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: 99 (1917)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Vorträge

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: 27.02.2026

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

Eröffnungsrede

des Jahrespräsidenten

und

Vorträge

Discours d'introduction

du Président annuel

et

Conférences

Buchdruckerei Büchler & Co., Bern.

Vierhundert Jahre Botanik in Zürich.

Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten

Prof. Dr. C. Schröter

an der 99sten Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

10. September 1917.

Hochverehrte Anwesende!
Verehrte Freunde, liebe Kollegen!

Im Namen der Zürcherischen Naturforschenden Gesellschaft, im Namen der Behörden von Kanton und Stadt, im Namen der ganzen Bevölkerung Zürichs heisse ich unsere verehrten Gäste aus nah und fern herzlich willkommen! Möge diese Tagung uns enge verbinden in gemeinsamer Arbeit, in anregendem Gedankenaustausch, in freundschaftlichem Kontakt!

Zum siebenten Male tagen die Schweizerischen Naturforscher am Strande der Limmat. Wir feiern heute das hundertjährige Jubiläum der ersten Zürcherversammlung, die vom 6. bis 8. Oktober 1817 stattfand, bei Regen und Schnee, und es ziemt uns, dankbar und pietätvoll des Mannes zu gedenken, der jener Versammlung den Stempel seines Geistes aufdrückte, Staatsrat Paul Usteri. Die tiefgreifende politische Bedeutung dieses Mannes und seine Beziehungen zur Naturwissenschaft und zu unserer Gesellschaft finden Sie in unserer Festschrift[1] eingehend geschildert. Hier erinnere ich nur daran, dass er unserer Gesellschaft in vielen Dingen ein weitblickender Organisator war. „Durch gehaltvolle Reden gab er der Gesellschaft kräftige Impulse, hob durch das Gewicht seiner hervorragenden Persönlichkeit ihr Ansehen und zeichnete ihr in grosszügiger Weise ihre eigensten Aufgaben vor: Seiner Initiative entsprang die Einrichtung des Zentralkomitees, die Publikation der Denkschriften, die Anhandnahme vaterländischer

[1] Vierteljahrschrift der Naturf. Gesellschaft, Band 62 Heft 1—2, 1917.

Aufgaben mit gemeinsamen Kräften. Er leitete Jahre lang ihre Geschäfte und wies sie immer wieder auf ihre patriotischen Ziele hin.“ Auch die zweite Versammlung in Zürich 1827 wurde von ihm präsidiert: er wurde damals zum Zentralpräsidenten ernannt und bereitete den ersten Band der Denkschriften vor. Die dritte Zürchertagung fand im Jahre 1841 statt, unter der Leitung von Heinrich Rudolf Schinz, dem bekannten Zoologen, der von jeher einer der eifrigsten Förderer des Gedankens einer Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft war und unter ihren Stiftern figuriert. Im Jahre 1864 finden wir Oswald Heer als Jahrespräsidenten: er entwarf ein übersichtliches Bild der Flora des Kantons Zürich; die Versammlung gab damals dem eben vollendeten Bau des Eidgenössischen Polytechnikums die rechte Weihe. Im Jahre 1883 leitete Carl Cramer die Versammlung: er sprach über Bakterien; die Schweizerische Landesausstellung in Zürich verlieh der damaligen Versammlung eine besondere Anziehungskraft. Anno 1896 feierte man das 150jährige Jubiläum unserer Zürcher Gesellschaft und der damalige Jahrespräsident Albert Heim errichtete in seiner Eröffnungsrede seinem Lehrer Arnold Escher von der Linth ein pietätvolles Denkmal.

Und heute begrüssen die Zürcher Naturforscher eine erstaunlich grosse Zahl von Gästen: Anno 1817 waren es 83 Naturforscher aus 14 Kantonen, heute sind es 560 Teilnehmer aus allen Kantonen! Wir erblicken in diesem zahlreichen Besuch zunächst eine Sympathiekundgebung für unsere Stadt und eine Huldigung an unser schweizerisches und zürcherisches Volk, welches unsere wissenschaftlichen Anstalten neuerdings so reich ausgestattet hat. Dankbar gedenken wir heute dieser hohen idealen Gesinnung, dieser Bildungsfreundlichkeit unseres Volkes, die ja zum grossen Teil den Naturwissenschaften zu Gute kommt. Seien wir uns stets dieser Dankesschuld bewusst!

Die Universität ist in der glücklichen Lage, ihre schönen neuen Räumlichkeiten in fertigem Zustande zeigen zu können, die Eidgenössische Technische Hochschule leider nicht, da die Bauten durch die Zeitumstände verzögert wurden. Wenn wir trotzdem Sie schon heute zu uns einluden, so war vor allem das Verlangen schuld, nach 21jährigem Unterbruch unsere lieben Freunde wieder einmal bei uns zu sehen, dann aber auch der Wunsch, das 100jährige Jubiläum der Usteri-Versammlung nicht ungefeiert zu lassen.

Neben der pietätvollen Erinnerung an Vergangenes und der dankbaren Weihe neugeschenkten Rüstzeuges für Wissenschaft und Lehre ist es aber vor allem die Not der Zeit, die unserer Versammlung ihren ernsten Stempel aufdrückt: es sind die schwarzen Schatten des Weltbrandes, die unser ganzes Denken und Fühlen umdüstern und uns in banger Sorge in die Zukunft blicken lassen.

Darum sprechen wir heute nicht von einem „Fest“: wenn wir unserem Geschenkband den traditionellen Namen „Festschrift“ geben, so bedeutet das keine Inkonsequenz: es ist damit nur die innere festliche Stimmung gemeint, die uns Gastgeber beim Empfang unserer Gäste erfüllt, nicht ein äusseres Festgepränge. Dass wir dieses möglichst ausschalteten, liegt gewiss in Ihrer Aller Sinn. Dafür aber haben wir getrachtet, den wissenschaftlichen Gehalt der Tagung und deren bleibenden Niederschlag möglichst reich zu gestalten.

Zum dritten Male schon tagen wir unter dem Dröhnen des uns umbrandenden Weltkrieges, der ja, wer wollte es leugnen, auch in unsere Reihen manches Trennende geworfen hat.

Wer aber Anno 1915 die unvergesslichen Tage von Genf miterlebte, wer 1916 im Sonnenglanz die herrliche Natur des Nationalparks mit hunderten froher Teilnehmer der Schulser Versammlung durchwanderte, der wird mit mir bezeugen: das waren Tage voll patriotischer Weihe, Tage erneuten, engen Zusammenschlusses, Tage der Einigung. Wir sind überzeugt, dass das weit verbreitete Bedürfnis nach der Wiederholung solcher Zusammenschweissung auch ein Grund des so überraschend reichen Besuches dieser Versammlung ist.

Wohlan, lassen wir alles Trennende ruhen, pflegen und hegen wir das Einigende!

Noch ein anderes Moment kommt hinzu: Das Verlangen, über dem gewaltigen Vordrängen der materiellen Sorgen die idealen Güter hoch zu halten, ihre Pflege nicht untergehen zu lassen unter dem Druck der Not. Unsere Behörden gehen uns da mit schönem Beispiel voran: sie fahren fort, wenn auch mit der notwendigen Reduktion, unsere Bestrebungen und die Arbeiten auf verwandten Gebieten der Bundesverwaltung zu unterstützen. Dankbar gedenken wir dessen.

Anderseits aber wollen und dürfen auch wir Naturforscher uns nicht der Verpflichtung entziehen, das Unsere zur Linderung

der materiellen Not beizutragen, die Wissenschaft in den Dienst des leidenden Vaterlandes zu stellen. Ich glaube, hier daran erinnern zu dürfen, dass zahlreiche unserer Mitglieder als wissenschaftliche Experten den Behörden zur Seite stehen und dass verschiedene unserer Kommissionen im Dienst der Verwendung unserer Bodenschätze arbeiten, insbesondere die geologische und die geotechnische, dass auch auf dem Programm unserer Tagung mehrere aktuelle Probleme stehen, so die Kohlenfrage, die Frage der schweizerischen Teerfarbenindustrie, der Rohstoffe für die chemische Industrie usw. Wir wollen bestrebt sein, unsere Gesellschaft in dieser Richtung dem Lande noch intensiver dienstbar zu machen.

Nach diesen einleitenden Worten wende ich mich dem Hauptthema meiner Eröffnungsrede zu.

Dem vielfach geübten Brauche gemäss, wonach der Jahrespräsident den Gästen etwas aus der lokalen Natur- oder Wissensgeschichte vorführt, möchte ich, dem Beispiel des Jahrespräsidenten von 1914 folgend, versuchen, Ihnen ein Bild von der Entwicklung der Botanik in Zürich seit den Zeiten Conrad Gessners zu entwerfen. Wir erfüllen damit auch eine Pflicht der Pietät, indem wir dankbar derer gedenken, auf deren Schultern wir weiter bauen! „400 Jahre Botanik in Zürich“ soll der Titel dieser anspruchslosen Skizze sein, denn mehr als eine Skizze, ein flüchtiges Durcheilen dieser 4 Jahrhunderte gestattet die mir zur Verfügung stehende Zeit nicht. Zur Ergänzung habe ich eine „Gedenktafel der Botaniker, Botanophilen und zugewandter Orte in der Stadt Zürich von 1516 bis 1917“ beigefügt, selbstverständlich unter Beschränkung auf die nicht mehr unter den Lebenden Weilenden: vor den Lebenden mache ich respektvoll Halt!

Die erste Periode der Geschichte der Zürcher Botanik fällt in die Zeit des Wiedererwachens der Geister, in das Zeitalter der Reformation. Conrad Gessner, der älteste Zürcher Botaniker, war ein Zeitgenosse und ein eifriger Anhänger Zwinglis, ein Zeitgenosse ferner des Anatomen Vesalius, des Theophrastus Paracelsus und des Johannes Bauhin in Basel, des Vadian in St. Gallen, des Josias Simler in Zürich, der Chronisten Sebastian Münster und Johannes Stumpf, ferner des Copernicus, der Botaniker Cäsalpin und Clusius.

