind die Bausteine unserer sichtbaren Körperwelt, der festen, flüssigen und gasförmigen Körper.

Als bloss materielle Atome sind sie aber für die Erscheinungen der Elektrizität absolut indifferent. Natürlich sind sie, wie die Elektronen, von dem alles erfüllenden Aether durchdrungen, aber die mächtigsten Kräfte, die diesen Aether durchsetzen, gehen achtungslos an den Atomen vorbei. Ob die elektromagnetischen Wellen eines Lichtstrahles durch den leeren Interstellarraum oder durch einen kompakten Haufen von Platinatomen hindurch sollen, ist durchaus gleichgültig: die Platinatome als solche sind ebenso durchsichtig wie das Vacuum. — Widerspricht das nicht allen unseren Erfahrungen? — Doch, aber nur desshalb, weil es in unserem Universum keine solche elektrisch neutralen Atome gibt, die nicht in irgend einer Weise von Elektronen begleitet oder sogar direkt an sie gekoppelt wären. Die Atome an und für sich sind gegen elek-

tromagnetische Wirkungen indifferent, aber durch Vermittlung der mit ihnen vereinigten Elektronen können sie zu kräftigen Erregern elektrischer Wellen werden — so z. B. die Atome eines glühenden Auerstrumpfes — und umgekehrt reagieren sie jedes in seiner Weise auf einfallende Wellen, darum wird z. B. ein weisser Lichtstrahl in rotem Glas anders absorbiert als in blauem, und wieder anders in Quarz oder Kalkspath, u. s. w.

Das grosse Problem der Elektronentheorie läuft dahin aus, die *verschiedenen Möglichkeiten von Wechselwirkungen zwischen Atomen und Elektronen so zu ermitteln*, dass aus ihnen folgerichtig die Gesamtheit elektrischer und optischer und magnetischer Phänomene hergeleitet werden kann.

Deuten wir an, welches die drei allgemeinsten Kategorien solcher Werhselwirkungen sind, wobei es selbstverständlich ist, dass in der Natur alle möglichen Uebergänge zwischen diesen drei Gruppen bestehen. Wir können in allgemeinster Weise *Polarisationselektronen, Leitungselektronen* und *Magnetisirungselektronen* unterscheiden.

Ein ideales Dielectricum, wie es *angenähert* durch Paraffin, Ebonit oder dergl. dargestellt wird, besitzt nur *Polarisationselektronen*. Die materiellen Moleküle, aus denen der betreffende Körper besteht, sind mit einer Anzahl Elektronen durch unbekannte, sog. quasi-elastische Kräfte eng verbunden, und zwar hat jedes Molekül gleich viel positive und negative Elektronen, so dass es als Ganzes elektrisch neutral ist. Die Elektronen können aber innerhalb der Moleküle um ihre gewöhnliche Gleichgewichtslage kleine Schwingungen ausführen, sie sind also aus dieser Gleichgewichtslage verschiebbar. Es ist sofort verständlich, dass ein derartiges Dielectricum, zwischen zwei geladene Metallplatten gebracht, genau das Verhalten der polarisirten Moleküle *Faraday's* aufweisen wird, und dass demnach die Ausbreitung elektromagnetischer, resp. optischer Wellen und aller damit zusammenhängenden Gesetzmässigkeiten in der früher skizzierten Weise erfolgt. Auch die umgekehrten Erscheinungen der Mechanik des Leuchtens werden ohne weiteres durch die Schwingungen dieser Polarisationselektronen in anschaulicher Weise dargestellt.

Der Fortschritt gegenüber den früheren Theorien liegt darin, dass diese Elektronen nun durch bestimmte, scharf umgrenzte Begriffe definirt sind.

So gestattet die genaue Analyse dieser Vorgänge, wie sie besonders von *Drude* angeregt wurde, interessante Einblicke in die Struktur der Moleküle. Die schon mehrfach erwähnten Erscheinungen der Dispersion des Lichtes lassen sich nämlich durch die Annahmen von wenigstens zwei Elektronengruppen innerhalb der Moleküle erklären. Jede Elektronengruppe hat eine ganz besondere Eigenfrequenz und wird von fremden, einfallenden Lichtwellen nur dann in merkliche Schwingungen versetzt, wenn sie mit denselben in Resonanz ist; dann aber vernichtet sie geradezu die einfallende Welle, sie absorbirt also die betreffende Farbe des Lichtstrahles. In vollem Einklang mit dieser Theorie zeigt sich tatsächlich, dass auch die durchsichtigsten Körper wie Glas, Quarz, Flusspath, doch in der Regel wenigstens zwei Absorptionsbanden haben, von denen eine im Ultraviolett und die andere im Ultrarot liegt. Die Theorie lehrt aber weiterhin, das die Absorption im Ultrarot von den mitschwingenden positiven Elektronen, diejenige im Ultraviolett von negativen Elektronen bedingt wird, und als weitere Konsequenz ergibt sich, dass die positiven Elektronen eine Masse haben, die geradezu derjenigen des materiellen Moleküls gleich sein mag, während die negativen Elektronen viel tausendmal geringere Masse besitzen. So wird es wahrscheinlich dass die positiven Elektronen vielleicht nichts anders sind, als die materiellen Atome selber, und dass durch deren Verbindung mit einer entsprechenden Anzahl negativer Elektronen erst das neutrale Atom entsteht. Ja es gelingt sogar, aus jenen rein optischen Messungen ein Urteil über die Zahl der in den Molekülen vorhandenen negativen Elektronen zu gewinnen und merkwürdiger Weise scheint diese Zahl gerade gleich der Anzahl der chemischen Valenzen des betreffenden Moleküles zu sein. Es ist unmöglich auf all' die Spekulationen, die sich an diese Beobachtungen anknüpfen, einzugehen; sie lassen uns ganz neue Zusammenhänge zwischen den chemischen Affinitäten und der elektrischen Konstitution der Materie ahnen.

Den vollkommenen Isolatoren stehen die *Leiter der Elektrizität* gegenüber. Wie bei der elektrolytischen Stromleitung der Elektrizitätstransport nur durch Vermittelung der Bewegung materieller Teilchen, der Ionen, als sog. *Konvektionsstrom* zu Stande kommt, so soll nach elektronentheoretischer Auffassung auch in den Metallen nur ein Konvektionstrom bestehen, in Form der innerhalb der Metallmoleküle vollständig frei sich bewegenden Elektronen, die als *Leitungselektronen* bezeichnet werden.

Daraus ergibt sich eine fast paradox klingende Vorstellung über die elektrischen und chemischen Erscheinungen, die sich in einem Metall abspielen. Die eigentlichen Metallmoleküle kommen dabei kaum in Betracht, sie bilden in erster Linie nur das feste Gerüst, innerhalb dessen die Elektronen in grösster Freiheit mit enormen Geschwindigkeiten sich bewegen können, wobei sie natürlich beständig aufeinanderprallen. Mit andern Worten, die Elektronen bewegen sich im Innern eines Metalles der Hauptsache nach wie die Moleküle eines Gases in einem abgeschlossenen Gefäss. Die Gesetze der kinetischen Gastheorie lassen sich demnach mit geringen Modificationen auf die Elektronentheorie der Metalle anwenden und haben zum Teil sehr auffallende Uebereinstimmung mit den Tatsachen ergeben.

Bringt man an die Enden eines Metallstückes eine elektriche Spannungsdifferenz, so wird im Aether, der ja alles gleichmässig erfüllt, ein elektrisches Feld entstehen, und dieses treibt die freibeweglichen Elektronen in seiner Richtung vorwärts; so entsteht der elektrische Strom. Gleichzeitig wird aber auch die kinetische Energie der Elektronenbewegung vermehrt, und da dieselbe ein Mass der Temperatur des Metalles ist, so wird dasselbe erwärmt. Die theoretische Durchführung dieser Vorstellungen gibt sofort eine Beziehung zwischen dem elektrischen und thermischen Leitvermögen des Metalles, und diese Beziehungen stimmen mit den Beobachtungen im wesentlichen gut überein. Wir können auf die interessanten Konsequenzen dieser Auffassung für die Erscheinungen der Thermoströme, des Peltier-Effektes, des Thomson-Effektes nicht eingehen. Auch die sog. galvanomagnetischen und thermo-

magnetischen Erscheinungen, der sog. Hall-Effekt, der sich u. a. in der Aenderung des elektrischen Widerstandes eines stromdurchflossenen Leiters im magnetischen Felde äussert, finden principiell eine Erklärung durch die Annahme dieser frei beweglichen Leitungselektronen. Freilich zeigt sich hier gerade eine tiefgreifende, grundsätzliche Schwierigkeit, indem es bis zur Stunde nicht gelungen ist, jene interessanten Wechselwirkungen von Magnetismus, Elektrizität und Wärme ohne die Annahme negativer und positiver, freier Elektronen zu erklären, während sonst allgemein die positiven Elektronen immer mehr mit den materiellen Atomen identifiziert werden. Hier klafft noch eine Lücke, die vielleicht berufen ist, die Elektronentheorie der Zukunft in gewissen Punkten umzuformen.

Nach einem dritten Schema ist noch eine Wechselwirkung zwischen Atomen und Elektronen möglich, dasselbe liefert uns das Grundphänomen des Magnetismus, man spricht desshalb von *Magnetisierungselektronen*.

Knüpfen wir hier sofort an ein Bild an, das natürlich keinen andern Anspruch macht, als eben ein anschauliches Bild zu sein. Wie im unendlichen Weltenraum sich unter der Fülle der Gestirne jedenfalls eine Reihe von Planetensystemen befinden, mit einer zentralen Sonne, die von zahlreichen Trabanten nach genau geregelten Gesetzmässigkeiten umkreist werden, so mögen sich unter den zahlreichen Atomgruppierungen eines Körpers auch gewisse Atome befinden, die um ihren positiv geladenen, materiellen, zentralen Kern eine Mannigfaltigkeit von kleinen, negativen Elektronen haben, die in verschiedenartigen Bahnen mit sehr grossen Geschwindigkeiten jenen Kern umkreisen. Und wie das Planetensystem nur durch äussere mächtige Eingriffe, ev. durch Zusammenstoss mit anderen Sternen, eine Störung seiner Stabilität erfährt, so bleiben jene Atome mit ihren Elektronen in ungestörtem Gleichgewicht, bis dasselbe durch äussere Einflüsse oder durch Anprallen an andere Atome modifiziert wird.

Jedes solche, rasch kreisende Elektron sellt aber einen kleinen, geschlossenen elektrischen Strom dar, und jeder solche Strom erzeugt ein magnetisches Feld, als ob er ein winzig

kleiner Elementarmagnet von bestimmter Axenrichtung und mit bestimmtem magnetischen Moment wäre.

Diese kreisenden Elektronen übernehmen genau die Rolle der alten Ampère'schen Molekülarströme, sie verdienen also in der Tat die Bezeichnung von Magnetisierungselektronen. Die Theorien von *Ampère* und *Weber* über den Magnetismus lassen sich sofort als Konsequenzen der Elektronentheorie zwanglos erklären.

Es ist hier nicht der Ort die weitere Entwicklung der Theorie des Magnetismus vorzuführen. *Langevin* hat in sinnreicher Weise vermittelst statistischer Betrachtungen die Erscheinungen des Dia- und des Paramagnetismus durch die Magnetisierungselektronen erklärt. *P. Weiss* in Zürich hat in genialer Weise durch Einführung des Begriffes des inneren, molekülaren Magnetfeldes und der spontanen Magnetisierung die komplizierten, ferromagnetischen Beziehungen aufgeklärt und in neuster Zeit den Beweis erbracht, dass die Zusammensetzung dieser Elementarmagnete in magnetischen Körpern nicht in voller Willkür vor sich geht, sondern dass sie aus direkter Summation eines unveränderlichen wirklichen Elementarmagneten, des sog. *Magneton*, bestehe. Dadurch ist die in so mancher Richtung fruchtbare atomistische Betrachtungsweise auch auf die Gesetze des Magnetismus übertragbar geworden.

Ueberhaupt liegt einer der Hauptvorzüge der Elektronentheorie darin, *dass sie das Gebiet elektrischer Erscheinungen atomistisch aufzufassen gestattet.*

Was verstehen wir unter dieser «atomistischen Auffassung?» — Die unseren Sinnen wahrnehmbaren Erscheinungen, die Zustände der Körper, Farbe, Temperatur, elektrische Ladung etc. werden ganz allgemein als blosse Resultanten, als Mittelwerte zahlreicher Bewegungszutände von unwahrnehmbar kleinen, diskreten Teilchen, Atomen und Elektromen, dargestellt. Die Beziehungen, die diese Teilchen unter einander haben, werden durch verhältnissmässig einfache Gesetze geregelt, aber indem nun diese Teilchen und ihre Bewegungen in mannigfaltigster Weise mit einander combiniert werden, gelingt es allmählich, durch Anwendung der Gesetze der Wahrscheinlich-

keitsrechnung, also nach den bekannten Methoden der Statistik, die Gesamtheit der Erscheinungen in der Natur durch diese atomistischen Bewegungen klarzulegen.

Und der grosse Vorteil dieser Auffassungsweise liegt darin, dass sich daraus zwanglos erklärt, wieso alle Naturerscheinungen sich den alles beherrschenden zweiten Hauptsatze der Thermodynamik, dem Gesetze der steten Vermehrung der Entropie, unterordnen müssen.

Bedeutet also die Elektronentheorie einen wirklichen Fortschritt in der Erkenntnis der Beziehungen zwischen elektrischen, optischen, magnetischen und thermischen Erscheinungen, so wäre es dagegen ein Irrtum zu glauben, dass durch sie das wahre Wesen dieser Erscheinungen irgendwie besser als zuvor erkannt werden könnte.

Die Elektronentheorie führt alles auf die drei Typen : Aether, Elektronen, Atome, zurück, aber weniger denn je wissen wir, was dieser Aether, was diese Elektronen, was diese Atome eigentlich sind.

Wie aber die elektronentheoretische Auffassung einen ganz neuen Aufschwung gewisser Forschungsgebiete erleichtert, ja veranlasst hat, das mag an folgenden drei Gebieten in Kürze dargetan werden : An den *magneto-optischen Phänomenen*, an den *Erscheinungen der Elektronenstrahlung* und an den *Problemen der Elektrodynamik bewegter Körper*.

Die *Lorentz*'sche Elektronentheorie fand lange Zeit keine begeisterte Aufnahme bei den Physikern bis, im Jahre 1896, der Holländer *Zeeman* seine auschlaggebenden Experimente erfolgreich durchgeführt hatte.

Seine Versuchsanordung ist bekannt. Ein glühender Metalldampf, etwa Cadmiumdampf, wird zwischen die Polschuhe eines intensiven Elektromagneten gebracht und seine Strahlung durch einen kräftigen Spektralapparat untersucht. So lange der Magnet nicht erregt ist, erscheinen im Spektrum eine Anzahl wohldefinierter, scharf begrenzter, farbiger Linien, die keine Polarisation nachweisen lassen, sobald aber das magnetische Feld wirksam geworden ist, tritt eine Modifi-

kation dieser Linien ein. Betrachtet man die Lichtquelle in der Richtung der magnetischen Kraftlinen, so erscheinen im Spektrum an Stelle einer Linie deren zwei, und bei genauerem Zusehen erweist sich ihr Licht als zirkular polarisiert und zwar stets so, dass die Linie, die gegen das violette Ende des Spektrums verschoben ist, im Sinne der das Magnetfeld erregenden Ströme polarisiert ist. Betrachtet man die Erscheinung in der Richtung senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien, so erscheinen im Spektrum sogar drei Linien, die alle linear polarisiert sind : die mittlere senkrecht zur Richtung der magnetischen Kraft, die äusseren parallel zu derselben.

Dieses merkwürdige Phänomen lässt sich bis in's Detail aus der Elektronentheorie herleiten.