In der allgemeinen Entwicklung der Botanik ist diese Zeit als diejenige zu bezeichnen, in der aus der angewandten Botanik allmählich die reine Wissenschaft herauskristallisierte, wo aus der medizinischen Kräuterkunde sich zunächst Morphologie und Systematik herausschälten, wie es namentlich Sachs in seiner geistvollen „Geschichte der Botanik“ (München 1875) auseinandersetzt. Die sogenannten „Väter der deutschen Botanik“, die Verfasser von Kräuterbüchern (Brunfels, Bock, Valerius Cordus, Zwinger, Fuchs, Matthioli) taten dadurch einen bedeutenden Schritt vorwärts, dass sie nicht mehr bloss die alten Schriftsteller kompilierten, sondern sich an die Natur selbst wandten und die Pflanzen ihrer Heimat abbildeten und beschrieben. Bei diesem Bestreben, die Heilkräuter nach eigener Beobachtung richtig zu beschreiben und zu klassifizieren, stellte sich ganz von selbst das Bedürfnis ein nach einer morphologisch begründeten Terminologie und nach einem natürlichen System. Mehr und mehr trat der medizinische Ballast neben diesen Interessen zurück und so entstanden die Anfänge einer Morphologie und Systematik.

An diesem Entwicklungsprozess nahm Zürich lebhaft Anteil. Denn die Reihe der Zürcher Botaniker wird eröffnet durch die glänzende Gestalt des Conrad Gessner[1]) (1516 bis 1565), eines der bedeutendsten „Kräuterbücherskribenten“. Er war Stadtarzt, Chorherr und Professor der Naturgeschichte.

Die Signatur seines Wirkens ist folgende:

Umfassende Gelehrsamkeit auf den verschiedensten Gebieten (ein typischer Polyhistor!), dokumentiert durch umfangreiche bibliographische Arbeiten, Einführung des Tierversuchs und der Versuche am eigenen Leib zu medizinischen Zwecken, Herausgabe eines 4bändigen Tierbuches, umfangreiche Vorarbeiten zu einem Kräuterbuch, dabei eingehende Berücksichtigung von Blüte und Frucht zur Eruierung der Verwandtschaft (darin ein bedeutungsvoller Neuerer!), intensive Bemühungen für die Kultur interessanter Pflanzen, Gründung eines privaten botanischen Gartens und Herausgabe eines der ersten botanischen Exkursionsberichte aus den Alpen (Pilatus 1555).

Seine Hauptleidenschaft war die Botanik, besonders in seinen spätern Lebensjahren. So schreibt er noch zwei Jahre vor seinem Tod an seinen Freund Achilles P. Gasser in Augsburg: „Ich selbst in Persona trage aus dem Kontinent: den Wiesen, Äckern,

Fusswegen, Weinbergen, Gärten, Hügeln, Bergen, Wäldern, Flüssen, Bächen, Sümpfen, Seen, Ufern und allen beliebigen andern Fundorten lebende Pflanzen zusammen. Dieser Tage schwamm ich sogar im See und zwar wegen einiger Pflanzen, obschon ich dessen schon manche Jahre nicht mehr gewohnt war."

Was er zu seinen Lebzeiten über Botanik publiziert hat, ist leider nur ein Bruchstück seiner Arbeit. Am bemerkenswertesten ist die Schrift „De Hortis Germaniae" (über die Gärten Deutschlands), worin er alle zu seiner Zeit bekannten Gartenpflanzen Deutschlands und der Schweiz beschreibt. Hier erfahren wir auch, dass er selbst in Zürich zwei Gärten unterhielt, die ersten botanischen Gärten der Schweiz, und dass er sogar eine Alpenanlage hatte, in der er fünfzig Alpenpflanzen kultivierte, die er teils selbst geholt hatte, teils von seinen Korrespondenten Aretius in Bern, Fabricius in Chur, Fridolin Brunner in Glarus, Collin in Sitten erhalten hatte. Er versuchte auch die Regierung zur Anlegung eines öffentlichen botanischen Gartens zu bewegen, leider umsonst.

Sein Hauptwerk, eine „Historia plantarum", eine Zusammenstellung aller damals bekannten Pflanzen, an der er dreizehn Jahre ununterbrochen gearbeitet hatte, konnte er leider nicht mehr vollenden. Seine Vorarbeiten dazu waren ganz umfassende: er hatte einen eigenen Kräutersammler, der für ihn reisen musste, um zu botanisieren. Er hielt sich ferner einen eigenen Xylographen und einen Maler, zeichnete und malte auch selbst, so dass er über 1500 Abbildungen, teils farbige Bilder, teils schon geschnittene Holzstöcke zusammenbrachte.

Namentlich die botanische Erforschung der Alpen lag ihm am Herzen: die ersten botanischen Exkursionsberichte aus der Schweiz stammen von Gessner und seinen Korrespondenten: Stockhorn, Niesen, Calanda und Pilatus waren die ersten Etappen der botanischen Erforschung der Alpen. Unter den 230 Schweizerpflanzen, die Gessner zuerst beschrieben hat, finden sich sehr viele Alpenpflanzen: von *Rhododendron ferrugineum, Dryas octopetala, Primula integrifolia, Gentiana lutea, bavarica, purpurea* und *punctata* haben wir die erste Nachricht von ihm. *Ranunculus glacialis* wurde von seinem Freund Felix Plater in Basel entdeckt. Man denke sich das Entzücken eines Botanikers, der diese prächtige Hochalpenpflanze zum ersten Male als noch unbekanntes Gewächs auffand!

Das botanische Hauptwerk Gessners ging als Manuskript durch mancherlei Hände und wurde erst im Jahre 1753 von Schmiedel herausgegeben; also 200 Jahre nach seinem Tode. Es ist durch seine vorzüglichen Abbildungen ausgezeichnet und für uns Zürcher dadurch besonders interessant, dass es Standorte aufführt, die jetzt längst überbaut sind, so z. B. zitiert er Orchideen am Hirschengraben, auf der Spitalwiese und im Seefeld.

Es folgt auf die glänzende Gessnersche Zeit in Zürich eine sterile Periode, etwa von der Mitte des 16. bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts. Die wichtigen Entdeckungen, die damals die Begründer der mikroskopischen Forschung, ein Grew, Malpighi, Leeuwenhoek, auf dem Gebiet der Anatomie machten, die Bereicherung der Kenntnisse der exotischen Floren durch die Reisen eines Sloane, Plumier, Rheede, Kämpfer, die Verbesserung des Pflanzensystems durch Morison, Ray, Rivinus, alles das ging spurlos an den Zürcher Gelehrten vorüber.

Ganz anders die folgende Zeit: Durch Johann Jakob Scheuchzer (1672—1733), den Begründer der schweizerischen Landeskunde,* wird eine fruchtbare Periode bezeichnet, in welcher auf zahlreichen Reisen die allseitige Erforschung der Alpen, insbesondere auch die botanische gefördert wurde. Die medizinische Verwendung, die allgemein wissenschaftlichen Fragen treten gegenüber dem Interesse an der Naturgeschichte des Heimatlandes zurück.

Der Lehrer Scheuchzers, der Stadtarzt und Professor der Naturgeschichte Johannes von Muralt[2]) (1645—1733), veröffentlichte im Jahre 1715 das erste Büchlein, das man als Schweizerflora bezeichnen könnte, ein Kräuterbüchlein in Duodezformat, mit vielen allerdings schlechten Abbildungen, mit ausführlichen Beschreibungen und medizinischen Angaben, aber nur sehr spärlichen Standortsangaben. Der Titel lautet:

„Eidgenössischer Lustgarte. Das ist: gründliche Beschreibung aller in den eidgenössischen Landen und Gebirgen frei auswachsender und in dero Gärten gepflanzter Kräutern und Gewächsen. Darum deren Nutzbaren, Gestalt an Kraut, Blust, Stauden und Saamen, Krafft und Wirkung samt dem Orte jedes Wachstums,

* Ein Vorläufer Scheuchzers war Josias Simler[1a]) (1530—1576, ein Zeitgenosse C. Gessners), der in seinem „Commentarius de Alpibus“ 1574 u. a. auch eine Liste von Alpenpflanzen bringt.

vordem in Latein erzählet ward, jetzt aber in der Muttersprache, den lieben Nebenmenschen zu Diensten, mit schön erkenntlichen Holzschnitten fürgestellt wird, von Johann von Muralt, Chirurg und Med. Doctor, Prof. Physicae und oberster Stadtarzt Löbl. Stadt Zürich und in der weltberühmten Leopoldinischen Gesellschaft Naturae Curiosorum genannt Arctous. Zürich bei Joh. Heinrich Lindiner 1715."

Muralt veranstaltete auch botanische Exkursionen mit seinen Zuhörern der menschlichen Anatomie. In seinem Buch „Anatomisches Colloquium" heisst es am Schluss der Vorlesung vom 22. April: „Über 8 Tage am Morgen am 9 Uhr so Gott will werden wir bei schönem Wetter in die Nachbarschaft ausser die Stadt spazieren gehen, uns in der Kräuterkunst zu exerzieren und dann jedem um sein Ürten und Bezahlung ein Abendessen halten."

Der Ruhm Johann Jakob Scheuchzers,[3]) des Stadtarztes, Professors der „Physica" und Chorherrn, gründete sich namentlich auf seine Alpenreisen, die er in vier reich mit Karten und Bildern ausgestatteten Bänden beschrieb. Das Werk erregte durch die Neuheit der Form und die Vielseitigkeit der darin niedergelegten Beobachtungen gewaltiges Aufsehen. Scheuchzer war der erste, der instrumentelle meteorologische Beobachtungen in der Schweiz anstellte (1705 in Zürich) und der barometrische Höhenbestimmungen ausführte, er war der erste, der in der Schweiz Torf grub und auf dessen Benützung als Brennmaterial aufmerksam machte. Auch über den Föhn, die periodischen Talwinde, das Problem der Gletscher und Lawinen, die intermittierenden Quellen, die Faltungen der Gebirgsschichten, die Bergstürze, Erdschlipfe und Rüfen finden wir in seinem Reisewerk sorgfältig registrierte Beobachtungen. Die von Scheuchzer erstellte Schweizerkarte war bis zum Ende des 17. Jahrhunderts die beste.

Pflanzen sammelte er reichlich und gibt am Schluss einer jeden seiner neun Reisebeschreibungen ein Verzeichnis derselben, bildete auch viele ab. Er plante eine „Historia plantarum Helvetiae", das Werk blieb aber wie bei Gessner Manuskript: die Vorarbeiten dazu, im Manuskript auf der Zürcher Zentralbibliothek erhalten, umfassen acht Foliobände.

Scheuchzer war auch der erste naturwissenschaftliche Popularisator: er gab 1701 bis 1707 eine populäre Zeitung heraus: „Seltsamer Naturgeschichten des Schweizerlandes wöchentliche Er-

zählung". Dieses Wochenblatt und die Beobachtungen des Reisewerkes wurden später von Johann Georg Sulzer zu einem Buche vereinigt unter dem Titel „J. J. Scheuchzers Naturgeschichte des Schweizerlandes", drei Bände, das bis in späte Zeiten die Hauptquelle blieb für die naturhistorischen Kenntnisse der Schweiz.

Berühmt ist auch das vierbändige Foliowerk Scheuchzers „Physica sacra", eine illustrierte Bibel mit 7540 Kupfertafeln, die die naturhistorischen Dinge der Bibel erläutern.

Speziell auf botanischem Gebiet waren tiefergehend die Leistungen seines Bruders Johannes Scheuchzer[4]) (1684—1738), Landschreibers in Baden, später Nachfolger seines Bruders. Er war ein ausgezeichneter Kenner der Gräser und publizierte 1719 seine klassische „Agrostographia", nach dem Zeugnis Albrechts von Haller „ein Werk unglaublichen Fleisses: kaum je hat ein Sterblicher so viele und so schwierige Pflanzen so genau gekannt".

Für die Sorgfalt der Scheuchzerschen Gräserbeschreibungen nur ein Beispiel: auf die blosse Beschreibung Scheuchzers hin hatte Linné, ohne sie je gesehen zu haben, *Festuca amethystina* als Art aufgestellt. Scheuchzer hatte sie nach Exemplaren vom Albis beschrieben. Sie wurde von den Botanikern nicht wieder erkannt, bis Kerner sie aus Österreich nachwies. Er wandte sich an Professor Jäggi, den Konservator des botanischen Museums der E. T. H., mit der Bitte, diese Pflanze auf dem Albis, dem „locus classicus", wieder zu suchen, und Jäggi erlebte die Genugtuung, sie wieder aufzufinden: sie wächst an den wilden Hängen des Uto, z. B. ob dem Friesenberg. — Die umfangreiche Gräsersammlung Scheuchzers wird als Bestandteil von Johannes Gessners Herbarium im botanischen Museum der E. T. H. verwahrt.

Die folgende Periode, die sich an den Namen des Johannes Gessner[5]) (1709—1790) knüpft, war für Zürich mehr organisatorisch als wissenschaftlich bedeutungsvoll. Es war eine geistig rege Zeit, in der in Bern der Genius Hallers in Poesie, in Naturwissenschaft und Medizin seine weitreichenden Wellen warf, wo die erste wirklich wissenschaftlich bedeutende Schweizerflora erschien, Hallers „Historia Stirpium Helvetiae indigenarum inchoata" (1768), wo in Genf Micheli, Trembley, Bonnet, de Luc und andere jene glänzende Reihe von Naturforschern eröffneten, die Genfs Ruhm bilden, wo Basels Ruf als Zentrum für höhere Mathematik und Physik

durch die Bernoullis und durch Euler Europa erfüllte. In Zürich dominierten damals die Interessen der schönen Literatur unter dem Einfluss von Bodmer und Breitinger und des Idyllendichters Salomon Gessner. Neben diesen Sternen trat das Wirken der Naturwissenschaften zurück. Johannes Gessners und seiner Zeitgenossen und Nachfolger Hauptverdienst war die Sammlung der naturwissenschaftlichen Kräfte Zürichs durch die Gründung unserer Naturforschenden Gesellschaft, damals „physikalische Gesellschaft" genannt. Sie wurde 1746 gegründet, als älteste Vereinigung dieser Art in der Schweiz. Ihr Gründer, Joh. Gessner, war ihr Präsident und Spiritus rector bis zu seinem Tode, 44 Jahre lang. Sein botanisches Hauptwerk: „Tabulae phytographicae", 64 Foliotafeln mit mehreren tausend farbigen Abbildungen, die Analysen der Linnéschen Pflanzen-Geschlechter enthaltend, wurde erst lange nach seinem Tode (1795—1804) von seinem Grossneffen Christoph Salomon Schinz[5a]) herausgegeben. Gessner hatte jahrelang daran gearbeitet und dazu einen eigenen Kupferstecher Namens Geissler im Hause gehalten. Die Abbildungen zeichnen sich durch die Sorgfalt und Genauigkeit der Darstellung aus.

Die Gesellschaft wirkte in mehreren Richtungen fördernd auf die Entwicklung der Botanik: einmal durch die Schaffung neuer, wertvoller Hilfsmittel, für die wissenschaftliche Forschung: sie gründete und leitete bis 1833 den botanischen Garten, dem sich als Vorsteher Johannes Gessner, dann Johann Georg Locher, Johannes Scheuchzer jun., ferner später auch Usteri, Römer, Leonhard Schulthess im Lindengarten tätig annahmen, bis der Garten an die Universität überging.[5b])

Auch das „Lustwäldlein Sihlhölzli" (das 1917 der linksufrigen Seebahn wegen gefällt werden musste) wurde in den Jahren 1760—1770 im Auftrag des Staates unter der Leitung der „ökonomischen Kommission" der Naturforschenden Gesellschaft neu bepflanzt; es waren dabei neben Johannes Gessner tätig: Quartierhauptleute Beyel und Schinz, Prof. Usteri, Ingenieur Römer, Joh. Ott (der auch die schöne Blutbuche im „Nürnberggut" in Wipkingen gepflanzt hat), Dr. Locher und Dr. Hirzel (freundl. schriftl. Mitteilung von Herrn Dr. Conrad Escher).

Ferner schuf die Gesellschaft eine Bibliothek, die viele kostbare botanische Bücher, namentlich Reisewerke anschaffte. Auch auf die Anlegung und Äufnung von Herbarien wirkte sie anregend. Gessner

selbst sammelte zwei grosse Herbarien, die jetzt den beiden botanischen Museen der beiden Hochschulen angehören.

Endlich arbeitete die Naturforschende Gesellschaft auf einem gemeinnützigen Gebiet bahnbrechend und segensreich, auf dem der angewandten Botanik. Auf Anregung von Hans Caspar Hirzel, des Verfassers des berühmten Buches über „Die Wirtschaft des philosophischen Bauers“ wurden landwirtschaftliche Preisfragen ausgeschrieben und die Bauern nach Zürich zu den sogenannten „Bauerngesprächen“ eingeladen, in welchen Verbesserungen des landwirtschaftlichen Betriebes angeregt und besprochen wurden. Die naturforschende Gesellschaft Zürich war der erste Verein deutscher Zunge, der sich in dieser Weise mit ökonomischen Fragen beschäftigte.

Aus der Zürcher Naturforscherschule, deren Haupt Johannes Gessner war, ging auch Paul Usteri[6]).(1768—1831), das Patenkind Gessners, hervor. Die durch ihn und seinen Freund Joh. Jak. Römer gekennzeichnete Periode zürcherischer Botanik war durch vorwiegend literarische Tätigkeit charakterisiert.

Auf dem Gebiet der Botanik lag das Hauptverdienst Usteris darin, dass er als Herausgeber von Zeitschriften, als Rezensent, durch Wiederabdruck seltener Schriften und Sammler literarischer Nachrichten seinen Zeitgenossen eine neue, reiche und sehr geschätzte Quelle wissenschaftlicher Informationen bot. Seine Journale sind auch heute noch wertvoll als ein Spiegelbild der botanisch wissenschaftlichen Bestrebungen in den letzten Dezennien des 18. Jahrhunderts.

Joh. Jak. Römer[7]) (1763—1819), der Freund und Mitarbeiter Usteris, war wie dieser Arzt, lehrte Botanik am medizinisch-chirurgischen Institut, leitete von 1787—1819 mit grossem Erfolg den botanischen Garten und besass ein grosses Herbarium von 16000 Species. Neben seiner vorwiegend redaktionellen Tätigkeit ist er durch seine Mitarbeit an der Herausgabe der 16. Auflage des „Systema Vegetabilium“ Linnés zusammen mit Aug. Schultes in Landshut den Botanikern besonders bekannt geworden.