Die Ionen des glühenden Cadmiumdampfes sind zunächst als einfache, elektrische Dipole zu betrachten, bestehend aus dem elektropositiven, materiellen Atomkern der durch quasielastische Kräfte mit einem negativen Elektron verbunden ist. Die Lichtaussendung entsteht dadurch, dass das Elektron mit ganz bestimmter Frequenz um jenen zentralen Atomkern hin- und herpendelt und demnach elektromagnetische Wellen bestimmter Wellenlänge entsprechend der betreffenden Linie des Cadmiumspektrums aussendet. Wird jetzt ein Magnetfeld erregt, so übt dieses nach den Grundgesetzen der Elektronentheorie drehende Kraftwirkungen auf die Elektronen aus, und ihr Resultat ist ein Schwingungszustand, der sich in drei elektromagnetische Wellenzüge von wenig differierenden Wellenlängen und bestimmten Polarisationszuständen zerlegen lässt, genau den beobachteten Spektralerscheinungen entsprechend.

Nur beiläufig sei bemerkt, dass auch der inverse Zeeman-Effekt, der bei magnetischer Beeinflussung der Lichtabsorption auftritt, ebenfalls elektronentheoretisch vollständig klargelegt werden kann, und dass sogar die eigentümlichen Spektralerscheinungen der Sonnenflecken die von *Hale* in Chicago beobachtet wurden, durch das Auftreten magnetischer Wirbelfelder infolge rasch bewegter Elektronen erklärt werden können.

Die Theorie gestattet nun direkt, Anhaltspunkte über die Natur der lichterregenden Elektronen zu erhalten. Die zahlreichen Messungen zeigten, dass bei den verschiedensten beobachteten Metalldämpfen stets dieselben Elektronen wirksam sind, unabhängig von der Natur des Metalles. Es sind stets *negative Elektronen*, die pro Masseneinheit eine elektrische Ladung haben, die etwa 2000 mal grösser ist, als die auf die Masseneinheit bezogene Valenzladung materieller Ionen, die ja aus elektrolytischen Messungen sehr genau ermittelt werden kann.

Da aber nach der Auffassung der Elektronentheorie die elektrische Elementarladung selber eine absolut unveränderliche Grösse ist, so folgt daraus, dass diese negativen Elektronen, die überall in gleicher Weise bei der Lichterregung tätig sind, eine etwa 2000 mal geringere Masse, als die leichtesten bisher bekannten Atome, als die Wasserstoffatome haben.

So einfach, als es nach diesen Darlegungen scheinen mag, liegen die Dinge allerdings nicht. In den meisten Fällen wird eine Spektrallinie durch das magnetische Feld nicht nur in ein Triplet, sondern in eine bedeutend grössere Zahl einzelner Linien zerlegt. Der Mechanismus des Leuchtprozesses kann also nicht so einfach sein, wie er wohin geschildert wurde, und das ist eigentlich zu erwarten, da jedenfalls in jeder leuchtenden Atomgruppe viel kompliziertere Kräfte wirken und nicht nur ein negatives Elektron, sondern eine ganze Anzahl solcher in Schwingungen und also auch in Wechselwirkungen geraten.

Auffallend ist es, dass hier, wie auch bei anderen Erscheinungen, wo das Experiment einen Einblick in die Natur der Elektronen ermöglicht, es sich immer nur um negative, und nie um *positive Elektronen* handelt. Wo positive Elektrizität auftritt, da erscheint sie jeweilen mit dem eigentlichen, materiellen Atom untrennbar verbunden. Dies würde auf eine unitarische Auffassung der Elektrizität hinweisen; eine eigentlich selbstständige Existenz käme nur der negativen Elektrizität zu: wenn ein materielles Atom mit einer genügenden Anzahl negativer Elektronen gekoppelt ist, so ist es elektrisch neutral,

und in dem Masse als es dissoziert wird, d. h. negative Elektronen abgibt, zeigt es andere Erscheinungen, die wir als Wirkungen einer positiven Ladung bezeichnen. — Ein definitives Urteil in dieser wichtigen Frage kann noch nicht gefällt werden. *Jean Becquerel* hat die merkwürdigen Emissions- und Absorptionsspektren gewisser Substanzen unter speziellen Verhältnissen studiert und Zeeman-Effekte beobachtet, die auf die Existenz wirklich selbstständiger, positiver Elektronen schliessen liessen. Dies würde wieder zu Gunsten einer dualistischen Auffassung sprechen.

Noch eines sei über diese allgemeinen Probleme der Mechanik des Leuchtens bemerkt. Sucht man denselben ganz auf den Grund zu kommen, so stösst man auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Wenn jede Linie in den Spektren glühender Metalldämpfe durch Oszillationen eines negativen Elektrons erzeugt werden soll, so müssten z. B. um den positiven Atomkern des Eisens einige Tausend derselben hin- und herpendeln. Das Atom wäre dann einer Sonne zu vergleichen, die von einigen Tausend Planetoïden umkreist wird, nur mit dem grossen Unterschied, dass diese Elektronenplanetoïden ihre Energie beständig in Form von Strahlung nach aussen abgeben und demnach unfehlbar in die zentrale Atomsonne hineinstürzen müssten. Ein solches Atom wäre also keineswegs stabil und dies ist doch die unbedingte Voraussetzung eines jeden dauernden Leuchtprozesses. Wohl sind geistreiche Versuche gemacht worden, diesen Mechanismuss mit seiner Gesetzmässigkeit der Spektrallinien theoretisch klarzulegen, und wir wollen nicht vergessen, dass der leider zu früh verstorbene Schweizer Physiker *W. Ritz* gerade hierin Grosses geleistet hat. Allein es treten dabei wirklich prinzipielle Schwierigkeiten auf, die uns ahnen lassen, dass die Elektronentheorie vielleicht noch tiefgreifende Umwandlungen wird erfahren müssen.

Wenden wir uns zum Gebiete der *Elektronenstrahlung*, das den eigentlichen Triumphzug der Elektronentheorie bildet.

Die merkwürdigen Lichterscheinungen der sogen. *Geissler*'schen Röhre sind verhältnismässig alt. In hohem Vacuum nehmen diese elektrischen Entladungen in Gasen ganz bestimmte

Formen an, es treten Strahlen auf, die von der Kathode ausgehen, deren Studium den englischen Physiker *Crookes* auf ganz eigenartige Gedanken brachte, die lange Zeit hindurch nur mit Kopfschütteln angesehen wurden, während sie jetzt volle Anerkennung geniessen.

Jetzt bilden diese *Kathodenstrahlen* eine der wichtigsten Erscheinungen der modernen Physik. Ihre Gesetze sind genau bekannt und ergeben eine vollständig abgerundete Theorie, die, so seltsam auch ihre Resultate klingen mögen, zur Stunde ganz allgemein angenommen wird. Die Kathodenstrahlen besitzen eine beträchtliche Energie, sie werden von einem Magnetfelde beeinflusst, und zwar in schraubenförmigen Windungen um die Kraftlinien herumgedreht, sie werden vom elektrischen Felde abgelenkt, und endlich führen sie eine messbare, negative elektrische Ladung mit sich. Mit anderen Worten, sie verhalten sich Punkt für Punkt wie ein Strom aufeinanderfolgender, negativer Teilchen, es weist alles übereinstimmend darauf hin, dass wir es hier mit einer *beständigen Ausströmung negativer Elektronen* zu thun haben, die in grosser Menge und mit unvorstellbaren Geschwindigkeiten aus der Kathode ausgeschleudert werden.

Hier treten also die Elektronen ganz selbstständig und frei zu Tage, und wenn wir die Kathodenstrahlen durch ein sogen. *Lenard*'sches Fenster in die Luft treten lassen, so haben wir gewissermassen greifbar die Elektronen vor uns, diese letzten Uratome der Elektrizität, diese kleinsten Massenteilchen, die wir uns überhaupt denken können!

Desshalb ist das Studium der Kathodenstrahlen so ausserordentlich wertvoll, und die Messungen an denselben haben wieder auffallend übereinstimmende Resultate gegeben. Die hier nachweisbaren negativen Elektronen sind dieselben, die im *Zeeman*'schen Phänomen zu Tage treten, auch ihre Masse ist etwa 2000 mal kleiner als diejenige des Wasserstoffatoms. Und dass es auch dieselben negativen Elektronen sind, die in den Metallen als Leitungselektronen die elektrischen Prozesse bedingen, das lehrt die Beobachtung des sogen. *Richardson*-Effektes.

Wird nämlich ein Metall intensiv erwärmt, so gehen neben den gewöhnlichen Wärmestrahlen noch andere Strahlen von ihm aus, die durch ihre indirekte Wirkung erkannt werden und die sich genau wie langsame Kathodenstrahlen verhalten. Dieselben können aus nichts anderem bestehen, als aus den im Metall sich bewegenden, negativen Elektronen, die bei der vermehrten Energie der hohen Temperatur aus dem Innern desselben heraustreten und in die Umgebung hinausgeworfen werden; auch für sie hat sich tatsächlich dieselbe spezifische Ladung, wie bei den Kathodenstrahlen, nachweisen lassen.

Welche Bedeutung diese Auffassung der Kathodenstrahlen für das Verständniss des modernsten Gebietes der Physik, der *Radioaktivität*, erlangt hat, braucht nicht noch besonders hervorgehoben zu werden. In den β-Strahlen des Radiums tritt uns die Aussendung negativer Elektronen genau so wie in den Kathodenstrahlen entgegen, mit dem Unterschiede, dass die Geschwindigkeiten jener Teilchen in den β-Strahlen noch erheblich grösser sind, indem sie bis 283,000 Kilometer pro Sekunde erreichen.

An diese grossen Geschwindigkeiten hat sich ein Problem der Elektronentheorie geknüpft, das von weittragendster theoretischer Bedeutung ist, und das wir nicht übergehen dürfen: Das Problem der *Masse der Elektronen und ihrer Veränderlichkeit*.

Das Elektron der Kathodenstrahlen und der Radiumstrahlen sowie auch des Zeemann'schen Phänomens wird in der Theorie wie ein kleiner, materieller Körper behandelt, d. h. wie ein Teilchen, das sich dem zweiten Newton'schen Axiome unterordnet, das also eine bestimmte träge Masse besitzt, die sich aus den elektromagnetischen Ablenkungsversuchen direkt ermitteln lässt. Solche Versuche, die zuerst von *W. Kaufmann* mit grösster Sorgfalt durchgeführt wurden, zeigten nun, dass diese Masse der Elektronen nicht konstant ist, sondern mit zunehmender Geschwindigkeit wächst. In den raschen β-Strahlen des Radiums haben die negativen Elektronen eine viel grössere Masse als die genau gleichen Elektronen in den langsamen Kathodenstrahlen. Spätere Versuche haben dies durchwegs be-

stätigt: Die Masse des Elektrons ist nicht konstant, sie hängt ab von der Geschwindigkeit seiner Bewegung.

Was das bedeutet verstehen wir, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass bisher die Masse geradezu der typische Begriff alles Unzerstörbaren und Unveränderlichen war, das absolut Konstante im vollsten Sinne des Wortes.

Die Elektronentheorie fügte sich aber mit Leichtigkeit in diese so unerwartete, allen Grundsätzen der Mechanik widersprechende Tatsache. Ja, sie fand, dass die Elektronen überhaupt gar keine materielle Masse im wahren Sinne des Wortes besitzen, sondern nur eine scheinbare, elektromagnetische, träge Masse.

In der gewöhnlichen Auffassung, wie sie bisher die ganze Physik beherrschte, wird nie ein Unterschied zwischen träger Masse und zwischen materieller Masse gemacht, weil sich tatsächlich nie ein solcher Unterschied konstatieren liess. Die materielle Masse, die durch Wägung eines Körpers bestimmt wird, die also ausschliesslich durch die allem Stoff anhaftende Gravitationswirkung bedingt ist, braucht aber nicht notwendigerweise dasselbe zu sein wie die träge Masse, d. h. wie der Faktor, mit dem irgend eine Beschleunigung multipliziert werden muss, um die sie erzeugende mechanische Kraft zu ermitteln.

Gerade bei den Elektronen tritt dieser Unterschied klar zu Tage. Jedes Elektron, das z. B. in einem Radiumstrahl dahinsaust, nimmt sein ganzes elektromagnetisches Kraftfeld mit sich; bildlich ausgedrückt schleppt es ein bis in die Unendlichkeit sich ausdehnendes Netz elektrischer und magnetischer Kraftlinien mit sich. Natürlich wird dann jeder Kraft, die die Bewegung des Elektrons abändern möchte (z. B. einer ablenkenden magnetischen Kraft), ein gewisser hemmender Widerstand entgegentreten, und dieser Widerstand äussert sich genau in der Form einer trägen Masse. In Wirklichkeit kann das Elektron aus blosser Elektrizität bestehen, also total unwägbar und frei von jeder Gravitationswirkung sein, vollständig immateriell, dennoch zeigt es jeder Kraftwirkung gegenüber ein Verhalten, als ob es eine ganz bestimmte träge Masse hätte. — So ist es nicht zu verwundern, dass diese vorgespiegelte Masse gar keine konstante ist, sondern mit der Geschwindigkeit

zunimmt; ja, dass sie nach theoretischen Berechnungen unendlich gross werden müsste, wenn das Elektron je die Lichtgeschwindigkeit von 300,000 Kilometer per Sekunde erreichen sollte. Dann würde das in Ruhe unsichtbare Elektron von etwa einem Billionstels-Millimeter Durchmesser eine Masse haben, die grösser wäre als alle Sonnen des Universums zusammengenommen!

Wir verstehen, welche neue Horizonte diese Feststellung für die Auffassung der ganzen Natur eröffnet. Das alte Prinzip der Erhaltung der Masse gilt nicht mehr unbedingt, sondern ist nur noch ein angenähertes Prinzip, das im grossen und ganzen, innerhalb gewisser Grenzen, noch brauchbar bleibt.

Sollte es sich aber je bestätigen, dass überhaupt die ganze Welt materieller Atom nur als eine Zusammensetzung von Elektronen aufzufassen sei, dann müsste die Masse eines jeden Körpers mit seiner Geschwindigkeit sich ändern: Die Masse einer Kanonenkugel im Momente des Fluges wäre dann immer um einen Bruchteil von einigen Billionstels-Milimetern grösser als im Moment der Ruhe.

Die Ueberlegenheit der Elektronentheorie über allen früheren Vorstellungen der Elektrizitätslehre hat sich besonders in einem ziemlich neuen Gebiete gezeigt, in der *Elektrodynamik und Optik bewegter Körper*.

Denken wir uns eine elektrisch geladene Metallkugel isoliert in der Luft ruhend. Sie erzeugt ein bestimmtes Kraftfeld, und die Grösse und Richtung der elektrischen Kräfte in irgend einem Punkte des Raumes, den wir « Aufpunkt » nennen wollen, können nach bekannten Methoden genau gemessen werden.

Was geschieht, wenn die Kugel, anstatt zu ruhen, mit enormer Geschwindigkeit durch die Luft fliegt?

Die Antwort der alten Fernwirkungstheorie war einfach. Die elektrische Kraft im Aufpunkt berechnet sich in jedem Augenblick nach dem *Coulomb*'schen Gesetze aus der momentanen Lage der Kugel zum Aufpunkt. — Die *Hertz-Maxwell*'sche Theorie gibt eine kompliziertere Berechnungsweise: Die Kraft im Aufpunkt in einem gegebenen Zeitmoment hängt nicht ab von der Lage der bewegten Kugel im gleichen Augenblick, son-

dern von einer etwas früheren. Warum? — Weil die elektrische Kraft nicht momentan sich ausbreitet, sondern mit einer bestimmten Geschwindigkeit, der Lichtgeschwindigkeit. Die elektrischen Kräfte breiten sich also wie Lichtstrahlen von der dahinfliegenden Kugel aus und erreichen jeweilen den Aufpunkt immer um einen Bruchteil einer Sekunde später als der Zeitpunkt angibt, da sie ausgestrahlt wurden.