Eine eigenartige Stellung nimmt der Arzt und Staatsrat Dr. Johannes Hegetschweiler[8]) in der Geschichte der Zürcher Botanik ein. Einerseits ein eifriger Florist und Alpenforscher, Verfasser einer „Flora der Schweiz“ (1840, nach seinem Tode, von Heer herausgegeben), die bis in die neuere Zeit massgebend war,

Herausgeber ferner der bekannten vortrefflichen Labram'schen Abbildungen von Schweizerpflanzen, war er auf der andern Seite, seiner Zeit vorauseilend, eifrig bemüht, den Einfluss des Milieus auf die Pflanzenform zu studieren. Wenn er auch in seinen theoretischen Anschauungen über die Entstehung der Arten durch Standortseinflüsse oft auf Abwege geriet, die auch seiner Flora der Schweiz geschadet haben, so lieferte er doch viele gute Beobachtungen und wirkte anregend.

Nicht unerwähnt darf im Anschluss an die Alpenforschung Hegetschweilers das Wirken Johann Georg Ebels[8a]) (1764—1830) bleiben, der im Jahre 1801 das Zürcher Bürgerrecht geschenkt erhielt und in 20jährigem Aufenthalt als Freund Usteris und H. C. Eschers von der Linth sich völlig in Schweizer Verhältnisse einlebte und damals einer der besten Kenner unseres Landes war, insbesondere in Geologie. Er hat das grosse Verdienst, den ersten wissenschaftlichen insbesondere auch naturwissenschaftlichen Reiseführer durch die Schweiz geschrieben zu haben, der überall auch die geognostischen und botanischen Verhältnisse berücksichtigt.* Von der zweiten Auflage an bringt er bei den einzelnen Lokalitäten jeweilen auch eine Pflanzenliste. Ebenda ist im Artikel „Alpen" die Gliederung in Vegetationsstufen dargestellt.**

Im übrigen gruppieren sich die botanischen Leistungen Zürichs im 19. Jahrhundert, soweit sie verstorbene Gelehrte betreffen, um die Namen zweier ganz Grossen: Oswald Heer und Karl Nägeli.

Das Lebenswerk Oswald Heers[9]) (1809—1883), der volle fünfzig Jahre an unsern Hochschulen wirkte, ist von staunenswertem Umfange, Vielseitigkeit und Tiefe. Ihm verdanken wir zunächst fast alles, was wir von der Vorweltflora der Schweiz und

---

* „Anleitung, auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweiz zu bereisen" (Erste Auflage 1793, zweite ganz umgearbeitet und stark vermehrte 1804/05, siebte, von G. Escher bearbeitet mit Weglassung der naturhistorischen Einzelnotizen 1840.)

** Diese Darstellung ist von der berühmten Schilderung A. v. Hallers vom Jahre 1768 stark beeinflusst, bedeutet aber insofern einen Fortschritt, als Ebel zum ersten Male versucht, wenigstens für die Baumgrenze einen zahlengemässen Wert einzuführen, der freilich zu niedrig ausfällt (1820 m als Maximum für die ganzen Alpen, 1600 m auf der Nordseite und 1300 m auf freistehenden Bergen; woher die Zahlen stammen, gibt Ebel nicht an, wie er überhaupt nirgends seine Quellen zitiert).

des hohen Nordens wissen. Er hat in einem vierbändigen Foliowerk die gesammte fossile Flora der Schweiz beschrieben, in seiner „Urwelt der Schweiz“ den Naturcharakter vergangener Epochen wieder aufleben lassen und in seinem achtbändigen Werke über die fossile Flora der Polarländer das Fundament der genetischen Pflanzengeographie geschaffen, auf welches gestützt Adolf Engler seine grosszügigen Studien über die Geschichte der Pflanzenwelt der Nordhemisphäre aufbauen konnte. Als Gebirgsforscher hat er eine der ersten pflanzengeographischen Monographien unseres Landes geschrieben (über das Sernftal), hat er ferner die Flora der Schneeregion auf zahlreichen Hochgebirgstouren erforscht und den Einfluss wirtschaftlicher Eingriffe auf die Flora der Alpen dargelegt, ferner viele Beiträge zur Floristik geliefert. Seine zahlreichen Exkursionen mit Studierenden wirkten mächtig anregend und lieferten viele Neuentdeckungen. Unter seiner Direktion wurde der botanische Garten mächtig gefördert, dank der verständnisvollen Tätigkeit der Obergärtner Theodor Fröbel[9a]) (1824 bis 1842), Eduard Regel[10]) (1842 bis 1855), dem nachmaligen Direktor des botanischen Gartens in Petersburg, und Eduard Ortgies[11]) (1855 bis 1894). Unter letzterem entwickelte sich der Garten zu einem ergebnisreichen Zentrum für Neueinführungen von Gartenpflanzen, insbesondere von tropischen Orchideen.

Mit diesem botanischen Wirken ist aber das Lebenswerk Heers bei weitem nicht erschöpft: er war daneben einer der bedeutendsten Entomologen seiner Zeit und hat namentlich für die Bestimmung fossiler Insekten neue Wege betreten. Er hat sich auch intensiv mit landwirtschaftlichen Fragen beschäftigt und da durch Belehrung und Aufklärung segensreich gewirkt.

Der Vortragende hatte das Glück in den letzten Lebensjahren Heers als Schüler zu seinen Füssen zu sitzen und ihm so auch persönlich nahe treten zu dürfen. Eine tiefe Verehrung für den Menschen Heer erfüllte jeden, der ihn näher kannte.

Heer war ein echter Sohn der Alpen: sein ganzes Wesen trug den Stempel einer grossen Natur unverkennbar aufgeprägt. Unermüdlich in seiner Arbeitsenergie wie das stets rinnende Bergwasser, fest wie der Fels in seinen Grundsätzen, aber daneben voll freundlicher Heiterkeit wie der blumige Alpenrasen, rein und mackellos in seinem Wandel, wie der blendende Firn. Die Alpennatur hat in ihm jenen Phantasiereichtum gross gezogen, der das

ernste Forscherleben so blühend umrankte, sie hat seiner begeisterten Vaterlandsliebe kräftige Nahrung geboten und seinen tiefreligiösen Sinn gefestigt, der den Grundzug seines Wesens bildete.

Durch Oswald Heer wurde 1855 das botanische Museum der E. T. H. gegründet und damit ein neues Hilfs- und Anregungsmittel und eine wichtige Arbeitsstelle für Floristik und Systematik geschaffen. Der erste Konservator war Christian Brügger[12]) (1833—1899), von Churwalden, ein scharfsichtiger Florist und eifriger sorgfältiger Sammler, der das Herbarium Helveticum des botanischen Museums durch viele besonders sorgfältig etikettierte Specimina bereicherte und viele neue Formen fand. Leider schädigte er seinen Ruf durch seine Sucht, Bastarde zu finden, die ihn zu mancher unkritischen Bestimmung verführte. Sein Nachfolger Jakob Jäggi[13]) (1829—1894), von Aarburg, ein Schüler Heers, machte das botanische Museum zu einem Zentrum der Floristik Zürichs: In dem kleinen Konservatorzimmer verkehrten alle, die in den 70er bis 90er Jahren in Zürich Pflanzen sammelten und in Bestimmungsnöten waren. Jäggi war der Mittelpunkt der Floristik der Ostschweiz, etwa wie Favrat in der romanischen Schweiz. Er war von absoluter Zuverlässigkeit und Gewissenhaftigkeit, von einer gewaltigen Pflanzen- und Literaturkenntnis, die er in uneigennützigster Weise jedem zur Verfügung stellte. Seine Konservatordienste besorgte er mustergültig. Er leitete seit 1870 auch die botanischen Exkursionen statt Heer und entdeckte dabei viel Neues: ich erinnere nur an *Carex chordorrhiza, Festuca amethystina* u. a. Viele Volksschullehrer hat er zu tüchtigen Floristen herangebildet. — Ein Schüler Heers war auch der nachmals als Anatom so berühmt gewordene A. Kölliker[14]) (1817—1905), der 1839 die erste Flora des Kantons Zürich herausgab, als Dissertation.

Die ganze grosse Schar von Floristen und Sammlern, die seit dem Erscheinen von Köllikers Flora des Kantons Zürich unsere Kenntnisse dieser Flora bedeutend erweiterten, kann hier nicht aufgezählt werden. Ihre stille eifrige Sammeltätigkeit kann nicht hoch genug geschätzt werden. Ich kann hier auf die sehr vollständige Zusammenstellung hinweisen, die Prof. O. Nägeli in dem als Festgabe für die Botaniker zur heurigen Jahresversammlung der S. N. G. erschienenen Jahresbericht der zürcherischen botanischen Gesellschaft enthalten ist. Auf unserer Gedenktafel finden sich die tätigsten dieser Sammler verzeichnet, soweit sie in Zürich

und nächster Umgebung lebten. Besondere Erwähnung verdienen aber doch folgende: Der eifrige Seminarlehrer Kohler[15]) (1812—1884), dem viele Primarlehrer die Anregung zu botanischer Betätigung verdanken. Dann der gehörlose Drechsler Bremi[16]) (1791—1857), der feine und erfolgreiche Beobachter von Insekten und Pflanzen, der Potentillen-Monograph Hans Siegfried[17]) (1837—1903), der Intimus Jäggis, ein sehr fruchtbarer Beobachter und gewiegter Präparator, weiter der originelle Graveur Hanhart[18]) (1840—1909), der die intimsten Beziehungen zur Pflanzen- und zur Vogelwelt pflegte. Er kannte alle Vogelstimmen und brachte sogar das Kunststück fertig, in seiner Stube Schwalben jahrelang zu halten. Sein Herbarium zeichnete sich durch Mammutformat und äusserst sorgfältige Präparation aus. Dem Zürcher Lehrerstand gehörten an: Gustav Peter,[19]) Konrad Forster,[20]) H. Zollinger,[20a]) Robert Rau,[21]) Gottfried Bucher[22]) und Wilhelm Werndli[23]). Mediziner war Dr. Fries,[24]) Apotheker war Friedrich Weber.[41])*

Die letzte Periode zürcherischer Pflanzenforschung, die sich allerdings zeitlich grossenteils mit der vorletzten deckt, ist durch die Tätigkeit der Akademiker gekennzeichnet. (1833 Gründung der Universität, 1855 der E. T. H.; O. Heer 1833—1883 Universität, seit 1855 auch E. T. H.; Oken 1833—1851 Universität; K. Nägeli 1842—1852 Universität, 1856—1857 E. T. H.; C. Cramer 1857—1901 E. T. H.; J. Jäggi 1872—1894 E. T. H.; A. Dodel 1870—1903 Universität; Hermann Berge 1876—1881 E. T. H.; Dr. Georg Winter 1876—1883 E. T. H., 1878—1883 Univ. Dr. Franz Beneke 1885—1886 E. T. H.).

Lorenz Oken,[25]) der Naturphilosoph, der erste Rektor der Zürcher Universität, der Begründer der deutschen Naturforscherversammlungen, der Verfasser einer 13bändigen „Allgemeinen Naturgeschichte für alle Stände", obwohl seine positiven Leistungen in Botanik unbedeutend sind, wirkte doch durch seine begeisternden Vorlesungen anregend: so berichtet Cramer, dass Nägeli durch ihn für die Naturwissenschaft gewonnen worden sei.**

---

* In den Fünfziger-Jahren botanisierte eifrig um Zürich ein gewisser Gelstorf „zur Meisen", der in Köllikers Flora öfters zitiert wird. Dr. Escher-Bürkli teilte mir freundlichst schriftlich mit, dass Gelstorf ein Haarschneider aus Norddeutschland war; weiteres konnten wir nicht ermitteln.

** Schwendener sagt darüber: Nägeli fühlte sich durch das ideale Streben dieses Lehrers in seiner eigenen ihm angeborenen Neigung „das Auf-

Karl Nägeli[26]) war ein Schüler Schleidens, des genialen Reformators der Botanik, der in seinem 1840 erschienenen Lehrbuch der Botanik „als induktiver Wissenschaft“ neue Wege wies. Und Nägeli, übertraf seinen Meister! Sachs sagt von ihm in seiner „Geschichte der Botanik“: „Nägeli arbeitete in allen Teilen der Botanik grundlegend, die zunächst erreichbaren Ziele festhaltend, die induktive Methode und die Entwicklungsgeschichte nicht nur fordernd, sondern mit ernster Ausdauer jede aufgenommene Frage solange bearbeitend, bis ein brauchbares Resultat erreicht war und fast jedesmal war das Resultat nicht nur eine Bereicherung unseres positiven Wissens, sondern zugleich ein neues Fundament, aus welchem andere weiter bauen und eine reiche Literatur sich entwickeln konnte.“

Nägeli arbeitete vor allem entwicklungsgeschichtlich: er begründete die Lehre von der Bedeutung der Scheitelzelle und ihrer gesetzmässigen Teilungen für den Aufbau des Vegetationskörpers. Er wandte diese Methode zunächst auf das entwicklungsgeschichtliche Studium höherer Algen an, er begründete aber auch das System der niedern Algen und wurde so einer der erfolgreichsten Algologen. Auf seine umfassenden Untersuchungen über die Stärkekörner gründete er seinen Ausbau der Lehre vom Wachstum organischer Gebilde durch Intussuszeption und von der Mizellarstruktur organischer Körper. Diese Lehre wird heute von der Colloidchemie wieder aufgegriffen, so dass man Nägeli geradzu als einen der Begründer dieser immer wichtiger werdenden Lehre bezeichnen kann. In der Zellenlehre machte er zuerst auf die Eigenschaft der Plasmahaut als einer semipermeablen Membran aufmerksam und begründete damit die Lehre von Osmose und Turgordruck. In der Lehre von den Wirkungen der Mikroorganismen klärte er den Begriff der Gärung und entdeckte die Variabilität in der Virulenz, in der Ansteckungskraft der Bazillen, eines der Fundamente der Serumtherapie. Als Schüler Heers beschäftigte er sich auch mit Phanerogamensystematik, aber ganz im modernen Sinn, im Zusammenhang mit Erblichkeitsuntersuchungen. Er studierte insbesondere die äusserst schwierige Gattung der Habichts-

---

genommene unter sich in Verbindung zu bringen und unter allgemeine Gesichtspunkte zusammenzufassen“ bestärkt und gefördert, ohne sich indessen „mit der willkürlichen schematischen Ausführung“ Okens befreunden zu können (Nägelis eigene Worte!).

kräuter *(Hieracium)*, kultivierte dafür 4450 Nummern dieser Pflanzen 5 bis 17 Jahre lang und machte über 16,000 Aufzeichnungen darüber. In seinem mit Schwendener zusammen veröffentlichten Lehrbuch über das Mikroskop geht er in alle Details der optischen Grundlagen des mikroskopischen Sehens ein und entwickelt besonders die Lehre von den Polarisationserscheinungen pflanzlicher Gebilde.

Mit all dieser erstaunlich vielseitigen Detailarbeit ist aber das Lebenswerk Nägelis nur zur Hälfte erfüllt. Es wird gekrönt durch tiefgründige und wohlbegründete Spekulation. Nägeli war ein mathematisch-physikalisch gründlich geschulter Denker von philosophischen Allüren und „logischer Schärfe des Gedankenganges". In seinem Glaubensbekenntnis, der „Mechanisch-physiologischen Theorie der Abstammungslehre" begründet er die Lehre vom Idioplasma, von der spezifischen Vererbungssubstanz, die in der „genotypischen Grundlage" der modernen Erblichkeitsforscher ihre Auferstehung feiert. Er vertritt gegenüber der Selektionslehre die Anschauung von einer im Bau des Plasmas mechanisch begründeten immanenten spontanen Progression der Entwicklung und die Lehre von der erblichen Fixierung äusserer Einflüsse („direkte Bewirkung" nennt er es). Die modernen Lehren der Orthogenesis und des Neo-Lamarckismus gehen also streng genommen auf Nägeli zurück. Die Anschauungen der Deszendenzlehre hat Nägeli schon vor Darwin vertreten und die Mutationstheorie von Hugo de Vries ist in nuce ebenfalls bei ihm zu finden. So finden wir überall die Spuren Nägelischen Geistes.

Carl Cramer[27]) war neben Schwendener, L. Fischer, Wartmann, Leitgeb, Kny, Rees, Prantl, Klein, Westermeier, Brefeld, Dingler, Weiss, Dodel, Löw, Lorenz, Correns u. a. einer der bedeutendsten Schüler Nägelis. Er hat seinem Lehrer in einer Biographie ein Denkmal gesetzt, das in der präzisen Konzentration eines ungeheuern Gedankeninhaltes ein Meisterwerk genannt werden darf. Er baute anfangs in Gemeinschaft mit seinem Lehrer auf dessen Grundlagen weiter. Zunächst durch entwicklungsgeschichtliche Studien an Algen unter Verfolgung der Genealogie jeder einzelnen Zelle („Pflanzenarchitektonik" hat er es selbst genannt). Wichtige Arbeiten betreffen die damals entdeckten primitivsten Formen der geschlechtlichen Fortpflanzung bei den Algen. Die Studien Nägelis über Intussuszeption und Pola-

risation wurden fortgesetzt und erweitert. In morphologischer Richtung hat er eine umfassende Studie über Bildungsabweichungen geliefert. Als Lehrer an der landwirtschaftlichen Abteilung gab sich Cramer viel mit schädlichen Pilzen ab und uns Zürchern sind die ausgezeichneten Dienste in warmer Erinnerung, die Cramer seiner Vaterstadt auf dem ihm vorher ganz fremden Gebiet der Bakteriologie leistete bei Gelegenheit der Bekämpfung der Typhusepidemie des Jahres 1884. Für die Gründung und den Ausbau der landwirtschaftlichen Abteilung der E. T. H. hat sich Cramer grosse Verdienste erworben. Das ehemalige Gebäude für Land- und Forstwirtschaft wurde nach seinen Plänen entworfen.

Cramer war ein trefflicher Lehrer, der in den 44 Jahren seiner akademischen Tätigkeit ungefähr 2400 Schüler in die Botanik eingeführt hat. 14 derselben waren später seine Kollegen an der E. T. H. Er las auch systematische Botanik für Land- und Forstwirte und hat dafür eine grosse Zahl künstlerisch ausgeführter Zeichnungen hergestellt.

Welch ein erhebendes Bild tritt uns in diesem wohlausgefüllten Gelehrtenleben meines ehemaligen Lehrers entgegen! Fünfzig Jahre unausgesetzter uneigennützigster Arbeit im Dienste der Menschheit, des Landes und unserer höchsten Schule. In stiller Grösse steht der Gelehrte vor uns, der einfache bescheidene Mann mit dem unbeugsamen Rechtssinn, dem feinen Gewissen und der vornehmen Gesinnung, durchdrungen von absoluter Wahrhaftigkeit und von selbstloser Hingabe an die Wissenschaft.

Als seither verstorbene Schüler Cramers sind zu nennen Dr. Hermann Berge, sein Assistent, auch Privatdozent für Pflanzengeographie, Verfasser eines Buches über Pflanzenphysiognomik. Dann Dr. Jean Dufour [28]) (1860—1903), der spätere verdiente Direktor der waadtländischen Rebenversuchsstation und Professor der Physiologie an der Universität Lausanne. Ferner Johann Fankhauser [29]) (1847—1893), der Entdecker der unterirdischen Prothallien der Lycopodien, Hermann Geyler [30]) (1834—1889), später am Senckenbergianum im Frankfurt, der über den Gefässbündelverlauf schrieb und später als Phytopaläontologe sich bekannt machte und endlich Julius Klein [31]) (1844—1915), Professor in Budapest.