Zudem stellt aber die rasch bewegte Kugel, die ihr ganzes Kraftfeld mitschleppt, einen Konvektionsstrom dar, und nach den neuen Auffassungen erzeugt ein solcher, so gut wie irgend ein anderer galvanischer Strom, ein magnetisches Feld. Obgleich also gar kein Magnet im Spiele ist, wird infolge der blossen Bewegung der Kugel auf einmal eine magnetische Kraft im ruhenden Aufpunkte bemerkbar werden.

Versuche von *Rowland* und von *Eichenwald* haben diese Schlussfolgerungen vollständig bestätigt: Eine Scheibe aus isolierender Substanz war auf beiden Seiten mit ringförmigen Staniolbelegungen versehen, die wie Kondensatorplatten auf eine bestimmte elektrische Spannungsdifferenz geladen waren. Wurde die eine dieser Belegungen in rasche Rotation versetzt (entsprechend der vorhin angenommenen Bewegung der Metallkugel), so dass ihre Ladung einen Konvektionsstrom erzeugte, so war das Auftreten magnetischer Kräfte deutlich wahrnehmbar.

Die Elektronentheorie schliesst sich dieser Auffassung ohne weiteres an. Allein das Problem kann noch anders gestellt werden: Man denke sich die geladene Metallkugel mit sammt dem Aufpunkt in gleicher Weise durch die Luft bewegt. Die beiden sind dann relativ zu einander in vollkommener Ruhe, und ein mikroskopisches Wesen, das den Aufpunkt bewohnte und nichts anderes sehen könnte als die Kugel, würde unentwegt behaupten, dass überall vollkommene Ruhe herrsche. Aber relativ zur umgebenden Luft bewegen sich beide, Kugel und Aufpunkt, die Kraftlinien die von der Kugel ausgehen gleiten über die Luftmoleküle hinaus und modifizieren dabei deren Polarisationszustand. Sowohl nach der *Maxwell*'schen Theorie, wie auch nach der *Lorentz*'schen Auffassung muss demnach im Auf-

punkt ein magnetisches Feld vorhanden sein, und dieses würde dem kurzsichtigen Bewohner offenbaren, dass seine Ruhe nur eine scheinbare ist.

Für den entscheidenden Versuch ist es natürlich gleichgültig, ob Kugel und Aufpunkt sich in der ruhenden Luft oder auch in irgend einem andern Isolator bewegen, oder ob umgekehrt der Isolator sich gegenüber der ruhenden Kugel und dem ruhenden Aufpunkt bewegt.

Röntgen und *Eichenwald* haben für diesen Fall tatsächlich die Existenz des entstehenden magnetischen Feldes dargetan. Wie bei den vorhin erwähnten Versuchen wurde ein kreisförmige Plattenkondensator verwendet, aber diesmal blieben die beiden Belege ruhig und nur das isolierende Dielectricum wurde in rasche Umdrehung versetzt. Die magnetische Kraft trat sofort messbar auf.

Aber wie nun, wenn alles zusammen, Kugel, Aufpunkt und die Luft die Bewegung mitmachen? Oder, um an die konkret ausgeführten Versuche zu denken, wie verhält es sich, wenn der ganze Kondensator, Dielectricum und Metallplatten, in gleicher Weise rotieren? Wird auch dann noch ein magnetisches Feld nachweisbar sein?

Hier scheiden sich die Wege. *Hertz* sagt Nein, *Lorentz* sagt Ja, und der Unterschied liegt in der grundsätzlichen Auffassung über den Aether oder, genauer gesagt, in der grundsätzlichen Auffassung über « absolut » und « relativ ».

Nach *Lorentz* gibt es einen « absoluten » Raum, der identisch ist mit dem Begriff des Aethers. Sobald sich irgend eine elektrische Ladung relativ zu diesem unbeweglichen Aether bewegt, so muss sie eine andere Kraftwirkung erzeugen, als wenn sie im Aether ruhen würde. In dem oben erwähnten Beispiele rotiert die ganze wahrnehmbare Materie, aber der Aether, der sowohl das Metall wie das Dielectricum gleichmässig durchdringt, bleibt in Ruhe, die bewegte Ladung muss also ein magnetisches Feld ergeben. — Nach *Hertz-Maxwell* gibt es nichts absolutes. Der Aether, sofern er innerhalb eines Körpers als Träger elektromagnetischer Kräfte wirksam ist, macht alle Bewegungen dieses materiellen Körpers mit. Rotiert also der ganze Konden-

sator, so rotiert der Aether mit, es kann kein magnetisches Feld entstehen.

Die von *Eichenwald* ausgeführten Versuche haben mit unwiderleglicher Sicherheit das Auftreten eines magnetischen Feldes gezeigt. Sie bilden das Experimentum crucis, das gezeigt hat, dass in diesen hochinteressanten Erscheinungen die Vorstellungen der Elektronentheorie uns ein besseres Verständnis ermöglichen als die Vorstellungen der sonst so genialen Maxwell'schen Theorie.

Von allgemeinem Interesse werden jedoch diese Fragen, wenn sie auf das *Gebiet der Optik* übertragen werden. Und da die Lichtstrahlen nichts anderes als elektromagnetische Wellenzustände sein sollen, so müssen sich die elektrischen Probleme ohne weiteres auf die Optik erweitern lassen.

Das den Eichenwald'schen Versuchen analoge Problem formuliert sich dann folgendermassen: wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes durch einen durchsichtigen Körper hindurch, etwa durch Wasser, verändert, wenn der Körper selber bewegt wird? Nach *Hertz* macht der Aether die Bewegungen materieller Körper mit, also muss die Frage bejaht werden: die Geschwindigkeit des bewegten Körpers addiert sich einfach geometrisch zu derjenigen des Lichtes. Nach *Lorentz* bleibt der Aether ganz in Ruhe, aber die elektromagnetischen Lichtwellen pflanzen sich zum Teil auch durch die polarisierbaren, materiellen Moleküle hindurch, werden also von der Bewegung des materiellen Körpers teilweise mitgerissen. — Die schönen Versuche *Fizeau's*, der untersuchte, ob die Lichtgeschwindigkeit in einer langen Wasserröhre modifiziert werde, wenn das Wasser zu strömen beginnt, lauten durchaus zu Gunsten der Elektronentheorie, eine neue sichere Stütze dieser modernen Auffassung bildend.

Aber die ganze Fragestellung hat eine direkt *kosmische Bedeutung*, die nicht schwer zu verstehen ist.

Wir führen alle unsere physikalischen Versuche auf unserer kleinen Erde aus und sprechen ohne weiteres von einem «ruhenden» Gegenstand, wenn derselbe relativ zur Erde seine Lage beibehält. Und doch glauben wir, auf Grund der kopernikani-

schen Weltauffassung, dass unsere Erde im Raume gar nicht ruht, sondern ausser ihrer täglichen Umdrehung um die Erdaxe (die relativ langsam ist, etwa 450 Meter pro Sekunde für einen Punkt des Aequators) noch in gewaltiger Bahn, mit einer Geschwindigkeit von etwa 30 Kilometer per Sekunde, die Sonne umkreist. Dass sie ausserdem noch, von der Sonne mitgerissen, im Weltraume eine noch unbekannte Bahn beschreibt, das sei der Vollständigkeit halber auch noch erwähnt, obgleich wir darauf nicht weitere Rücksicht nehmen werden.

Sofort muss in uns die Frage aufsteigen: Hat diese Bewegung der Erde im Raum einen Einfluss auf unsere irdischen Experimente? — oder anders formuliert: *Ist es möglich, durch blosse Experimente auf der Erde*, ohne je einen Blick auf den funkelnden Sternenhimmel zu werfen oder die am Himmelsgewölbe wandernde Sonne zu beobachten, *nachzuweisen, dass unsere Erde im absoluten Raume sich tatsächlich bewegt?* — Diese Frage ist nicht so müssig, wie sie erscheinen mag. Denn die Gesamtheit astronomischer Beobachtungen, inklusive den optischen Erscheinungen der Aberration, sagen uns genau genommen nur, dass die Erde sich relativ zur Sonne und relativ zu den Fixsternen bewegt; ob aber die Sonne, resp. die Sternenwelt ruhe und die Erde sich bewege, oder ob umgekehrt die Erde das ruhende Weltzentrum sei, um das herum alles andere wirbelt, — darüber gibt uns die beobachtende Astronomie keine absolute Antwort, sondern nur Wahrscheinlichkeitsgründe.

So wird denn die Frage, ob rein physikalische Versuche die Bewegung der Erde offenbaren können, von faszinierendem Interesse.

Betreffs der Erdrotation kann diese Frage bejaht werden; der *Foucault*'sche Pendelversuch kann wohl kaum anders aufgefasst werden.

Aber wie verhält es sich mit der *Bewegung der Erde um die Sonne?*

Darüber zuerst eine Vorbemerkung: Die Bahn der Erde um die Sonne ist zwar eine krumme Linie; allein dasjenige Stück dieser Bahn, das die Erde während der Dauer unserer gewöhnlichen physikalischen Versuche (von einigen Stunden, eventuel

Tagen) beschreibt, ist tatsächlich als eine gerade Strecke aufzufassen, die mit gleichförmiger Geschwindigkeit beschrieben wird. Es ist aber längst bekannt, dass alle Gesetze der Mechanik von einer solchen geradlinigen, gleichförmigen Bewegung durchaus unbeeinflusst bleiben. Es ist also aussichtslos durch Versuche mit mechanischen Apparaten, analog dem *Foucault*'schen Pendel, unsere Frage beantworten zu wollen.

Wie verhält es sich aber mit elektrischen und optischen Erscheinungen?

Auch hier gehen wieder die Wege auseinander. *Hertz* kennt nur den Aether, der von der Materie mitgerissen wird, der also alle Bewegungen der Erde mitmacht: nach dieser Auffassung wird sich durch keine terrestrischen Versuche die Bewegung der Erde im Raume nachweisen lassen.

Die *Lorentz*'sche Elektronentheorie hat einen ganz anderen Standpunkt. Seine Elektronen und die mit ihnen gekoppelten, materiellen Atome der Erde sausen durch den ewig unbeweglichen, absolut ruhenden Aether hindurch. Lichtsignale und Funkensignale drahtloser Telegraphie pflanzen sich in diesem ruhenden Aether fort, während unsere Erde, unsere atmosphärische Luft, unsere Leuchtkörper, unsere Sender- und Empfängerstationen sich relativ zu ihm beständig weiterbewegen. Selbstverständlich muss dann ein solches Signal eine andere scheinbare Geschwindigkeit haben, wenn es im Sinne der Erdbewegung sich ausbreitet, als wenn es in entgegengesetztem Sinne weiter geht.

Nach dieser Auffassung muss es möglich sein, durch rein terrestrische, optische oder elektrische Versuche einen Aufschluss über die Bewegung der Erde zu bekommen.

Aber sämtliche, tatsächlich ausgeführten Versuche haben in seltener Uebereinstimmung ergeben, dass eine solche Bewegung nicht nachweisbar sei! Für viele dieser Versuche ist der Grund des negativen Resultates leicht einzusehen. Die theoretischen Berechnungen der Elektronentheorie zeigen, dass der Einfluss der Erdbewegung die Messungsresultate nur etwa um einen Hundertmillionstel ihres Gesamtbetrages verändern würde und da ist es verständlich, dass die Mehrzahl der Ver-

suche eine so kleine Grösse nicht mehr zu messen gestatten. Und doch gibt es wenigstens *einen* Versuch, der von den Amerikanern *Michelson* und *Morley* ausgeführt wurde und dessen Anordung so ausserordentlich fein war, dass solche Aenderungen von weniger als einem Hundermillionstel des Gesamtresultates mit Sicherheit nachweisbar waren, und auch dieser entscheidende Versuch offenbarte nichts von dem erwarteten Einfluss der Erdbewegung!

Gegenüber einem solchen Resultat sind verschiedene Stellungsnahmen möglich. Entweder kann man überhaupt den kopernikanischen Standpunkt fahren lassen und zum alten, ptolemäischen Weltsystem zurückkehren; allein unsere Astronomen werden sich kaum dazu bequemen wollen. Oder man kann die *Hertz-Maxwell*'sche Auffassung gegenüber der Elektronentheorie bevorzugen; allein dies ist nach den *Eichenwald*'schen und *Fizean*'schen Beobachtungsresultaten kaum zulässig.

So bleibt nichts anders übrig, als die ursprüngliche Formulierung der *Lorentz*'schen Elektronentheorie so abzuändern, dass sie mit dem Versuche von *Michelson* und *Morley* in Uebereinstimmung gebracht werden kann.

Lorentz hat selber in genialer Weise die Hypothese aufgestellt, die dieses Ziel möglich scheinen lässt: es ist die Hypothese der *Kontraktion der starren Körper infolge blosser Bewegung*.

Vom Standpunkte eines elektromagnetischen Weltbildes ist dieser Gedanke nicht so ungeheuerlich, wie er auf dem Boden des rein mechanistischen Weltbildes erscheinen würde.

Wir haben dieses *elektromagnetische Weltbild* schon einmal angedeutet: in demselben bilden eigentlich die immateriellen Elektronen die Bausteine der ganzen Welt, besondere Kombinationen derselben liefern das, was wir materielle Atome nennen, und die grossen Prinzipien der Mechanik sind dann nur Spezialfälle der viel allgemeineren, universalen Prinzipien der Elektronentheorie. Nicht die Elektrizitätslehre wird dann in das Schema der Mechanik hineingepasst, sondern die *ganze Physik ist nichts anderes als das Gesamtgebiet der Elektrizität*. Das letzte, rätselhafte, nie erforschbare Wesen der Natur ist

dann nicht mehr der Stoff mit seinen Atomen, sondern die Elektrizität mit ihren Elektronen.

Was für die Elektronen galt, gilt dann mutatis mutandis für alle Atome. Hatten wir schon festgestellt, dass die Variabilität der Masse mit der Geschwindigkeit auf diese Weise universelle Geltung bekommt, so gilt nun dasselbe für die Variabilität der Form eines sogen. starren, undeformirbaren Körpers mit der Geschwindigkeit. Denn nach der *Lorentz*'schen Vorstellung werden alle Elektronen durch blosse Bewegung in der Richtung dieser Bewegung zusammengedrückt; ein ursprünglich kugelförmiges Elektron eines Radiumstrahles ist infolge seiner Bewegung in ein stark abgeplattetes Rotationsellipsoid umgewandelt. Wird dieser Gedanke verallgemeinert, so folgt, dass jeder Körper, mag er uns noch so starr scheinen, durch Bewegung automatisch zusammengedrückt wird. Ein Meterstab, der in Richtung der Erdbewegung zu liegen kommt, muss immer um einen Fünfhunderttausendstel Millimeter kürzer sein, als ein identischer Meterstab, der senkrecht zu dieser Bewegungsrichtung liegt! — Diese Kontraktion entgeht unseren feinsten mechanischen Messungen, aber ihre Existenz genügt, um den Einfluss der Erdbewegung auf die feinsten elektrischen und optischen Versuche aufzuheben und alle negativen Resultate derartiger Versuche befriedigend zu erklären.

Es gibt noch eine andere Möglichkeit, die Formeln der Elektronentheorie voll und ganz aufrecht zu erhalten und doch, ohne Kontraktionshypothese, die Abwesenheit eines Einflusses der Erdbewegung zu erklären. Diese Möglichkeit liegt in den Vorstellungen der *Relativitätstheorie*, jener kühnen, selbstverständlichen und doch so paradoxen Theorie, die zuerst in Bern von Prof. *Einstein* klar formuliert wurde, und die alle jene schwierigen Fragen der Erdbewegung unter einem ganz anderen Lichte erscheinen lässt.