Der Nachfolger Oswald Heers an der Universität, Prof. Arnold Dodel [32]) (1843—1908), ein Schüler Nägelis hat sich durch seine anatomischen Studien an Keimpflanzen und namentlich durch

seine schöne Monographie der Kraushaaralge bekannt gemacht. Sein anatomisch-physiologischer Atlas, der grossen Erfolg hatte, „steht in der künstlerischen und doch wissenschaftlich genauen Auffassung der dargestellten Pflanzen, in der vollendeten zeichnerischen Darstellung auch heute noch unerreicht da“ (Prof. Ernst). Sein Schüler Salomon Stadler[33]) (1842—1917), ein ausgezeichneter Schulmann, publizierte eine umfassende Studie über Nektarien.

Endlich ist noch eine Reihe von Forschern und Liebhabern auf dem Gebiet der Kryptogamenkunde zu nennen. Ein Zeitgenosse Cramers und Nägelis war der tüchtige Flechtenforscher Dr. med. Philipp Hepp (1799—1867), ebenso Dr. Carl Hegetschweiler[34]) (1838—1901), der allerdings nur in seiner Studienzeit in Zürich weilte. Er praktizierte später als Arzt in seinem Heimatort, blieb aber in stetem Kontakt mit Zürich, namentlich mit Jäggi, dem er seine zahlreichen Phanerogamenfunde mitteilte. Er war ein tüchtiger Flechtenspezialist und stand mit vielen bedeutenden Lichenologen im Verkehr; sein Herbar ging in den Besitz des botanisches Museums der Universität über.

Als Privatdozent für Kryptogamenkunde an beiden Hochschulen wirkte von 1876—1883 Dr. Georg Winter[35]) (1848—1887), der ausgezeichnete Mykologe, der Bearbeiter der Pilze in der zweiten Auflage von Rabenhorsts Kryptogamenflora, Fortsetzer des Rabenhorst'schen Exsiccatenwerkes „Fungi europaei et extraeuropaei“ und Redaktor der Zeitschrift „Hedwigia“. Unter seiner Leitung wurde auf den von ihm geführten Exkursionen und in seinen Bestimmungsübungen damals in Zürich viel in Kryptogamenfloristik gearbeitet.

Ein eifriger Sammler und Präparator von Diatomeen war der Lehrer Rudolf Wolfensberger[36]) (1826—1910), ein einfacher bescheidener aber grundtüchtiger Mann, der auch viel zur floristischen Durchforschung des Zürcher Oberlandes beitrug. Auch der Grosskaufmann Hans Rudolf Schinz[37]) (1829—1876) hat eine umfangreiche Sammlung von Diatomeenpräparaten eigener und fremder Mache zusammengebracht; seine Frau zeichnete dazu einen prächtigen Atlas. Und endlich arbeitete auf diesem Gebiet mit grossem Erfolg der kürzlich verstorbene Sanitätsrat Dr. Karl Keller-Escher[38]) (1851—1916), durch die Vervollkommnung der Präparations- und Einschlussmethoden und seine wundervollen Präparate in Diatomistenkreisen ein weitbekannter Mann. Seine reichen

Sammlungen und Bücherschätze hat er öffentlichen Instituten Zürichs vermacht.

Nur streifen können wir die botanischen Leistungen einiger Forscher auf den Grenzgebieten der Pharmakognosie und der Agrikulturchemie. Unsere beiden Pharmakognosten Eduard Schär[39]) (1842—1913) und Karl Hartwich[40]) (1851—1917) haben durch anatomische und chemische Untersuchung von Drogen der wissenschaftlichen Botanik viel wertvolle Beiträge geliefert und die phytochemischen Forschungen eines Ernst Schulze[42]) (1840—1912) gehören zum klassischen Inventar der Pflanzenchemie.

Und endlich darf man in Zürich, das als Garten- und Blumenstadt eines wohlverdienten Rufes geniesst, diejenigen Männer nicht unerwähnt lassen, die in besonders hervorragender Weise die liebenswürdigste Anwendung der Scientia amabilis pflegten, den Schmuck der Wohnstätten und der Erholungsstätten in Garten und Park. Die Inspektoren des botanischen Gartens haben wir schon genannt. Unter ihnen hat Theodor Fröbel nachmals als Handelsgärtner (die Firma besteht seit 1835 !) viel zur Verbreitung der Kultur von Freilandstauden und Alpenpflanzen beigetragen. Sein Sohn Otto Fröbel[43]) (1844—1906) hat sich besonders durch seine zahlreichen Neuzüchtungen bekannt gemacht; auch seine Baumschulen zeichneten sich durch ihre Reichhaltigkeit aus. Er hat ferner zusammen mit Evariste Mertens[44]) (1846—1907) den Plan und die Bepflanzung der Quaianlagen durchgeführt. Im Arboretum in der Enge haben sie das Problem, eine botanisch interessante Anlage gleichzeitig ästhetisch schön zu gestalten, in vorbildlicher Weise gelöst. Von Theodor Fröbel stammen die Anlagen des botanischen Gartens, des Rietergutes in der Enge, des Muraltengutes in Wollishofen, der Martinsburg, die ehemaligen Stadthaus- und Stadelhoferanlagen, von Otto Fröbel ausser den oben erwähnten Anlagen die Gestaltung der Gartenanlage der neuen Tonhalle, der Villa Brandt und des Zürichhorns. Den Waldbesitz der Stadt Zürich im Sihlwald, auf dem Adlisberg und Käferberg hat Forstmeister Oberst Ulrich Meister[45]) (1837—1917) lange Jahre hindurch mit besonderem Verständnis für Ästhetik und Wissenschaft sorgsam gepflegt und auch für die städtischen Anlagen seine reiche Erfahrung vielfach zur Verfügung gestellt.

Lassen Sie mich zum Schluss noch zwei Punkte allgemeiner Natur berühren.

Zunächst die Entwicklungsbreite der Disziplin: Sie war anfangs gering, die Entwicklung einseitig. Die Entdeckungen der Pioniere der Mikroskopie, die wichtigen Leistungen der Begründer der Pflanzenphysiologie warfen ihre Wellen nicht nach Zürich. Hier dominierte bis zum Auftreten Nägelis durchaus die systematisch-floristisch-geobotanische Richtung. Das ist eine Funktion der dominierenden Persönlichkeiten, welche den „Genius loci" bestimmen: Conrad Gessner, Joh.-Jak Scheuchzer, Joh. Gessner, Usteri und Römer, Hegetschweiler und Heer waren die führenden Geister jener Periode. Diese Richtung hat sich bis heute in Zürich erhalten und weiter entwickelt, daneben aber treten mit Nägeli und Cramer die morphologisch-physiologischen Studien auf den Plan, heute ebenbürtig neben den andern sich entfaltend.

Diese breitere Basis ist bedingt durch die Schöpfung der beiden Hochschulen, welche die Arbeitsstellen, die Arbeitsgelegenheiten und die Arbeitsnotwendigkeiten gewaltig vermehrt haben; insbesondere wurde durch das Hinzutreten von Land- und Forstwirtschaft eine weitere Arbeitsteilung bewirkt. Zählen wir doch gegenwärtig in Zürich nicht weniger als 15 Akademiker, welche sich mit Botanik in morphologischer, anatomischer, physiologischer, phytochemischer, pathologischer, systematischer, ökologischer, phylogenetischer, bakteriologischer und pharmakobotanischer Richtung betätigen. Dank sei der Opferwilligkeit des Volkes, die diese Entwicklung in so breitem Strom ermöglichte. Dass er befruchtend auf die Wohlfahrt unseres Landes wirke, sei unser eifriges Bestreben!

Noch eines andern Momentes möchte ich gedenken; der Beziehungen der Botanik zur Medizin. Früher waren sie aufs engste verbunden; äusserlich dokumentierte sich das durch den Usus, den Lehrstuhl der Anatomie mit dem der Botanik zu vereinigen. Auch dadurch, dass alle Zürcher Botaniker bis hinauf zu Usteri, Römer und Hegetschweiler Ärzte waren. Später trennten sich die Bahnen in Wissenschaft und Lehre mehr und mehr. Aber die heutige Entwicklung ruft, in berechtiger Reaktion gegen die übermässige Spezialisierung einer erneuten Annäherung, speziell auch von Medizin und Biologie. Die chemisch-physikalische Seite der Zellphysiologie, die Cytologie, die moderne Vererbungslehre, das Alles hat die gemeinsamen Grundlagen wieder deutlicher zum Bewusstsein gebracht. Wir begrüssen freudig als ein Symptom dieses engern Anschlusses die Gründung der Schweizerischen Medizinisch-

biologischen Gesellschaft als Sektion der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Denn gerade unsere Gesellschaft ist der Boden, auf dem sich die divergierenden Bahnen vereinigen können.

In diesem Sinne möchte ich mit den schönen Worten endigen, mit denen Paul Usteri seine Eröffnungsrede der Versammlung vom Jahre 1827 schloss:

„Unsere Gesellschaft wird als eine sorgsame Pflegerin und Sammlerin den einzelnen Leistungen nachspüren, um von allen Kenntnis zu nehmen, sie wird dieselben ehren und aufmuntern, sie wird durch freien Ideenaustausch und durch einsichtige Kritik zu neuen oder vervollkommneten Leistungen Anregung geben und den Mittelpunkt bilden, wo der Austausch aller Arbeiten und ihre Ausbildung zum harmonischen Ganzen vollbracht werden mag ... Für diesen Zweck sind Sie — fährt Usteri fort und ich schliesse mich ihm an ... sind Sie, verehrte Kollegen, teure Freunde, heute wieder zusammengetreten. Indem ich Sie namens meiner Mitbürger, die sich durch Ihren zahlreichen Besuch geehrt fühlen, mit ausgezeichneter Achtung und Freude, namens Ihrer Zürcher Kollegen aber mit herzlicher Freundschaft und Liebe begrüsse, erkläre ich die diesjährige Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft für eröffnet."