Wir müssen der Versuchung widerstehen, diese grossartigen Gedanken hier vorzuführen, denn sie passen nicht mehr in den Rahmen unseres heutigen Vortrages. Es genügt, darauf hingewiesen zu haben, dass sich hier ganz neue Standpunkte für die moderne Betrachtung physikalischer Probleme eröffnen.

Unser Wissen ist und bleibt ja Stückwerk. Allein es gelingt uns doch, Schritt für Schritt die Zusammenhänge der Erscheinungswelt aufzudecken und in einheitlichen Bildern zusammenzufassen. Mehr darf von der theoretischen Physik nicht verlangt werden.

Und in diesem Sinne bietet uns die moderne Elektronentheorie, trotz ihrer zahlreichen Lücken, ein grandioses Bild der gesamten, elektrischen, optischen und magnetischen Erscheinungen, das uns ein Verständnis für ihre manigfaltigen Wechselbeziehungen gibt, das wir nie geahnt hätten, und das uns Einblicke in ihre Zusammenhänge gibt, die wir kaum für möglich gehalten hätten.

Les recherches modernes sur le Volcanisme

par

Albert Brun

Docteur ès sciences à Genève

Messieurs,

Le but de cette séance est de vous entretenir du volcanisme.

Il doit vous sembler qu'après tout ce qui a été dit et écrit sur les volcans, depuis plus de 19 siècles, à commencer par Pline le Jeune, à finir par nos journalistes modernes, il semble, dis-je, que je n'aurai vraiment rien de nouveau à vous dire.

Cependant, vous verrez que ce sujet est bien loin d'être épuisé.

Il en est du volcanisme, comme des questions difficiles à résoudre du champ des investigations humaines.

Il arrive un moment où les sciences sont suffisamment avancées pour prêter leur appui à un rameau, issu d'elles, qui peut alors largement se développer.

C'est en prenant à l'optique ses meilleurs microscopes polarisants, à la chimie physique ses meilleures pompes à faire le vide et ses meilleurs pyromètres, à l'industrie ses derniers fours électriques à résistance et ses derniers appareils en quartz fondu et en platine, que le problème du volcanisme a pu, ces dernières années, faire un pas en avant.

Ce sont les résultats *de ce pas en avant*, que je veux vous exposer sommairement.

Avant de commencer, Messieurs, il nous faut définir le volcan.

Un volcan n'est pas autre chose *qu'un point de la surface de notre terre, dont la température peut atteindre, d'une façon ryth-*

mique ou permanente, un très grand excès sur la température des points immédiatement voisins.

Cette définition est suffisante, car tous les phénomènes éruptifs sont réglés par la valeur de la température.

Et, comme celle-ci s'applique à un *magma* déterminé, sis lui-même dans un *climat* déterminé, il s'en suit que la connaissance de ces 3 variables (température, magma, climat) sera suffisante pour se rendre compte du fonctionnement d'un volcan.

Occupons-nous tout d'abord du premier terme de cette fonction.

A l'aide de méthodes adaptées à ce but, il est possible de déterminer la température à laquelle la lave coule.

J'ai trouvé que c'est en moyenne, pour l'ensemble des volcans du globe, celle de 1100° qui détermine l'explosion paroxysmale.

Cependant, il est des différences notables d'un volcan à l'autre.

Tandis que le Krakatau, en 1883, faisait sa célèbre explosion à une température très voisine de 880° ; que le Vésuve, en 1904, voyait sa lave couler à 1058°, le Kilauea, en 1910, émettait des laves qui atteignaient 1260° à 1290°.

Ces valeurs sont celles du point paroxysmal. Celui-ci présente les dégagements gazeux, à forme explosive, les plus violents.

Tout autour de ce point, le degré thermique va en baissant.

Le Kilauea, dont vous avez ici la coupe schématique, présente le plus bel exemple des variations progressives de la température, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du *pit* central.

Partant du cratère possédant 1290°, l'on rencontre, en s'en éloignant, des fissures de moins en moins chaudes, pour enfin, à 4 kilomètres et demi de distance, rencontrer une solfatare à 96°, puis 80°, enfin 50° seulement aux fumerolles aqueuses les plus excentriques.

Le Papandajan, dont vous avez ici un croquis, quoique moins vaste, présente dans sa solfatare la même loi de dégression.

Il va sans dire que, si le volcan se refroidit, s'il cesse son activité, l'isogéotherme paroxysmal s'enfoncera dans le sous-sol, et la température, au droit du cratère, baissera progressivement.

Dans la nature, 2 points de maximum peuvent être très voisins. Le cratère du Semeroe nous montre 2 cheminées éruptives très rapprochées émettant toutes deux de la lave fondue, mais ne fonctionnant pas simultanément lors des explosions.

Il s'ensuit donc que les surfaces isogéothermiques, dans un volcan, sont sinueuses et peuvent présenter des ombilics. Il fut facile de s'en assurer au Merapi et au Papandajan.

Examinons ce qui va se passer, lorsque ces températures de 900°, 1000°, 1200° seront appliquées aux magmas volcaniques qui constituent les laves coulantes.

Il suffira de faire l'expérience.

Tous ces magmas ou laves volcaniques, chauffées jusqu'à leur fusion, se dilatent sous la poussée des gaz qu'ils engendrent aux dépens de leur propre matière.

Leur dilatation est si puissante, leur expansion si intense, qu'ils font éclater des tubes d'acier ou de porcelaine dans lesquels ils sont enfermés.

En chauffant quelques grammes de l'obsidienne du Krakatau, on fait sauter un tube d'acier.

Il est facile alors de comprendre, que quelques kilomètres cubes de la même obsidienne, dans ces conditions-là, aient pu anéantir et faire disparaître une île, provoquer des vagues marines qui ont pu faire le tour de la terre, jeter dans l'espace 18 kilomètres cubes de roches brisées et tuer 35.000 hommes.

Quelle est maintenant la nature de ces gaz qui dilatent la lave et qui sortent du cratère avec de si formidables détonations?

En réchauffant dans le vide les magmas éruptifs, j'ai pu récolter les gaz qu'ils émanent et les analyser.

Le tableau que voici vous donne la quantité et la composition des gaz émis par un kilog. de roche.

Pour ne pas surcharger, je ne donne ici que 2 ou 3 analyses.

Disons de suite, afin de fixer les idées, que ces gaz dépendent et sont la conséquence des réactions chimiques qui se passent à la température volcanique, entre la lave et trois générateurs, qui sont : des hydrocarbures, des azotures et des siliciochlorures.

	Vesuve	*Lipari*	*Krakatau*
Gaz en cc³.....	374	754	490 5/10
Salmiac en millig.	20 4/10	abondant	10
Comp. des gaz			
Cl_2	—	—	51,74
HCl.....	6,55	89,22	21,12
SO_2.....	12,00	7,72	traces
CO_2.....	73,79		16,01
CO	traces	—	7,11
H_2.....	7,6	—	—
N_2 et autres.....	—	3,06	4,00
	99,94	100,00	99,98

Il y a aussi un fait qui domine l'ensemble du volcanisme. C'est que, quel que soit l'âge géologique du magma, quelle que soit sa nature ou sa position géographique, la nature des gaz est toujours la même. Le mystérieux et solitaire Erebus lance dans le ciel le même panache blanc que le brûlant Kilauea, et notre voisin, le Vésuve, exhale les mêmes composés que le gigantesque Cotopaxi.

Le grand panache blanc des volcans, si caractéristique d'une phase paroxysmale, est donc un mélange des gaz ci-dessus désignés, accompagnés de sels solides volatilisés.

Ces sels sont : les chlorures alcalins, le chlorhydrate d'ammoniaque et de fer, les fluorures, de la silice résultant de l'action de la vapeur d'eau atmosphérique sur le fluorure de silicium, etc.

La présence constante du sel ammoniaque dans tous les produits rejetés par les volcans montre bien que l'azote est d'origine magmatique et qu'il provient des profondeurs de notre globe.

Nous voici donc en possession de 3 précieuses données :

1° La température;

2° Les propriétés du magma;

3° La nature des gaz et des composés volatils.

Il semblerait donc que, pour le chimiste, le problème fut résolu.

En effet, les questions qui restent à résoudre, telles que le

pourquoi du rythme, l'origine, les dimensions des foyers ou du feu central, les déplacements des éruptions au travers des âges géologiques, tout cela étant plutôt du ressort de la grande géologie astronomique, que de la chimie physique.

Mais il n'en est malheureusement rien.

Un petit phénomène, un épiphénomène, un phénomène variable et d'importance géologique minime, vient perturber toutes ces données péniblement acquises, et tout remettre en question.

Les gaz et composés volatils que nous disons être exhalés par le volcan, sont secs; or, comment cela se fait-il que, d'un aveu unanime, les solfatares nous présentent parfois une formidable évaporation d'eau?

Comment expliquer cela?

Les analyses sont-elles fausses? Les déductions seraient-elles erronées? Les creusets et les fours nous auraient-ils trompés? Non!

Il s'agit simplement de raisonner froidement et exactement.

Les expériences de laboratoire donnent *ce qui se passe* dans les magmas soumis aux températures de 1000° à 1100°.

Il suffira donc de vérifier, *ce qui se passe sur le terrain à la même température.*

Pour cela, nous avons deux moyens :

Un premier, indirect, consistant à rechercher quelles sont les réactions chimiques ou physiques qui peuvent avoir lieu entre l'eau et la lave à cette haute température, et capables de fournir des produits ou phénomènes assez stables pour pouvoir être étudiés à loisir.

Un second, direct, qui consistera tout simplement à pénétrer dans le cratère ou dans le panache blanc pour examiner les propriétés des gaz qui s'y trouvent. Cette dernière méthode n'est malheureusement applicable qu'à un très petit nombre de cas.

Pour ce qui concerne le procédé indirect, à côté de nombreuses expériences trop longues à reproduire ici, je veux simplement retenir le fait qu'à 1000°-1100° l'eau, en présence de la lave fondue, se comporte comme un oxydant : elle brûle le carbone, elle décompose les chlorures, les fluorures, etc.

Eh bien! Messieurs, il m'a été impossible de constater ces réactions chimiques sur le terrain.

La lave incandescente émet ses chlorures, ses fluorures, comme si l'eau n'existait pas.

Le carbone qu'elle possède, reste inattaqué, à tel point qu'il continue à rendre opaque ces laves noires qui, même réduites à l'épaisseur de $^1/_{50}$ de millimètre, ne laissent passer aucune lumière.

Les protosels de fer des cendres, sont inaltérés. La cendre du volcan est toujours blanche.

Les points les plus chauds présentent l'aspect le plus noir, et leur voisinage, quoique froid, l'aspect le plus sec qu'il soit possible d'imaginer.

Les cendres lancées sont toujours sèches. Elles ne retombent humides que si elles ont eu le temps d'absorber l'humidité atmosphérique, grâce aux sels hygroscopiques qu'elles contiennent.

Voyons ce que nous dira la méthode directe.

Au Stromboli, au Val d'Inferno, au Semeroe, il a été possible de subir la rafale des explosions. Il a été possible aussi de constater que partout où les fumées passaient, elles ne donnaient lieu à aucune condensation aqueuse.

Il n'y a donc pas de vapeur d'eau dans les gaz exhalés.

Pour soutenir cette thèse, le Kilauea fut encore plus impératif. Lors de ma visite, en 1910, le grand panache blanc qui sortait de ce magnifique cratère, avait 600 à 800 m. de large. Chassé par le vent, il s'étendait à perte de vue, au delà du désert de Kau.

Au fond du pit, bouillonnait un lac de lave fondue, animé d'un perpétuel mouvement de tempête. La nuit, la lumière qui en émanait, colorait en rouge le panache et les nuages du ciel.

C'était une fulgurante vision des âges ancestraux de notre terre, vision de l'âge des granites, vision de l'âge des scories mobiles antéarchéennes.

Le panache fut analysé directement. Il avait la composition prévue : chlorures, gaz chlorhydrique, etc. Il était formé de particules solides et solubles dans l'eau.

Mais il y a plus encore.

LE PANACHE BLANC DÉSHYDRATE L'ATMOSPHÈRE.

Les dosages de la vapeur d'eau effectués alternativement dans l'atmosphère libre et dans l'intérieur du panache ou du cratère ont toujours donné la preuve de cette déshydratation.

C'est donc avec une tranquille confiance dans ces résultats que je puis vous dire :

LE PAROXYSME VOLCANIQUE EST ANHYDRE.

Il ne me reste plus qu'à vous expliquer le pourquoi de l'eau dans les solfatares.

Cela sera très facile.

Les solfatares sont très nombreuses; elles sont en général d'accès commode et ne sont pas assez chaudes pour interdire leur appproche. Elles ne sont pas violemment explosives, mais seulement violemment soufflantes. Leurs projections, faibles, ne sont qu'un « pouf ». Les difficultés du travail sur le terrain ne sont donc pas insurmontables.

Si, grâce à ces conditions favorables, vous voulez bien suivre dans l'étude de différents groupes de volcans, la manière de se comporter de l'eau, et si nous faisons un peu de volcanisme comparé en tenant compte des conditions climatériques de chaque groupe, alors :

Il apparaîtra avec évidence que l'eau est *extérieure* et qu'elle n'appartient pas au volcan.

Elle est une eau errante qui, vis-à-vis du point paroxysmal, suit une marche centripète.

Sa présence constitue un épiphénomène.

Certains volcans sont tout à fait anhydres, quelle que soit la faible valeur de leur température, simplement parce qu'ils sont dans un climat sec.

Le Timanfaya, dans l'île de Lanzarote, que j'ai étudié, en est un frappant exemple.

D'autre part :

La puissance des fumerolles aqueuses, en fonction de la température, suit une marche très régulière. A 120° ou très peu près, s'observe un maximum.

Puis, au fur et à mesure que la température croît, la teneur

en vapeur d'eau diminue, pour s'évanouir presque, lorsque est atteint l'isogéotherme de 340°.

Il s'en suit donc que : LES EAUX ERRANTES SONT ARRÊTÉES DANS LEUR MARCHE CENTRIPÈTE PAR LES ISOGÉOTHERMES DE 120° A 340°.

Avec cette deuxième loi, Mesdames et Messieurs, pourrait s'arrêter la communication que je m'étais proposé de vous faire.

Mais je ne puis résister au désir d'ajouter encore quelques mots sur les conséquences que l'on peut entrevoir comme suite de ces recherches.

En premier lieu, pour ce qui concerne l'eau, l'on est parvenu à délimiter les zones où elle existe en quantité appréciable sur notre globe.

Les ballons-sondes nous ont dit jusqu'où peut monter la vapeur d'eau dans notre atmosphère, et l'étude des volcans nous montre jusqu'où elle peut descendre dans notre lithosphère.

En second lieu, une étude des phénomènes éruptifs serait incomplète, si elle ne s'inquiétait pas du mode de cristallisation des magmas.

Vous n'ignorez pas les efforts tentés par les pétrographes pour arriver à reproduire synthétiquement les roches. Déjà, l'anglais Hall, au XVIIIe siècle, reproduisit le Trapp. Au XIXe siècle, une large pléiade de chercheurs, sous la poussée des travaux des Fouqué, des Michel Lévy, des Friedel, des Sarasin reproduisirent de nombreuses roches et minéraux.

Mais les synthèses, tentées aux dépens d'un magma alcalin vitreux, des roches de la famille du granit, ont toujours échoué.

Une conséquence intéressante des recherches que je viens de vous exposer, sera d'avoir pu indiquer dans quelle voie l'on peut espérer la réalisation de la synthèse des granits.

Je puis déjà vous annoncer que les essais de synthèse tentés dans la voie anhydre ont donné des résultats très encourageants. J'ai obtenu le quartz ; de même aussi l'albite acide, accompagnée d'orthose, en cristaux assez grands pour rendre facile la mesure de l'écartement de leurs axes optiques.