Literaturnachweise und Anmerkungen

I. Allgemeine Quellen.

Studer, B. Geschichte der physischen Geographie der Schweiz, Bern und Zürich 1863. — Sprengel, Kurt. Geschichte der Botanik. 2 Bände. Altenburg und Leipzig 1817—1818. — Sachs, Jul. Geschichte der Botanik vom 16. Jahrhundert bis 1860. München 1875. — Wolf, R. Biographien zur Kulturgeschichte der Schweiz. 4 Bände. Zürich 1858—1861 (im folgenden zitiert: Wolf, Biogr.). — Bruhin, P. Th. Übersicht der Geschichte und Literatur der Schweizerflora. Programm des Gymnasium in Einsiedeln 1863 und 1864. — Siegfried, J.J. Bibliographische Notizen über die Zürcherischen Naturforscher, Geographen, Ärzte und Mathematiker, nebst Aufzählung der im Kanton Zürich vorhandenen naturwissenschaftlichen Sammlungen. Zur hundertjährigen Stiftungsfeier der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für die Mitglieder auf Kosten der Gesellschaft gedruckt. Zürich 1846. — Siegfried, J. J. Die wichtigsten Momente aus der Geschichte der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Mit einem Verzeichnis der naturwissenschaftlichen Sammlungen und Vereine in den einzelnen Kantonen. Zürich 1848. — Siegfried, J. J. Zur Geschichte der vaterländischen Botanik. Mitteilung der naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1848. — Heer, O. Der botanische Garten in Zürich. Neujahrsblatt der

400 Jahre Botanik in Zürich

Gedenktafel der verstorbenen Botaniker und Botanophilen Zürichs

(nebst „zugewandten Orten") 1516—1917

entworfen im August 1917 von C. SCHRÖTER.

ABKÜRZUNGEN:

Kr.-B. = Verfasser von Kräuterbüchern. Sy. Fl. Samml. = Systematiker, Floristen und Sammler. Geo. = Pflanzengeographie. Foss. = Vorweltsbotanik. Litt. = Vorzugsweise litterarisch tätig. M. An. Ph. Kry. Ch. = Morphologie, Anatomie, Physiologie, Kryptogamen, Phytochemie.

△ Ärzte. ○ Lehrer. ⊟ Professoren für Physik (d. h. Naturwissenschaft), Mathematik und Philosophie am „Collegium Carolineum", zugleich Chorherren (bis 1832). ⊡ Akademiker an der Universität oder der Techn. Hochschule. ■ Pharmazeuten. □ Kaufleute und Handwerker.

J. Morgenthaler	(1845—1901)	An. (Landw. Lehrer. Schüler v. Prof. Hartwich.)	Morphologie
Karl Hartwich	(1851—1917)	An. Ch.	Anatomie
Eduard Schär	(1842—1913)	An. Ch. ■ Pharmazeuten.	Physiologie
Friedrich Weber	(1840—1909)	Fl. Samml.	Kryptogamen
Ernst Schulze	(1840—1912)	⊡ Ch.	Phytochemie
Karl Grün	(1883—1915)	An. (Schüler v. Prof. Ernst.)	Pharmakognostische Botanik
Salomon Stadler	(1842—1917)	○ An. (Schüler v. Prof. Dodel.)	
Julius Klein	(1844—1915)	⊡ An. Kr.	
Hermann Geyler	(1834—1889)	⊡ An. Foss.	
Johann Fankhauser	(1847—1893)	○ Kr.	
Jean Dufour	(1860—1902)	⊡ Ph.	
Hermann Berge*)	(1845—1891)	⊡ An. Geo. Schüler Cramers.	
Arnold Dodel	(1843—1908)	⊡ An. Ph. Kr.	
Karl Cramer	(1831—1901)	⊡ An. Ph. Kr. (Direktor d. Bot. Gartens der Universität 1882—1893).	
Karl v. Nägeli	(1817—1892)	⊡ M. An. Ph. Kry. Sy.	
Lorenz Oken	(1779—1851)	⊡ Sy. Litt.	
Karl Keller-Escher	(1851—1916)	■	
Hans Rudolf Schinz	(1829—1876)	□ Diatomeen	
Rudolf Wolfensberger	(1826—1910)	○ Diatomeen	
Georg Winter	(1848—1887)	⊡ Pilze	
Karl Hegetschweiler	(1838—1901)	△ Flechten u. Moose	
Philipp Hepp	(1799—1867)	△ Flechten	

*) Über *H. Berge* (im Text ohne weitere Angaben) erfahre ich nachträglich durch freundliche schriftliche Mitteilung von Prof. *Schwartz*, Direktor der Luisenstädtischen Oberrealschule in Berlin, Folgendes: Geboren 1845 in Magdeburg, erst Gärtner, dann Studium der Naturwissenschaft in Jena und Zürich, 1872—74 Lehrer in Herisau, 1874—1880 Assistent, 1876 bis 1881 Privatdozent am Polytechnikum, 1881—1882 Kunstschule in Berlin, 1882 bis zu seinem Tode (1891) Zeichenlehrer an der Luisenstädtischen Oberrealschule.

Hans Siegfried	(1837—1903)	□ Sy. Fl. Samml. (Potentilla.)	1833 — Univ.
Gustav Peter	(1826—1911)	○ Fl. Samml.	1855 — Polytechn.
Heinrich Zollinger	(1818—1889)	○ Sy. Fl. Samml. (Javaforscher, Seminardir. in Küsnacht.)	Vorweltsbotanik
Johann Michael Kohler	(1812—1884)	○ Fl. Samml. (Seminarlehrer in Küsnacht.)	Floristik
Albert Kölliker	(1817—1905)	Sy. Fl. Samml. („Flora des Kantons Zürich", 1839.)	Exkursionen
Gelstorf	(? — ?)	□ Samml. (Haarschneider.)	Zürcher bot. Garten als Zentrum für Neueinführungen
Johann Jakob Bremi	(1791—1851)	□ Fl. Samml. (Dreher.)	Pflanzengeographie
Jakob Jäggi	(1829—1894)	⊡ Sy. Fl. Samml. Conservatoren d. botan. Museums	(Monographie des Sernftales (1833)
Christian Brügger	(1833—1899)	○ Sy. Fl. Samml. des Polytechnikums.	Vegetation der Schneestufe)
Eduard Ortgies	(1829—1916)	Sy.	
Eduard Regel	(1915—1892)	Sy. Fl. Samml. Obergärtner des Botan. Gartens	
Theodor Froebel	(1810—1893)	Sy. Fl. Samml. der Universität.	
Oswald Heer	(1809—1883)	⊡ Foss. Geo. Sy. Fl. Samml. Entomolog. Direktor des Botanischen Gartens der Universität 1834—1882.	
Othmar Heinrich Buser, Chemiker	(1859—1898)		
Wilhelm Werndli	(1871—1917)	○	
Gottfried Bucher	(1858—1909)	○	
Eduard Sidney Fries	(1845—1914)	△ Floristen und Sammler	
Robert Rau	(1844—1908)	○	
Jakob Hanhart, Graveur	(1840—1909)	□	
Konrad Forster, Rüschlikon	(1838—1904)	○	
Evariste Mertens	(1846—1907)	Gärtner, Schöpfer	
Otto Froebel	(1844—1906)	zürcher. Park- und	
Theodor Froebel	(1810—1893)	Garten-Anlagen	