Ces derniers jours encore, j'ai préparé un complexe granitique à silice libre, riche en alcalis, holocristallin.

Vous pouvez voir ici, sous le microscope, une coupe mince de cette roche artificielle. Elle est proche parente d'une granulite, et, s'il m'est permis de faire une comparaison, je dirai qu'elle est aux granulites ce que le squelette d'un singe anthropomorphe est au squelette de l'homme.

Ces expériences vont avoir immédiatement une répercussion rétroactive sur notre conception du volcanisme.

Elles viennent tout d'abord confirmer que, dans l'évolution éruptive des roches, *l'eau est inutile;* ce que nous savions déjà par ce qui a été exposé il y a peu d'instants.

Ensuite, la pression si souvent invoquée comme facteur de la formation du quartz et de l'orthose, elle encore, *est inutile.*

Enfin, chose que j'hésite à vous dire, de crainte de passer auprès de mon auditoire pour un esprit imaginatif et poétique, les minéralisateurs, d'après les expériences faites sur la silice dans un vide presque parfait, les minéralisateurs, dis-je, eux aussi, *sont inutiles.*

Mais, pour satisfaire quelques esprits peut-être inquiétés par ces nouvelles conceptions, je me contenterai de réduire les minéralisateurs au simple rôle d'agents accessoires, d'une utilité douteuse, et bien probablement peu nécessaires.

Il s'ensuit donc que la cristallisation de n'importe quelle roche éruptive, qu'elle soit alcaline acide ou calcique basique, obéit aux lois simples des solutions, dont le seul et unique facteur réside en la température de formation des cristaux. (Idée que Vogt, de Christiana, a déjà défendue.)

Maintenant, considérant l'ensemble de l'évolution d'un magma volcanique mondial quelconque, nous pouvons dire que tout se ramène à deux phases, qui ont de multiples périodes communes :

L'une, à haute température, c'est l'évolution gazeuse.

L'autre, à température moins haute, c'est l'évolution cristallisante.

Les lois géologiques, au fur et à mesure que cette science progresse, se simplifient et rentrent toujours mieux dans les

lois plus générales et plus simples encore, qui régissent la matière.

Les principes généraux étant établis, il ne restera plus qu'à en fixer les détails.

Je suis donc en droit de vous faire espérer qu'il sera prochainement possible de jeter de nouvelles lumières sur le mystère pétrographique qui entoure la genèse des granites. Car ce qu'il reste à effectuer n'est plus que la coordination de ces expériences pour obtenir une roche parfaite.

L'océanographie peut, dès maintenant, considérer que les mers, bien loin de fournir leur chlorure aux volcans, ont, au contraire, reçu d'eux leurs sels.

Ces composés qui, dans le magma, étaient virtuels et insolubles, se créèrent, devinrent solubles, grâce aux réactions chimiques développées lors de l'éruption.

Il n'est pas jusqu'à l'azote de notre atmosphère, qui ne puisse être suspecté d'avoir formé ancestralement des combinaisons qui furent détruites plus tard par l'oxygène, plus actif que lui, à la température volcanique de 1100°.

Enfin, cet oxygène si nécessaire à la vie, si fondamental, voit sa quantité diminuer inéluctablement à chaque convulsion éruptive. Il brûle les hydrocarbures, il oxyde lentement les silicates ferreux, il se perd lentement et toujours.

Il en est de même pour l'eau.

Car nous pouvons nous poser cette question : que restera-t-il de nos océans une fois que toutes les laves auront passé à l'état de silicates hydratés?

Vous voyez, Mesdames et Messieurs, l'énorme champ de recherches qu'il reste encore à parcourir.

Les quelques résultats que je viens de vous exposer, bien loin de pouvoir résoudre la question du volcanisme dans son ensemble, ne font qu'en montrer la complexité extrême et l'infinie variété.

Genève-Soleure,

Août 1911.

Reisewege und Aufenthalte in Melanesien

von

Dr. Otto Schlaginhaufen

a. o. Professor an der Universität Zürich

Das vorliegende Itinerar[1] soll in erster Linie bezwecken, den Nachweis zu liefern, welche Wege ich auf meiner Südseereise genommen und wie lange ich mich an den einzelnen Orten verweilt habe. Erst in zweiter Linie soll auch der auf der Reise geleisteten wissenschaftlichen Arbeiten gedacht werden, dies aber nur in dem Sinne, dass ich die Aufgaben, die an den einzelnen Forschungspunkten in Frage kamen, kurz erwähne, dagegen keine Forschungsresultate gebe, sofern dies nicht schon in vorläufigen Mitteilungen geschehen ist.

Meine Reise zerfällt in zwei Hauptabschnitte: Den ersten, grösseren Teil brachte ich als Mitglied der Deutschen Marine-Expedition im *Bismarck-Archipel*, insbesondere auf der Insel *Neu-Mecklenburg* zu, von wo aus auch kleine Abstecher nach den *Salomonen* und nach der mikronesischen Gruppe der *Greenwich-Inseln* unternommen wurden. Nach Beendigung dieser Expedition beauftragte mich die Direktion des Zoologischen und Anthropologisch-Ethnographischen Museums zu Dresden mit der Bereisung einiger Gebiete des deutschen Teils der Insel *Neu-Guinea.*

Die Ausreise erfolgte Mitte September 1907 von Genua aus über Ceylon und Australien und erreichte ihren Abschluss mit der Ankunft in *Simpsonhafen (Rabaul)* auf der Insel *Neu-Pommern* am 1. November. Von diesem Tage an bis Ende Juni 1909 dauerte meine Tätigkeit als Mitglied der Marine-Expedition. Anfangs Juli reiste ich nach Neu-Guinea zur Ausführung der Dresdener Aufträge, und am Weihnachtstag desselben Jahres

[1] Ich gebe diese Reisemitteilungen an Stelle des in Solothurn gehaltenen Vortrags, da ich den letzteren wegen der vielen Hinweise auf die Lichtbilder zur Publikation nicht als geeignet erachte.

verliess ich Melanesien, um die Heimreise über Manila, Hongkong und Singapore anzutreten. Am 8. Februar 1910 langte ich wieder in Genua an. Von der gegen 2½ Jahre dauernden Reise fallen zirka 2 Jahre und 2 Monate auf den Aufenthalt in Melanesien.

Erster Teil der Reise.

9.—10. Nov. 1907: Reise nach *Bougainville* (Salomonen).

9. Nov. Abfahrt von *Matupi*, Insel in der Blanche-Bai auf Neu-Pommern, bei hohem Seegang und stürmischem Wetter.

10. Nov. Gegen Abend kommen die Inseln *Buka* und *Bougainville* in Sicht.

11. Nov. Ankunft im Hafen von *Kiëta*, Regierungsstation des Kaiserlichen Gouvernements.

12.—15. Nov. Anthropologische Untersuchungen an Vertretern der benachbarten Berg- und Küstenstämme, unterstützt von Herrn Stationschef *Döllinger*.

16. Nov. Ausflug mit den Herren *Döllinger* und Stabsarzt Dr. *Gräf* nach den Küstenorten *Toboroi* und *Reboini*.

17. Nov. Exkursion in die Bergdörfer *Ituru* und *Takotschi*.

18. Nov. Abschluss der anthropologischen Arbeiten.

19.—20. Nov. Rückfahrt nach Matupi (1908 a)[1].

21.—26. Nov. Es werden auf Matupi und in Herbertshöhe letzte Vorbereitungen für die Expedition getroffen.

28. Nov. Abfahrt der vier Expeditionsmitglieder, Stabsarzt *Dr. Stephan*, *E. Walden*, *Dr. Schlaginhaufen* und Photograph *Schilling* an Bord S. M. S. Planet in das eigentliche Expeditionsgebiet, die Insel Neu-Mecklenburg. Wir fahren der Westküste entlang hinauf. (Siehe Karte 1.)

29. Nov. Wir fahren an der Insel *Djaul* vorbei und biegen in den zwischen der *Baudissin-Insel* und der Küste Neu-Mecklenburgs durchfürenden *Albatross-Kanal*. Dieser und die anschliessende Inselwelt des *Nusa-Fahrwassers*, welche der Nordspitze Neu-Mecklenburgs vorgelagert ist, gehören zu den

[1] Die eingeklammerten Zahlen sind Hinweise auf die die Reise berücksichtigenden Publikationen. Wo kein Autor genannt ist, handelt es sich um meine eigenen Veröffentlichungen. Die zitierte Literatur ist in einem Verzeichnis am Schluss der Arbeit zusammengestellt.

interessantesten Passagen im Bismarck-Archipel. Bei der Regierungsstation *Käwieng* ankern wir und Herr Walden schifft sich mit seinem Gepäck aus. In der Nacht Weiterfahrt der Ostküste entlang hinunter.

30. Nov. Ankunft vor der Regierungs-Station *Namatanai*. Am Nachmittag Ausflug zu Fuss nach der Pflanzung *Bopire* und Rückfahrt im Boot an Bord des « Planet ».

1. Dez. Die Fahrt der Westküste entlang hinunter wird fortgesetzt. In Namatanai wurde ein schwarzer Polizeisoldat an Bord genommen, der zur Auffindung des Hafens von *Muliama* als Lotse dienen sollte. Der Mangel von Kartenskizzen und das eingetretene Regenwetter erschweren die Einfahrt in den kleinen Hafen. Abends erste Orientierungs-Exkursion an Land.

2.—6. Dez. Das Expeditionslager wird unter Mithilfe der Mannschaft des « Planet » aufgeschlagen. Um die Mittagszeit des 6. Dez. verlässt uns « Planet ».

Für die Dauer eines Jahres blieb nun Muliama unser Standlager, von dem uns verschiedene Reisen auf längere oder kürzere Zeit wegführten. Die folgenden Daten mögen dartun, welche Reisen und Arbeiten in die Zeit dieses Aufenthaltes fallen.

7. – 10. Dez. Vorbereitungen für die Anlage der ethnographischen und anthropologischen Sammlungen, der Kataloge und der Vokabulare ; Ordnen der Tauschartikel.

11.—14. Dez. In diesen Tagen machten wir die ersten Besuche in den benachbarten Küstendörfern, den südlichen: *Waranat, Kabitengteng, Samo, Tamm, Kampamba*, den nördlichen: *Piglinbui, Ngorngoro, Biam*. Diese Siedelungen wurden von nun an sehr häufig, zeitweise sogar tagtäglich von uns aufgesucht, und sowohl ihre Anlagen als auch ihre Bewohner fortgesetzt studiert. Ich unterlasse es daher, die Besuche in diesen Dörfern künftig besonders anzuführen.

15. Dez. Erster Ausflug in die von den *Butam* bewohnten Bergdörfer *Fättlambé, Putnakelai, Waranliss, Kunukui, Unfutt, Ululumbai*. Auf diesem Ausflug stiessen Dr. Stephan und ich zum ersten Mal auf die Spuren des *Papáu* genannten Geheimbundes, über dessen Zeremonien ich an anderer Stelle (1908 c) berichtet habe. Am 18. Dez. wiederholte ich mit dem Photo-

graphen Schilling die Exkursion nach dem Bergdorf Unfutt, um einige Bilder aus den Papáu-Ceremonien auf der photographischen Platte festzuhalten.

Die Tatsache unserer Ankunft und Festsetzung in Muliama hatte sich bei den Eingeborenen so schnell und weit verbreitet, dass in der folgenden Zeit jeden Tag Leute aus den entferntesten Gegenden der Küste und der Berge unser Expeditionslager zu besuchen kamen. Es bot sich uns somit viel Gelegenheit, Beziehungen zu den Bewohnern der nähern und fernern Umgebung anzuknüpfen. Diese kamen nicht nur unsern Sammlungen und Vokabularien unmittelbar zu gute, sondern wir erhielten auf diese Weise auch Kunde von Ort- und Landschaften, die uns sonst entgangen wären. Auf eine solche Erkundung hin unternahmen wir am

21. Dez. einen Marsch nach dem Bergdorf *Kau*. Der erste Teil desselben führte eine Strecke weit südwärts der Küste entlang. Damit gelangten wir zum erstenmal über die nähere Umgebung unserer Station und der Grenze der Landschaft Muliama hinaus; wir berührten das südlichste Muliama-Dorf *Maron*. Die folgenden Orte *Uilo, Liberbar* und *Manga* gehören bereits zur Landschaft *Konomala,* die sich durch die Sprache und teilweise durch die materielle Kultur von der Landschaft Muliama unterscheidet. Südlich von Manga geht der Pfad ins Gebirge nach dem Oertchen *Kau* ab, ist aber weiter landeinwärts von dem breiten und reissenden Fluss *Danfu* unterbrochen, der sein Wasser von den Gebirgen des Innern herleitet. Wir durchquerten ihn an Hand einer Liane, die wir von den Eingeborenen über den Fluss gespannt vorfanden und erreichten auf dem sehr schlüpfrigen und nicht ungefährlichen Pfad gegen 1 Uhr das erstrebte Ziel; es krönte als kleines Dörfchen den Gipfel einer allseitig freien Höhe. Auf dem Rückwege, der 5 Stunden in Anspruch nahm, überraschte uns ein mächtiger Regen, der erste ernstere Vorbote der Regenzeit, der unseren weiteren Ausflügen ein vorläufiges Ziel setzte. Welche Wirkungen ein einziger derartiger Tropenregen ausüben kann, wurde uns auf dieser Tour besonders klar; so waren kleine Flüsschen, die wir am Vormittag noch beinahe trockenen Fusses über-

schritten hatten, am Nachmittag derartig angeschwollen, dass uns das Wasser beim Durchwaten bis zu den Hüften reichte.

Infolge des Eintrittes der Regenzeit brachten wir die nächsten Wochen hauptsächlich in unserem Expeditionslager zu, wo die sammlerische Tätigkeit, die Siedelungsaufnahmen der nächsten Dörfer, die Sprachstudien und die anthropologischen Untersuchungen unsere Arbeitskräfte völlig absorbierten.

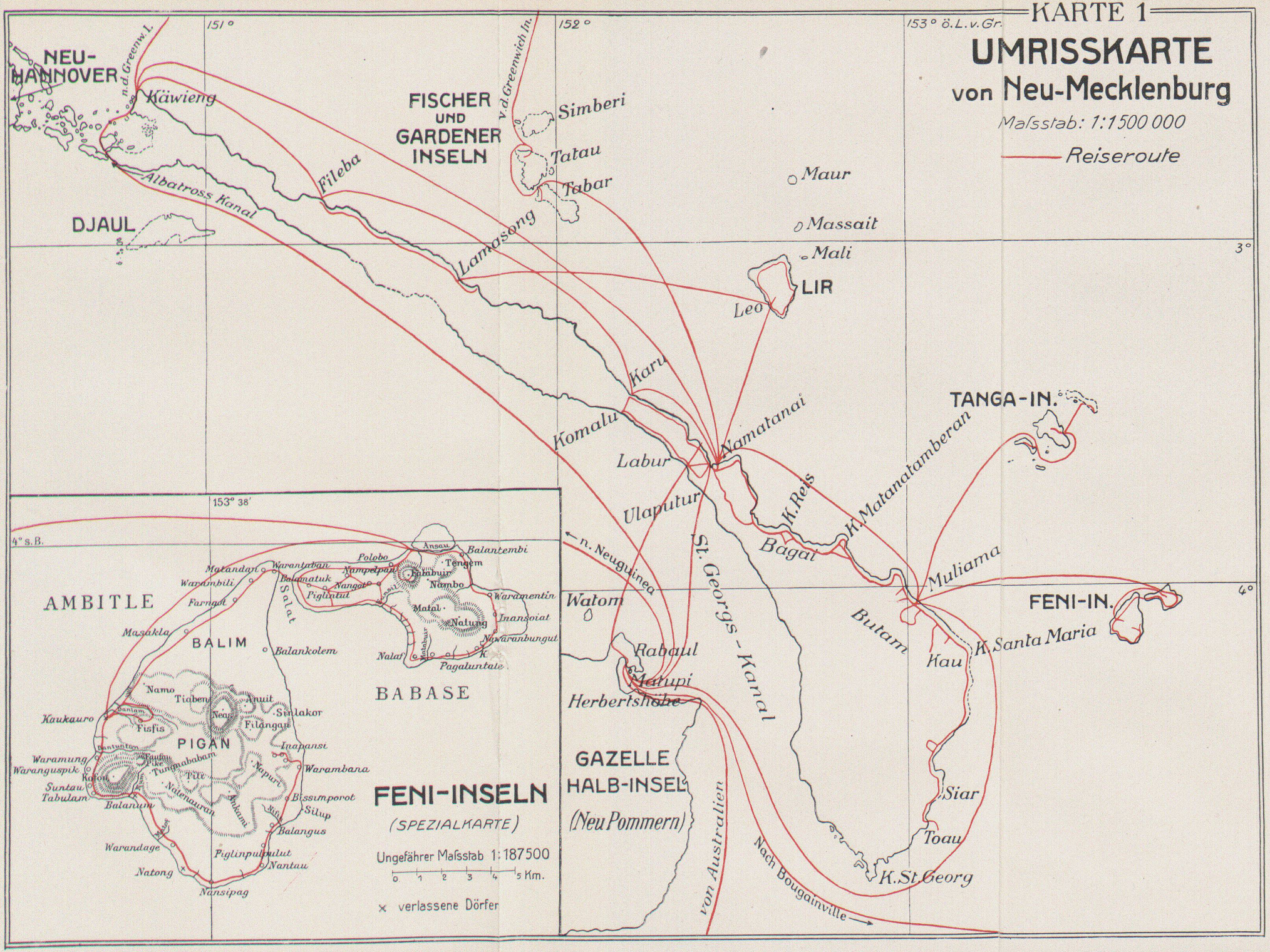
Am 23. Februar 1908 konnten wir unsere erste ethnographische Sammlung nach Europa expedieren, und am

2. März war die Regenzeit bereits in ihr letztes Stadium getreten, so dass sie uns wieder einen Marsch ins Gebirge erlaubte. Auf diesem begleitete uns noch ein weiterer Europäer, Herr Kunstmaler *Marquardt,* der sich einige Wochen auf unserer Station aufhielt. Neue Aufschlüsse über den Papáu-Bund und die Feststellung der Tatsache, dass die Butam ihre Toten auf Bäumen bestatten und der Verwesung aussetzen, gehören zu den Hauptergebnissen der Exkursion. Ihr folgte am

5. März eine andere nach dem Bergdorfe *Gitgit*, die uns nordwärts führte und deren teilweise sehr beschwerlicher und steiler Weg durch einen wunderbaren Ausblick auf das Meer und den südlichen Abschnitt der Küste reichlich belohnt wurde. Hier traf ich, ähnlich wie in den übrigen Butamdörfern, durchschnittlich kleinwüchsige Leute, und konnte sogar an einem Eingeborenen die Körpergrösse von 146 cm und damit das Minimum der in dieser Gegend gemessenen Männer feststellen. Die Bearbeitung der von diesen beiden Exkursionen mitgebrachten Materialien nahm uns in Anspruch bis zum

17. März, an welchem Tage wir uns nochmals aufmachten, um die Schlusszeremonien des Papáubundes zu beobachten. Wir verweilten ununterbrochen zwei Tage und eine Nacht bei den Einweihungsfeierlichkeiten der Adepten des Bundes, die schon an anderer Stelle (1908 c) ihre Darstellung erfahren haben. Kaum waren die vielen neuen Beobachtungen für unsere Tagebücher und Kataloge verwertet, als eine neue Aufgabe unserer wartete. Am

25. März schifften Photograph Schilling und ich uns auf dem zufällig vorüberfahrenden Kutter eines Chinesen ein, um nach


KARTE 1
UMRISSKARTE
von Neu-Mecklenburg
Maſsstab: 1:1500 000
Reiseroute
151°
152°
153° ö.L.v.Gr.
3°
4°
NEU-HANNOVER
n.d.Greenw.I.
Käwieng
Albatross Kanal
DJAUL
FISCHER UND GARDENER INSELN
v.d.Greenwich In.
Simberi
Tatau
Tabar
Fileba
Lamasong
Maur
Massait
Mali
LIR
Leo
Karu
Komalu
Namatanai
Labur
Ulaputur
K.Reis
K.Matanatamberan
TANGA-IN.
Bagai
Muliama
FENI-IN.
Butam
Kau
K.Santa Maria
Siar
Toau
K.St.Georg
n. Neuguinea
Watom
St. Georgs-Kanal
Rabaul
Matupi
Herbertshöhe
GAZELLE HALB-INSEL
(Neu Pommern)
von Australien
Nach Bougainville
153° 38'
4° s.B.
AMBITLE
BALIM
BABASE
PIGAN
Salat
Ansau
Balantembi
Tengem
Polobo
Nampelpan
Fatabuir
Nambo
Matandan
Warantaban
Warambili
Balamatuk
Nangot
Piglintut
Farngot
Waramentin
Matal
Natung
Inansoiat
Nawaranbungut
Masakla
Balankolem
Nalaf
Pagaluntale
Namo
Tiaben
Anuit
Sinlakor
Kaukauro
Fisfis
Filangan
Inapansi
Waramung
Waranguspik
Kafon
Tungmababam
Warambana
Suntau
Tabulam
Balanum
Nalenauran
Napuri
Bissimporot
Silup
Balangus
Warandage
Piglinpulpulut
Nantau
Natong
Nansipag
FENI-INSELN
(SPEZIALKARTE)
Ungefährer Maſsstab 1:187500
0 1 2 3 4 5 Km.
× verlassene Dörfer

Tanga, einer Muliama gegenüberliegenden Inselgruppe zu fahren. Dieser achttägigen Reise habe ich schon eine besondere Schilderung gewidmet (1908 d). Erwähnen will ich nur, dass ich die Zahl, die ungefähre gegenseitige Lage und die Namen aller Inseln der Gruppe festgestellt und in einer Skizze (Globus Bd. 94, p. 166) zusammengefasst habe. Am

1. April nach Muliama zurückgekehrt, fanden wir in den benachbarten Dörfern die Eingeborenen mit den Vorbereitungen zu den bevorstehenden Totenfeierlichkeiten beschäftigt. Was sich bei diesen und auf der Reise nach Tanga an Beobachtungen angesammelt hatte, war so viel, dass wir während des Monats April vollkommen mit der Verarbeitung derselben beschäftigt waren und nur am 11. April eine Tour in die noch nicht besuchten Bergdörfer *Parkasap* und *Ulé* ausführen konnten. Der Weg dahin steigt von Kampamba aus steil an und trifft schon nach einer schwachen $^1/_2$ Stunde auf das erstgenannte Dorf. Parkasap und das früher erwähnte Biam sind die am meisten nach der Küste vorgeschobenen Butam-Siedelungen.

7.-15. Mai Fussreise nach Süden bis zur *Toau-Insel* und zurück. Das ausführliche Itinerar derselben ist ebenfalls schon veröffentlicht (1908 e). Als Hauptergebnis dieses Orientierungs-Marsches ist die Feststellung der Eingeborenen-Namen aller berührten Ortschaften und durchquerten Wasseradern, sowie die Abgrenzung der einzelnen Landschaften. Die von mir eruierten Namen habe ich in einer Kartenskizze zusammengestellt und sind auch in andere Karten, so in die Blätter der *deutschen Admiralitätskarte* und in diejenige von *Karl Sapper* (1909) übergegangen).

Früher als wir gedacht, mussten wir auch zu einer Reise nach Norden aufbrechen. Unser Expeditionsleiter Marinestabsarzt Dr. Stephan war schwer erkrankt; noch hatte er die Genugthuung gehabt, bei der Toau-Insel, wo er gemeinsam mit mir auf einem Einbaum ins Meer hinausruderte, den Anschluss an seine in früheren Jahren durchgeführten Forschungen zu finden, die er damals in jener Gegend abgebrochen hatte. Wenige Tage später aber traten schon die Anzeichen seiner Erkrankung auf, die so verhängnisvoll für ihn werden sollte.

Noch raffte er sich zusammen und marschierte über das Kap Santa Maria zurück; aber am letzten Tag der Reise musste er bereits in der Hängematte getragen werden. Nach einigen bei wechselndem Befinden in Muliama verbrachten Tagen wünschte er selbst ins Hospital in Herbertshöhe gebracht zu werden. Drei Tagereisen weit, vom

21.-23. Mai, wurde der Kranke in der Hängematte, zum Teil über hohe Felsen hinweg und durch breite Flüsse hindurch, getragen; am vierten Tag nahm ihn ein Ruderboot auf und brachte ihn nach der Kaiserlichen Station Namatanai. Photograph Schilling und ich folgten am

25. Mai mit der Trägerkarawane zu Fuss nach; aber schon unterwegs überraschte uns die Nachricht von Stephans Tod, und noch am selben Tag mussten wir unseren Freund der Erde übergeben. Nun liegt er auf der Insel begraben, deren Erforschung ihm so sehr am Herzen lag und mehrere Jahre seines Lebens in Anspruch genommen hatte[1].

Der Marsch von Muliama nach Namatanai wurde in ähnlicher Weise wie die Reise nach Süden zur Feststellung der geographischen Eingeborenen-Namen nach Möglichkeit benützt. Bei dem Dorf *Porbunbun* hatte man die Nordgrenze der Landschaft Muliama schon überschritten und die Landschaft *Bitmussuan* betreten.

Nördlich von *Kudukudu* beginnt die Landschaft *Petpeter,* die über Namatanai hinausreicht.

In dieser Zeit hatte der Südost-Passat schon so überhand genommen, dass es für kleinere Boote gefährlich war, den St. Georgskanal mit kleineren Fahrzeugen zu durchqueren; daher konnte zunächst weder die Todesnachricht Stephans auf diesem Wege d. h. über die Berge nach der Westküste und von dort quer übers Meer nach Herbertshöhe gebracht werden, noch konnten wir selbst diese Route einschlagen; der Chinese, der mit dieser Aufgabe betraut worden war und den Versuch einer Seefahrt gemacht hatte, kam unverrichteter Dinge von

[1] Stephan, E., Südseekunst. Berlin 1907.
Stephan, E. und Græbner, F., Neumecklenburg (Bismarck-Archipel). Berlin 1907.

der Westküste zurück. So entschieden Photograph Schilling und ich uns denn, am

3. Juni an Bord des zufällig bei Namatanai vorbeifahrenden Schuners « Irene » zu fahren, und auf demselben die Südspitze von Neu-Mecklenburg zu umsegeln. Auch dieses grössere Fahrzeug konnte nur mit Mühe gegen den immer noch andauernden Passat und den damit verbundenen Seegang ankommen. Unter höchster Anstrengung der schwarzen Schiffsmannschaft wurde erst am Abend des dritten Tages Kap St. Georg umfahren. Der Morgen des vierten, d. h. des

6. Juni sah uns vor Herbertshöhe.

6. Juni bis 13. Juli : diese Zeitspanne wurde in der Gegend der Blanche-Bucht, insbesondere in dem gestfreundlichen Hause der Herrn *Thiel* auf Matupi verbracht. Photograph Schilling musste leider einen Teil dieser Zeit dem Krankenhaus in Herbertshöhe opfern, da er unter häufigen Anfällen von Malaria zu leiden hatte. Ich selbst holte mir Instruktionen beim Gouverneur für die Weiterführung der Expedition, ergänzte den Bestand unserer Lebensmittel und Tauschwaren durch Ankäufe in den Magazinen von Herbertshöhe, Simpsonhafen und Matupi und nutzte die Zeit im Uebrigen zu anthropologischen Untersuchungen aus.

14.-27. Juli. Rückkehr nach Muliama und Fahrt nach den Greenwich-Inseln (Kapingamarangi).

14. Juli Abfahrt von Matupi mit dem Lloyddampfer « Langeoog » und Ankunft in Herbertshöhe.

15. Juli, 4 h. a. m. werden die Anker gelichtet und die Reise um die Südspitze von Neumecklenburg herum angetreten. Kap St. Georg wird um 10 Uhr erreicht. Der Dampfer fuhr dicht unter Land, so dass die Küste gut zu beobachten und es mir auf diese Weise möglich war, meine geographischen Notizen über die Ostküste zu kontrollieren und zu vervollständigen. Abends 6 Uhr landeten wir in Muliama und brachten im Hafen die Nacht zu.

16. Juli. Auf der Weiterfahrt werden beim Kap *Matanatambaran,* das sich durch grosse Flächen von Alangalanggras auszeichnet, Eingeborne ausgeschifft, die als Pflanzungsarbeiter

in Herbertshöhe tätig gewesen waren und ihre Zeit kontraktmässig abgedient hatten. In der Nacht vor Namatanai.

17. Juli, Weiterfahrt der Ostküste entlang hinauf bis *Karu*. Durchquerung der Insel:

ab Karu (Ostküste): 1 h. 00	an Komalu (Westküste): 3 h. 34
ab Komalu (Westküste): 4 h. 25	an Karu (Ostküste): 6 h. 55

Diese Strecke ist wohl eine derjenigen, wo sich die beiden Küstenlinien am nächsten kommen.

18. Juli, der Dampfer fährt weiter nach *Fileba*. Besuch beim kaiserlichen Stationschef, Herrn *Boluminski,* der sich zur Zeit in *Lakurdemau* aufhält.

19. Juli; in der Nacht wird das nördlichste Stück der Ostküste abgefahren, und früh um 8 Uhr bei der Station Käwieng gelandet. Noch am Abend geht es weiter nach den Greenwich-Inseln.

20. Juli, wir sehen heute kein Land; Abends 8 Uhr wird der Aequator passiert.

21. Juli. Gegen 8 Uhr Morgens kommen die Greenwich-Inseln in Sicht; die Passage in das Atoll ist eng, und daher für unser Schiff ziemlich gefährlich. Diese Gruppe wird von Dampfern sehr selten angelaufen. Einmal im Jahr pflegt die Kopra abgeholt und die Bevölkerung als Entgelt mit Tauschwaren versehen zu werden. Trotzdem dieser seltene Tag die Eingeborenen sehr beschäftigte, war es mir doch möglich auf zwei Inseln, *Touhou* und *Werue,* anthropologische Studien vorzunehmen. Zum Verkauf ethnographischer Gegenstände waren die Eingeborenen allerdings nicht leicht zu bewegen. Nach Physis und Kultur schliessen sich die Eingeborenen am ehesten an die Mikronesier an, eine Feststellung, die immerhin hervorgehoben zu werden verdient, da man Kapingamarangi ihrer geographischen Lage nach (1 Grad nördl. Breite und 155,5 Grad östl. Länge v. Gr.) fast ebenso gut zu Melanesien wie zu Mikronesien rechnen könnte. Sie liegt zwischen beiden ganz isoliert.

23. Juli; vor Sonnenuntergang verlassen wir das Atoll wieder und erblicken erst in der Frühe des

25. Juli die Höhen der *Fischer-* und *Gardner- Inseln.* Wir ankern einmal zwischen *Simberi* und *Tabar* und gehen auf der letzten Insel ein Stück weit über Land. Abends steuern wir auf den Kanal zu, der die beiden südlichen Inseln trennt und bleiben dort während der Nacht in der Nähe der Station der Neu-Guinea-Compagnie. Unter nochmaliger Berührung von Namatanai kehren wir nach Muliama zurück (1908 f, 952-957).

28. Juli bis 10. August Fortsetzung der ethnographischen Arbeiten in Muliama ;

11. August ; « Planet » fährt in den Hafen ein und nimmt den grössten Teil der Expedition an Bord, um ihn nach den *Feni-Inseln* zu bringen. (Siehe Spezialkarte.)

12. August bis 9. September : Aufenthalt auf den Feni-Inseln (1909 a). « Planet » brachte uns auf die Station eines chinesischen Händlers, die auf der kleineren der beiden Inseln gelegen ist. Der erste Teil des Aufenthaltes spielte sich auf der kleineren Insel *Babase* ab, die wir nach allen Richtungen hin durchquerten und auch einmal ganz umgingen.

20. August. Der Chinese bringt uns mit seinem Fahrzeug nach der grossen Insel *Ambitlé.*

21. Aug. Besuch des Bergdorfes *Fisfis* und einer Stelle, wo die rote Erdfarbe gewonnen wird.

22. Aug. Bau eines Standlagers in *Suntau.*

24.-25. Aug. Marsch der Süd- und Ostküste der Insel entlang bis *Warambana* und Besuch der Bergdörfer *Inapansi* und *Tamunfunme.*

31. Aug., auf der Rückkehr nach der kleinen Insel wird das Chinesenboot nur für das Gepäck benutzt ; wir selbst gehen zu Fuss der Westküste entlang bis zu der die beiden Inseln trennenden Durchfahrt, lassen uns dort von einem Eingeborenenboot übersetzen und gehen über Land bis zur Chinesenstation. Das schönste Ergebnis meines Aufenthaltes auf Feni war eine mehrere Hundert Menschenschädel umfassende Sammlung, die dadurch ihren besonderen Wert erhielt, dass ich in den meisten Fällen Namen, Geschlecht und Herkunft des Verstorbenen erfahren konnte.

9.-10. Sept. Rückfahrt nach Muliama an Bord des « Planet ».

14.-17. Sept. Marsch nach Namatanai, wo wir uns bis zum 22. Sept. aufhalten.

23. Sept. Wir marschieren von Bopire, nachdem wir dort genächtigt hatten, über die Berge nach *Ulaputur* (3. Durchquerung Neu-Mecklenburgs). Ueberfahrt mit dem Schuner « Carabine » nach Herbertshöhe.

24. Sept. bis 30. Okt. Aufenthalt in Herbertshöhe und Matupi wegen Krankheit.

31. Okt. bis 1. Nov., Rückfahrt nach Muliama an Bord der « Langeoog » ; Weg um die Südspitze von Neu-Mecklenburg.

7. Nov., als Ersatz für den verstorbenen Dr. Stephan langt Oberstabsarzt Prof. *Dr. Krämer* mit seiner Frau an. Unter den mit ihm gemeinsam ausgeführten Ausflügen habe ich denjenigen vom

18. Nov. nach den Bergdörfern Fättlambé, Putnakalai, Kinakui, Barmala, Putnakapsi, Ulé, besonders hervorzuheben. Vorher am

14. Nov. hatte ich allein eine Tour nach den Bergdörfern *Puropai* und *Taman* unternommen, die früher noch nicht besucht worden waren.

12.-14. Dez. 1908, Kutterfahrt nach der Insel *Lir* unter Berührung von Namatanai.

15. Dez. 1908 bis 19. Jan. 1909 Aufenthalt auf der Insel *Lir* Trotz der sehr ungünstigen Jahreszeit — der Nordwestmonsun hatte von Neuem eingesetzt — machte ich allein mit drei schwarzen Expeditionsleuten auf der Insel Station. Standlager war *Leo*, ein Ort an der Südseite der Insel. Den südlichen Landschaften und den, in den steil ansteigenden Bergen gelegenen Dörfern *Posingil, Uongo* und *Talo*, widmete ich die Zeit bis zum

28. Dez. ; an diesem Tag trat ich einen Marsch um die ganze Insel an und erreichte Leo wieder am Mittag des 1. Jan. 1909. Die Umschreitung der Insel hatte also 4 $^1/_2$ Tage in Anspruch genommen. Während meiner Abwesenheit hatten in Leo starke Regenschauer und heftig ins Land hereinspülende Brandung gehaust, sodass ich zunächst wieder mein Lager in Stand setzen musste. Die Reise um die Insel hatte so viele Beobachtungen

und Sammlungsgegenstände zu Tage gefördert, dass der Rest des Aufenthaltes mit dem Einordnen derselben hinging. Die letzten 8 Tage allerdings wurden mit dadurch vergällt, dass ein Dysenterie-Anfall mich am Weiterarbeiten hinderte und schliesslich ganz ans Bett fesselte.

20.-22. Januar 1909 ; der Chinese holt mich als Rekonvaleszenten ab und bringt mich in seinem Kutter nach *Lamassong*, an der Ostküste von Nord-Neu-Mecklenburg, wohin das Hauptlager der Marine-Expedition unterdessen verlegt worden war. Schwere Brandung bei der Ankunft. Unser Boot zum Uebersetzen geht verloren. Landung nach mehreren vergeblichen Versuchen mit einem Eingeborenen-Kanu.

Meine Arbeit in Lamassong ist geteilt zwischen Sprachaufnahmen an den Muliama- und Butamleuten unserer Expedition und anthropologischen Untersuchungen in den Landschaften *Panakondo, Lamassong*, *Amba* und *Lässu.*

7. Febr., marschiere mit Schilling nach *Fissoa*; ab Lamassong 4 h. 25 a, m., an Fissoa 4 h. 15 p. m., Besuch bei Herrn *Miesterfeldt,* Stationsleiter der Neu-Guinea-Compagnie.

8. Febr. bis 11 März, anthropologische Arbeiten, welche die Landschaften *Lüba*, *Tandis*, *Bol, Fatmilak, Kafkaf, Bure, Fissoa, Madine, Logagon, Munuwai* umfassen. Der nördlichte erreichte Punkt war *Fileba* (siehe 18. Juli 1908), wo eine grössere Anzahl der Pflanzungsarbeiter des Herrn *Constantini* untersucht werden konnten. Bei den Messungen unterstützte mich Herr Miesterfeld in weitgehendem Maasse.

12. März bis 1. April wieder in Lamassong und den benachbarten Landschaften Amba und Panakondo.

2. April, der Lloyddampfer « *Sumatra* » bringt mich von Lamassong weg nach Süd-Neu-Mecklenburg, wo ich den ganzen Rest der Expeditionszeit allein zubringe.

4.-11. April Siedelungsaufnahmen in der Landschaft Muliama.

12.-19. April. Ich wiederhole allein den Marsch nach Süden bis zur Toau-Insel, den ich vor einem Jahre in Gemeinschaft mit Dr. Stephan und Schilling ausgeführt hatte. Er bot vor allem in siedelungskundlicher Hinsicht Interessantes, da ich konstatieren konnte, welche Veränderungen im Laufe des ver-

gangenen Jahres sich in der Verteilung der Dorf-Anlagen abgespielt hatten. Früher beobachtete Dörfer fand ich nun ausgestorben und umgekehrt waren an verschiedenen Stellen neue Ortschaften entstanden. Ich fand somit das bestätigt, was die fortgesetzte Registrierung schon lange ergeben hatte, nämlich dass die Veränderungen im Dorfbild sich verhältnismässig rasch vollziehen. Eine genauere Betrachtung widmete ich dem Dorfe *Siar*, wo ich zwei volle Tage verweilte.

20.-24. April. Abschluss der Siedelungs-Arbeiten in Muliama (1910 b).

25. April. « Langeoog » bringt mich nach Bopire bei Namatanai.

26. April bis 19. Juni habe ich mein Standquartier auf der Pflanzung Bopire der Bismarck-Archipel-Gesellschaft, im Hause des Herrn *Scheringer*. Von hier aus nahmen mehrere Fussreisen ihren Ausgang, von denen ich insbesondere zwei grössere im Folgenden noch zu besprechen habe. Die kleineren galten den benachbarten Landschaften *Bo* und *Pire*.

18. bis 26. Mai. Fussreise nach dem nördlichen Teilvon Süd-Neu-Mecklenburg.

18. Mai. Den Anfang des Marsches bildete die (4.) Durchquerung der Insel von Bopire nach *Labur*; ich nahm aber nicht den kürzesten Weg, den ich in zwei späteren Fällen benützt habe, sondern stattete zuerst den Bergdörfern einen Besuch ab, die den gemeinsamen Namen *Rapontamon* tragen. Sie liegen der Westküste weit näher als der Ostküste, und der Abstieg nach dem am Strande gelegenen Orte Labur ist daher äusserst steil.

19. Mai. An diesem Tage wurde eine nur kurze Küstenstrecke zurückgelegt; ihr Endpunkt war *Robehén*. Dagegen war der Aufenthalt in letzterem Orte mit Rücksicht auf die Anthropologie sehr ergiebig.

20. Mai. Eine wesentlich grössere Strecke bewältigte ich an diesem Tag, indem ich bis Komalu gelangte. Je mehr ich mich letzterem Orte näherte, um so fühlbarer machten sich die Vorbereitungen zu einem Fest, das in den nächsten Tagen dort stattfinden sollte; eine Menge Leute waren auf dem Wege

dorthin, und als ich in Komalu ankam, hatten sich schon viele Menschen dort angesammelt. Ein grosser freier Platz diente als Festplatz und war mit merkwürdigen trichterartigen Gestellen bestanden, die grosse Mengen von Früchten aller Art enthielten. Bot somit dieser Ort recht viel für die ethnologische Beobachtung, so waren die Eingeborenen, in deren Köpfen das Fest spuckte, nicht zu anthropologischen Messungen zu bewegen. Daher verliess ich am

21. Mai die Westküste und ging auf einem früher schon namhaft gemachten Wege (17. Juli 1908) nach der Ostküste. Ein heftiger Regen erhöhte die Schwierigkeit dieser 5. Durchquerung Neu-Mecklenburgs, so dass wir verhältnismässig spät erst in Karu anlangten. Hier nahm mich der Pflanzer *Hansen* in seinem Hause freundlich auf.

22. bis 23. Mai, anthropologische Arbeiten in den Siedelungen von Karu.

24. Mai. Ich wandte mich der Ostküste entlang wieder nach Süden durch die Landschaften *Nolaba, Belik, Kolonoboi, Kanabit, Bagan* und *Ramat*. In der letztgenannten Landschaft nächtigte ich, um am

25. Mai in der Frühe die auf der Höhe befindlichen, Ramat zugehörigen Ortschaften aufzusuchen. Weiter nach Süden schreitend erreichte ich am Nachmittag Bopire. Auf der Strecke Karu-Bopire boten einige breite Flüsse, vermöge ihrer Tiefe, nicht unerhebliche Schwierigkeiten dar und setzten sich so in Gegensatz zu den südlich von Namatanai und Muliama überschrittenen Wasseradern, die zwar oft eine erheblichere Breite zeigten, aber immer noch durchwatet werden konnten.

28. bis 29. Mai unternehme ich mit Herrn Scheringer zwei Durchquerungen, zuerst eine solche auf dem direktem Weg von Bopire nach Labur und dann eine solche von Labur, oder genauer gesagt von *Hunabebe* nach der Mündung des *Dahâna* in der Landschaft Pire.

7. bis 18. Juni. Fussreise nach dem Süden. Im Allgemeinen wiederholte ich die Wege, die ich früher (21.-25. Mai u. 14. bis 17. Sept. 1908) von Süden nach Norden begangen habe, in entgegengesetzter Richtung. Im nördlichsten Teil desselben wich

ich von dem Küstenweg beträchtlich ab und nahm die Route durchs Gebirge. Ich berührte die Bergdorfschaften *Nabumai*, *Napanta, Pise, Soa* und *Punam*. In letzterem wurden mir die ersten Mitteilungen über die bekannten Stein- oder Kreidefiguren von Neu-Mecklenburg, und ich widmete einen vollen Tag der Erkundung dieser charakterstischen kulturellen Erscheinung. In zwei mitten im Wald isoliert liegenden Hütten, zu denen ich mich hinführen liess, fand ich solche Figuren in verschiedenen Stadien der Bearbeitung und liess mir die Entstehung von einem der wenigen, der Herstellung noch kundigen Männer an einem frisch behauenen Stein zeigen.

Eine weitere Abweichung vom Weg bestand darin, dass ich zu den Dörfern der oberhalb des *Kap Reis* gelegenen Berglandschaft *Balai* aufstieg, und die Küste erst wieder in *Hilong* erreichte. In *Warangansau*, einer der nördlichen Siedelungen der Landschaft Muliama, setzte ich meinem Marsch nach Süden ein Ziel, machte von dort aus noch eine Exkursion nach den Bergdörfern *Moksuonlup, Waranlam, Kambilo, Matankinil, Kabinabor,* lauter Orte, die mir vom Hörensagen aus Muliama bekannt waren, ferner nach dem ausgestorbenen Platze *Sim*, von wo ich einen wunderbaren, aber auch den letzten Blick auf Muliama genoss. Ich hielt das Bild in einer Bleistiftskizze fest.

Aus den Tagen des Rückmarsches hebe ich noch hervor, dass ich das Kap Matanatambaran an seiner Wurzel durchquerte, und die Nähe der Felsenhöhle *Kila* benutzte, um dort nach Menschenknochen zu suchen ; meine Nachgrabungen fanden insofern ihre Belohnung, als ich auf zahlreiche Skelettknochen und auch Schädelcalotten stiess. Am 19. Juni langte ich wieder in Bopire an, und am Tag darauf bot sich bereits Gelegenheit die Rückreise nach Matupi anzutreten. Mit dem Heilgehilfen von Namatanai, Herrn *Lachmann* ging ich über die Berge nach Labur; von dort fuhren wir in einem Kutter übers Meer, konnten aber wegen des hartnäckigen Südostwindes nicht in die Blanche-Bucht einfahren und landeten daher an der Nordküste der *Gazelle-Halbinsel,* gegenüber der Insel *Watom*. In der Frühe des

20. Juni wanderte ich bei wundervollem Wetter über den

Ratawul-Pass nach Simpsonhafen und Matupi und hatte damit meine Thätigkeit als Mitglied der Deutschen Marine-Expedition abgeschlossen.

Zweiter Teil der Reise

Dank der freundlichen Förderungen durch den Kaiserlichen Gouverneur *Dr. Hahl* in Herbertshöhe und Herrn Konsul *Thiel* in Matupi vermochte ich mich in verhältnismässig kurzer Zeit für meine neue Aufgabe, die im Auftrag der Direktion des Zoologischen und Anthropologisch-Ethnographischen Museums zu Dresden auszuführende Bereisung einiger Gebiete von Neu-Guinea zu präparieren.

10. bis 12. Juli 1909 Fahrt mit dem Dampfer « Manila » nach Friedrich-Wilhelmshafen unter Berührung der *French-Inseln*

Meine Reisen in Neu-Guinea glaube ich um so eher kursorisch abhandeln zu dürfen, als ich ihnen an anderer Stelle schon eine ausführliche Schilderung zuteil werden liess (1910 c).

15. und 16. Juli. Von Friedrich-Wilhelmshafen aus, wo ich im Hause des Bezirksamts-Sekretär *Brückner* gastfreundlich aufgenommen wurde, führte ich zunächst in Begleitung des Polizeimeisters *Kempter* und meiner achtköpfigen schwarzen Besatzung einen Probemarsch in das hinter dem *Hansemann-Berg* gelegene Hinterland von *Kamba* aus. (Siehe Karte 2.)

28. Juli bis 6. August Bereisung des *Kaiserin-Augusta-Flusses.*

Dem freundlichen Entgegenkommen des Administrators der Neu-Guinea-Compagnie, Herrn *Heine,* habe ich es zu verdanken, dass ich mich einer Anwerbetour des Dampfers « Siar » anschliessen konnte, die den noch selten befahrenen Augustafluss zum Ziel hatte. Am 30. Juli erfolgte die Einfahrt in die Mündung, die von imponierender Breite ist; die Vegetation der niedrigen Ufer ist von der Nipa-und Sagopalme beherrscht. Hinter den Ufern dehnen sich stellenweise weite Sümpfe aus, die Brutstätten der Moskiten, die jeweilen Abends unseren Dampfer heimsuchten und die erste Nacht zu einer besonders qualvollen machten. Im Interesse der Anwerbung vermied man es an Land zu gehen; aber die Eingeborenen ruderten in ihren Kanus bis

dicht an das Schiff heran, und es entspann sich ein Tauschverkehr, dem ich den Grundstock meiner ethnographischen Sammlung vom Augustafluss verdanke. Sie zeichnet sich durch Objekte aus, die für die Museen Vertreter neuer und ungeahnter Formen darstellen. Im unteren Teile des Flusses waren es eigentümliche, mit stilisierten Nasen versehene Gesichtsmasken aus Holz, die unsere Bewunderung erregten; weiter flussaufwärts erhandelten wir Menschenschädel, die wahrhaft künstlerisch übermodelliert und bemalt waren, kleine Schnitzereien, die ähnlich einem Amulett an einem Halsband getragen wurden, grosse durchbrochen gearbeitete Schnitzerein, die wohl als Hausverzierungen dienten und aus dem Vollen geschnitzte Holzstühle, deren Form man wohl in Afrika, nicht aber in Neu-Guinea erwartet hätte. Auch die Töpferei und Flechttechnik waren durch seltsame und kunstvolle Objekte vertreten. Im mittleren und oberen Teil des Flusses bot sich uns auch Gelegenheit, die Ufer zu betreten. Um nach den Dörfern zu gelangen, war es manchmal notwendig, erst eine lange Reihe schlüpfriger Baumstämme, die einen Stumpf überbrückten, zu passieren. Zutraulich, aber ohne besonderen Respekt vor dem Weissen, traten uns die schwarzbraunen Gestalten entgegen und liessen sich auf den Tauschhandel ein. Aber der weisse Mann war ihnen noch etwas zu Fremdes, als dass ihnen eine längere Anwesenheit unsererseits angenehm gewesen wäre, und sie gaben uns daher an manchen Orten mit unzweideutigen Zeichen ihrer Hände und Waffen zu verstehen, dass wir das Feld räumen möchten. Wir hatten die flachsten Teile des Ufergeländes hinter uns, als Berge auftauchten, in deren Nähe wir neue Ueberraschungen erhofften; allein am Mittag des

3. Aug. rannte sich der Dampfer auf eine Bank fest, so dass an eine Weiterfahrt nicht mehr zu denken war. Am

6. Aug. erreichten wir wieder die Mündung und dampften noch bis *Dallmannhafen*

7.-8. Aug. Fahrt nach Eitapé an der Nordküste unter Berührung der Inseln *Muschu* und *Walis*. In *Eitapé* nahm mich der Kaiserliche Stations-Chef, Herr *Rodatz*, auf das Gastfreundschaftlichste auf. In einem von Herrn Heine zur Verfügumg

gestellten Haus konnte ich die für die Versendung der Sammlungen nötigen Packarbeiten vornehmen. Die Sammlung vom Kaiserin-Augustafluss umfasst 264 Stücke und ist von mir in einer besonderen Abhandlung beschrieben worden (1910 d).

20.-25. Aug. Aufenthalt im Busch hinter der Missionsstation St. Anna und in dem Küstendorf *Poro* gemeinsam mit Dr. *Schlechter*; Anlage zoologischer Sammlungen (*Heller* 1910).

28 Aug. bis 28 Sept.; in dieser Zeit unternahmen Dr. Schlechter und ich mit den Herren Pater *Kirschbaum* und Polizeimeister *Stüben* einen Vorstoss ins *Torricelli-Gebirge,* das sich zwischen die Nordküste und den Augustafluss hineinschiebt.

28. und 29. Aug.; das Expeditionsgepäck und wir selbst werden auf einem Kutter der Katholischen Mission nach der Landschaft *Paup* gebracht. Landung wegen der vorgerückten Jahreszeit äusserst schwierig.

30. Aug. bis 1. Sept. Anwerben von Trägern in den benachbarten Dörfern und Bau eines wetterfesten Provianthauses.

2. Sept. Wir brechen als eine Karawane von 80 Mann von der Küste auf.

3. Sept. Ankunft in dem Buschdorf *Afu* oder *Quaimaitschirk.*

4. Sept. Marsch durch das Thal des Flusses *Garup* hinauf. Ankunft auf einer Höhe von 600 m. Bei Weissen und Schwarzen macht sich der Unterschied der Temperatur in empfindlicher Weise bemerkbar, trotzdem das Thermometer noch 23 Grad Celsius zeigte.

6. Sept. Der Weg führt über zwei Erhebungen von gegen 800 m hinweg. Auf einer dritten fanden wir frische Koch- und Feuerspuren. Dann wurden zwei Gebirgsbäche überschritten und schliesslich die Höhe von 780 m. gewonnen.

8. Sept. Es wurde ein Grat von gegen 1000 m. Höhe überschritten, auf dem sich araukarienartige Nadelhölzer befanden; dann Abstieg in das Thal des *Rienjamur.* Dort Lager auf 640 m. Höhe. Erste Begegnung mit Leuten aus dem Inland, die den Eindruck völliger Unberührtheit machen und mit grossem Staunen die europäischen Gegenstände betrachten.

9. Sept. Besuch der Inlanddörfer *Akur* und *Apur.* Ihre Bewohner sind kleinwüchsige Leute (ca. 151 cm. im Mittel); die

Kultur ist weit ärmer als diejenige am Augustafluss und zeigt eher Beziehungen zur Nordküste.

11.-27. Sept. Langsamer Rückmarsch nach der Küste unter Ausnützung der Zeit zur Anlage zoologischer Sammlungen, die ich auf ca. 4500 Objekte bringen konnte (*Heller*, 1910; *Strand*, 1910). Mächtige Regengüsse lockerten die Erde auf und erschwerten nicht nur das Gehen, sondern bedrohten auch unsere Expedition durch die stürzenden Urwaldbäume. Drei schwer verletzte schwarze Leute brachte Pater Kirschbaum nach der Küste.

28. Sept. Dr. Schlechter und ich gewinnen in einem anstrengenden nächtlichen Marsch Eitapé.

15. bis 20. Okt. Reise in das westliche Gebiet der Nordküste. Zu Fuss gehe ich nach dem Dorfe *Malol*, wo ich auf der Station des Pater Kirschbaum nächtige. Polizeimeister Stüben holt mich in einem Boot ab und bringt mich nach *Leitere*, einem Dorf, dessen Häuser auf Pfählen in einer Lagune stehen. Auf der Rückreise wird das Dorf *Arup*, das am östlichen Rande des versunkenen Gebietes von *Warapu* liegt, bei grossen Brandungsschwierigkeiten angelaufen. Eine Serie ornamentierter Holzschilde und einige Menschenschädel sind neben einigen Messungen das Ergebnis des kurzen Aufenthaltes.

28. Okt. bis 17. Nov. Reise nach den östlich von Eitapé gelegenen Landschaften: *Walman, Paup,* und *Jakumul*; die letztere wurde bis an ihren östlichsten Punkt *Niaparagai* verfolgt, von dem aus noch ein Vorstoss von etwa 7 km landeinwärts ausgeführt wurde. Für das Hinterland erhielt ich die Ausdrücke *Tscharok, Kombeo* und *Kaldrem*. Der grösste Teil dieser Reise nach Osten fällt auf die Landschaft Paup, wo ich grössere ethnographische und anthropologische Sammlungen zusammenstellte.

Die zweite kleinere Hälfte des Monats November stand unter dem Zeichen des Packens und am

1. Dez. verliess ich auf dem Dampfer «Manila» die Nordküste, und kehrte mit Haltepunkten in *Potsdamhafen, Friedrich-Wilhelmshafen* und *Peterhafen* nach Matupi im Bismarck-Archipel zurück.

Noch einmal durfte ich auf der gastfreundlichen Insel weilen, bis mich der Dampfer am Weihnachtstag von dem mir lieb gewordenen Boden Melanesiens entführte.

LITERATUR-VERZEICHNIS

Heller, K. M. 1910, Fünfter Beitrag zur papuanischen Käferfauna, hauptsächlich auf Grund der Ausbeute von Dr. Schlaginhaufen. Abh. und Ber. Mus. Dresden, v, 13, N° 3.

Marine Rundschau 1907-1909. Die Deutsche Marine-Expedition 1907-09. Berlin.

Sapper, Karl 1910, Wissenschaftliche Ergebnisse einer amtl. Forschungsreise nach dem Bismarck-Archipel im Jahre 1908. Mitt. a. d. Deutsch. Schutzgeb. Ergänzungsheft N° 3.

Schlaginhaufen, Otto, 1908 a. Bericht über eine Orientierungsreise nach Bougainville, in : Zeitsch. f. Ethn. v. 40, 85/86.

— 1908 b. Reisebericht aus Neu-Mecklenburg, in : Zeitsch. f. Ethn. v. 40, 566-567.

— c. Die Randbutam des östlichen Süd-Neu-Mecklenburg, in : Zeitsch. f. Ethn. v. 40, 803-809.

— d. Ein Besuch auf den Tanga Inseln, in : Globus, v. 94, 165-189.

— e. Orientierungsmärsche an der Ostküste von Süd-Neu-Mecklenburg, in : Mitteil. a. d. D. Schutzgebieten 1908, 213-220.

— f. Streifzüge in : Neu-Mecklenburg und Fahrten nach benachbarten Inselgruppen, in : Zeitsch. f. Ethnol., v. 40, 952-957.

— 1909 a. Geographisches und Sprachliches von den Feni-Inseln, in : Globus, v. 95, 69-71.

— 1910 a. Zur geographischen Nomenklatur im Bismarck-Archipel, in : Globus, v. 97, 241.

— b. Ueber Siedelungsverhältnisse in Süd-Neu-Mecklenburg, in : Zeitsch. f. Ethnol., v. 42, 822-829.

— 1910 c. Reisen in Kaiser-Wilhelmsland (Neu-Guinea), in : Abh. und Ber. Mus. Dresden, v. 13, Nr. 1.

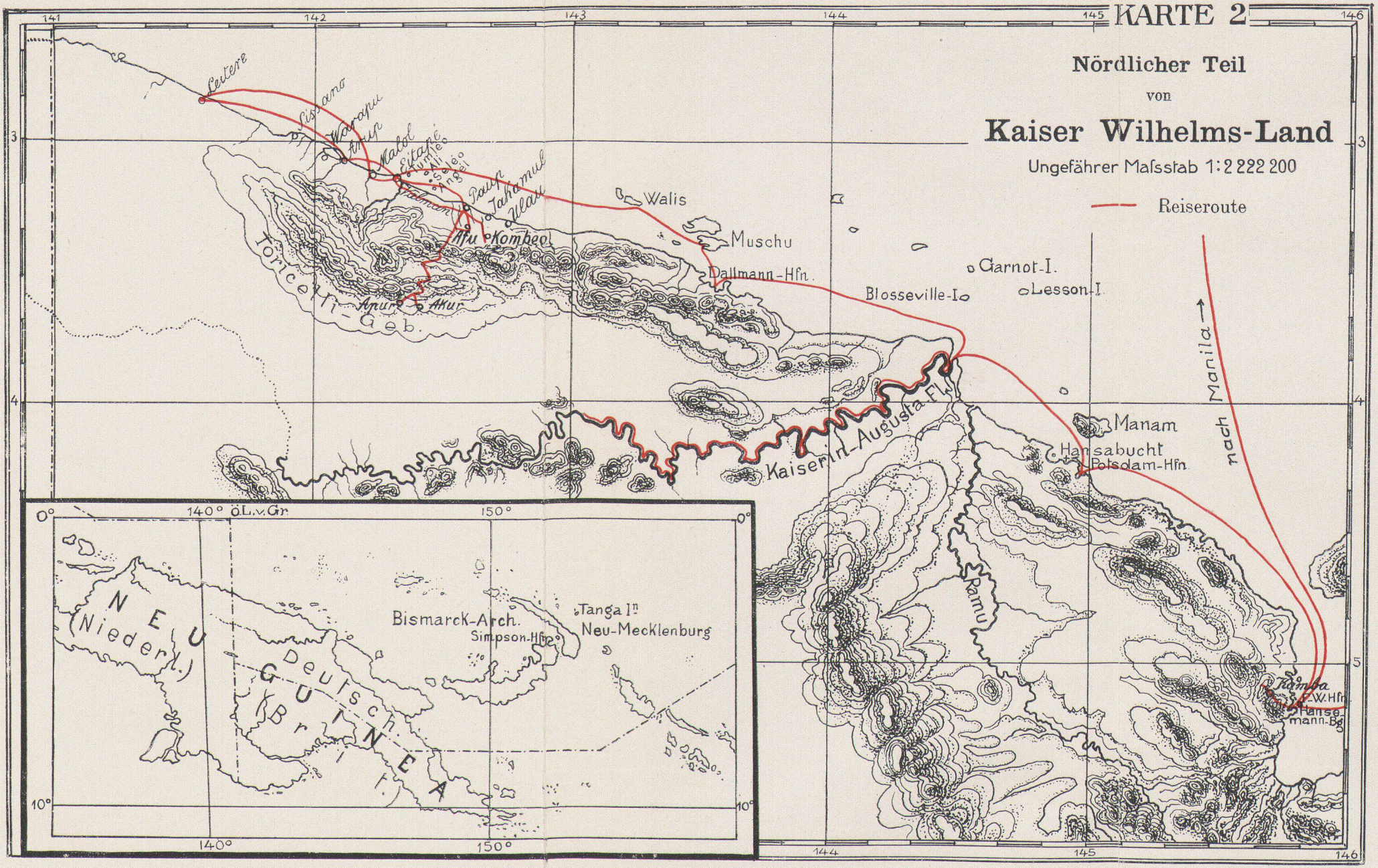
— d. Eine ethnographische Sammlung vom Kaiserin Augustafluss in Neu-Guinea, in : Abh. und Ber. Mus. Dresden, v. 13, Nr. 2.

— e. Ein anthropologischer Querschnitt im Südosten von Neu-Mecklenburg, in : C. B. d. Deutsch. Anthrop. Ges., v. 41.

— f. Verzierte Schädel aus Neu-Guinea und Neu-Mecklenburg, in : Abh. und Ber. Mus. Dresden, v. 13, Nr. 4.

Strand, Embrik. 1910. Spinnentiere aus Neuguinea (Opiliones, Psechridae und Clubionidae), in : Abh. und Ber. Mus. Dresden, v. 13, Nr. 5.

Wandolleck, Benno. 1911. Die Amphibien und Reptilien der papuanischen Ausbeute Dr. Schlaginhaufens, in : Abh. und Ber. Mus. Dresden, Bd. 13, Nr. 6.


KARTE 2
Nördlicher Teil
von
Kaiser Wilhelms-Land
Ungefährer Maſsstab 1:2 222 200
Reiseroute
Leitere
Sissano
Warapu
Arup
Malol
Eitapé
Paup
Jahamul
Ulau
Afu
Kombeo
Apur
Akur
Töricelli-Geb.
Walis
Muschu
Dallmann-Hfn.
Blosseville-I.
Garnot-I.
Lesson-I.
Kaiserin-Augusta-Fl.
Manam
Hansabucht
Potsdam-Hfn.
nach Manila
Ramu
Kamba
F.W.Hfn.
Hansemann-Bg.
NEU GUINEA
(Niederl.)
Deutsch (Brit.)
Bismarck-Arch.
Simpson-Hfn.
Tanga I.n
Neu-Mecklenburg
140° ö.L.v.Gr.
150°
0°
10°
141
142
143
144
145
146
3
4
5