Johannes Hegetschweiler	(1789—1839)	△ Sy. Fl. Samml. Geo.	Studium des Standortseinflusses „Flora der Schweiz" (1840).
Johann Gottfried Ebel	(1764—1830)	△ Geo. „Anleitung, auf die nützlichste und genussvollste Art die Schweiz zu bereisen", 1793, ein Reiseführer mit naturwissensch., auch bot. Bemerk., bes. in d. spät. Aufl.	
Johann Jakob Römer	(1763—1819)	△ Litt. Fl. Sy. Leiter des Bot. Gartens 1797—1819.	Zürich als bot.-litter. Zentrum. Annalen. Magazin, Archiv der Botanik. Förderung des Bot. Gartens.
Paul Usteri	(1768—1831)	△ Litt. Fl. Sy. Leiter des Bot. Gartens 1794—1797.	
Rudolf Schulthess	(1802—1833)	△ ○ Samml.	Gründung der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft. Gründung des Bot. Gartens derselben. Herbarien und Bibliothek. Unterstützung v. Sammlern (Füssli). „Bauerngespräche".
Leonhardt Schulthess im Lindengarten	(1775—1841)	△ Fl. Samml. Leiter des Bot. Gartens 1819—1833.	
Cristoph Salomon Schinz	(1764—1847)	△ Sy. (Herausgeber v. Joh. Gessners „Tabulae phytographicae" 1795—1814).	
Salomon Schinz	(1734—1784)	△ ⊟ Sy. Leiter des Bot. Gartens (kurze Zeit für Usteri).	
Johannes Scheuchzer junior	(1738—1815)	△ Leiter des Bot. Gartens 1787—1794.	
Johann Georg Locher	(1739—1787)	△ Leiter des Bot. Gartens 1767—1787.	
Johannes Gessner	(1709—1790)	△ ⊟ Sy. Leiter des Bot. Gartens 1748—1767. Gründer der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1746.	
Johannes Scheuchzer senior	(1684—1738)	△ ⊟ Sy. Fl. Samml. („Agrostographia" 1719). Ausgezeichneter Gräserkenner.	Beginn der Schweizer Floristik als Teil der phys. Geographie. Alpenreisen.
Johann Jakob Scheuchzer	(1671—1733)	△ ⊟ Geo. Fl. Samml. Begründer der Alpenkunde.	
Hans Erhardt Escher	(1656—1689)	1692 Monographie des Zürichsees, geogr. u. histor., mit Erwähnung v. *Schoenoplectus, Phragmites, Typha, Acorus, Iris, Nymphaea, Nuphar, Lemna*, und d. Seeblüte v. Fichtenpollen.	
Johannes Jakob Wagner	(1641—1695)	△ Erster Versuch einer physischen Geographie der Schweiz: *„Historia naturalis Helvetiae Curiosa"*. 1680 (zählt 14 Bäume und 218 alpine Sträucher und Kräuter auf).	
Johannes v. Muralt	(1645—1733)	△ ⊟ Kr.-B. (Gründer des ersten anat. Collegiums.) „Eidgenössischer Lustgarte" 1715 — ein auf Schweizerpflanzen (wildwachsende und kultivierte) beschränktes Kräuterbuch.	
Caspar Wolf	(1531—1601)	△ ⊟ Geo. Uebernahm den litterarischen Nachlass C. Gessners.	Beginn der wissenschaftlichen Botanik. Erster Bot. Garten der Schweiz. Aelteste bot. Exkursionsberichte aus den Schweizer Alpen: 1536 Stockhorn (Rhellicanus, Joh. Müller aus dem Kt. Zürich). 1555 Pilatus (C. Gessner). 1557 Stockhorn u. Niesen (Aretius = Benedikt Marti v. Bätterkinden, Kt. Bern). 1561 Calanda (Fabricius, Chur)
Josias Simler	(1530—1576)	Prof. d. Theologie. Als Alpenbeschreiber ein Vorläufer Scheuchzers. „Commentarius de Alpibus" 1874, mit Aufzählung von ca. 70 Alpenpflanzen.	
Clauser, Apotheker		Private botanische Gärten.	
Hafner, Wundarzt			
Johannes Fabricius v. Bergheim i. Els.	(1527—1566)	Theologe, von 1550—57 in Zürich, später Stadtpfarrer in Chur; gab 1561 eine Florula des Calanda heraus.	
Conrad Gessner	(1516—1565)	△ ⊟ Kr.-B. Sy. Fl. Bot. Garten. Einer der bedeutendsten unter den „Vätern der Botanik", d. h. den Verfassern von Kräuterbüchern. Sein Hauptwerk wurde erst 1759 bis 1770 von Schmiedel herausgegeben.	
Johannes Müller	(1478—1542)	Genannt *„Rhellicanus"* nach seinem Heimatort Rhellikon, Kt. Zürich. Theologe, lehrte eine Zeitlang in Zürich, bestieg 1536 das Stockhorn („Stockhornias" 1536). „Er dürfte der Erste gewesen sein, der die Alpen bestieg, um zu botanisieren!" (Wolf, Biogr. IV, p. 165.) C. Gessner hat in der Tat erst in Lausanne 1537 seine erste botanische Bergexkursion auf den Jorat gemacht, 1539 dann im Wallis, bei Gelegenheit eines Aufenthaltes in Leuk.	

Naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf das Jahr 1853. 55 Stück. — Rudio, F. Die Naturforschende Gesellschaft in Zürich 1746—1896. Festschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Zürich 1896. Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrgang 41. 1896. Jubelband. — Zürcher Wochenchronik. Herausgegeben von Orell-Füssli. (Bringt zahlreiche Nekrologe mit Bildnis; in folgendem zitiert: Z. W. Chr.) — Schinz, H. Berichte des botanischen Gartens in Zürich (enthalten biographische Notizen über die im Herbarium vertretenen Sammler). — Rudio und Schröter. Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte; alljährlich publiziert in der Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, mit den Nekrologen verstorbener Mitglieder ihrer Gesellschaft (zitiert im folgendem als: V. Z. N. G.).

II. Anmerkungen mit speziellen Literaturnachweisen.

Für Hinweise bin ich folgenden Herren zu Dank verpflichtet: Dr. E. Baumann, Prof. Dr. E. Fischer, Bern, Rob. Fröbel, Prof. Dr. Hescheler, F. Käser, Prof. Dr. O. Nägeli, Tübingen, Prof. Dr. Hans Schinz, Bibliothekar Dr. Steck, Bern, Seminardir. Zollinger, Küsnacht.

[1]) Simler, J. Vita Conradi Gesneri. Item epistola Gesneri de libris a se editis. Et carmina de obitu ejus. His accedit Casp. Wolfii Hyposchesis de C. Gesneri stirpium historia. Tig. op. Chr. Frosch. 1566. — Wolf, C. Epistolarum Medicinalium Conradi Gesneri Philosophi et Medicini Tigurini Libri 3. Tiguri apud Froschov. Anno 1577. — Epistolarum Medicinalium Conradi Gesneri Liber Quartus. Ex Apographo. Vitebergae, ex officina typographica Grossenbergii 1584. (Dieser 4. Band der Briefe Gessners ist in der unten zitierten Hanhartschen Biographie im Anhang wieder abgedruckt.) Christ, H., hat in seinem inhaltreichen Aufsatz: „Zur Geschichte des alten Basler Gartens“ (Basler Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde, Band 16, 1917) aus diesen Briefen Gessners alles ausgezogen, was sich auf die Gärten bezieht. Diese Auszüge gewähren einen ungemein lebendigen Einblick in die unermüdlichen, geradezu leidenschaftlichen Bemühungen Gessners um die Bereicherung seines Gartens. — Schmiedel. Opera botanica C. Gesneri 1753—1771 (Biographie Gessners in der lateinisch geschriebenen Vorrede). — Haller, A. v. Bibliotheca botanica, Tiguri 1771—1772 pag. 282—292. — Haller, A. v. Historia stirpium indigenarum Helvetiae inchoata. Bern 1768. Praefatio, pag. X—XII. — Cuvier, Fr. Artikel Conrad Gessner in der „Biographie universelle“ 1811. — Hanhart, J. Conrad Gessner. Ein Beitrag zur Geschichte des wissenschaftlichen Strebens und der Glaubensverbesserung im 16. Jahrhundert. Aus den Quellen geschöpft von J. H., Stadtpfarrer in Winterthur. Winterthur 1824 (Paul Usteri gewidmet). — Römer, J. C. Gessner. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich auf das Jahr 1819. Mit Bildnis von Füssli, und Abbildung von Gessners Wappen.

[1a]) Stucki, J. W. Vita clarissimi D. Josiae Simleri etc. Tiguri excud. Froschovius. Anno 1577. — Wyss, G. v. im Neujahrsblatt zum besten des Waisenhauses in Zürich auf das Jahr 1855. Derselbe in „Allg. Deutsche Biographie“, 34. Band. Leipzig 1892, Seite 355 ff. — Günther, Siegm. Josias Simler als Geograph und Begründer der wissenschaftlichen Alpenkunde. Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Zofingen 1902.

[2]) Wolf, Biogr. Band 4, Seite 41, Anmerkung 15. — Finsler, J. J. Neujahrsstück der Chorherrenstube in Zürich auf das Jahr 1833. (Hier ein 16 Seiten umfassendes Verzeichnis der sämtlichen Schriften von Johannes v. Muralt.) — Meyer-Ahrens, Geschichte des zürcherischen Medizinalwesens, Zürich 1838 (schildert eingehend die Verdienste von Johannes v. Muralt als Arzt und Wundarzt).

[3]) Bourget (von Nîmes, 1678—1742) Nekrolog über J. J. Scheuchzer, im „Mercure suisse", vom August 1733. — Cuvier, Artikel über Scheuchzer in der „Biographie universelle". — Horner, J. J. Scheuchzer, im Programm der Zürcher Kantonsschule 1844. — Wolf, Biogr. Band 1, Seite 181—228. — Walkmeister, J. J. Scheuchzer und seine Zeit, in den Berichten der St. Galler Naturwissenschaftlichen Gesellschaft. Jahrgang 1895/96.

[4]) Über Scheuchzer, Johannes, siehe: Wolf, Biogr. Band 1, Seite 199—200. — Über Wolf, Kaspar (Gedenktafel), siehe: Wolf, Biogr. Band 1, Seite 43—56. — Über Wagner, Joh. Jak. (Gedenktafel), siehe: Wolf, Biogr. Band 1, Seite 93—112.

[5]) Hirzel, H. C. Denkrede auf Johannes Gessner. Zürich 1790. — Wolf, R. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, auf das Jahr 1846, und Biogr. Band 1, Seite 281—322. — Jäggi, Der Ranunculus bellidiflorus des Joh. Gessner. Berichte der schweiz. botanischen Gelellschaft. Band 3. 1893.

[5a]) Biogr. von Chr. Sal. Schinz in Neujahrsblatt des Waisenhauses in Zürich auf 1872.

[5b]) Über die Vorsteher des botanischen Gartens siehe namentlich Rudio, T., in V. Z. N. G., Festschrift 1896, Band 41, Seite 196—212.

[6]) Oechsli und Schröter, Paul Usteri. V. Z. N. G., Jahrgang 62, 1917. Seite 1 (dort die übrige Literatur!).

[7]) Schinz, Hans Rud. Nekrolog auf J. J. Römer, in „Naturwissenschaftlicher Anzeiger der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften" 1819. Derselbe im Neujahrsstück der Zürcherischen Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr 1820.

[8]) Schröter, C. Johannes Hegetschweiler, insbesondere als Naturforscher. 76. Neujahrsblatt zum besten des Waisenhauses in Zürich für 1913, herausgegeben von der gelehrten Gesellschaft.

[8a]) Meyer, F., im Neujahrsblatt der Stadtbibliothek Zürich auf das Jahr 1833. — Escher, H., in Verhandlungen der Schweizerischen gemeinnützigen Gesellschaft 1835. — Escher-Blass, Arn., im Neujahrsblatt zum besten des Waisenhauses in Zürich für 1917.

[9]) Heer, J. und Schröter, C. Oswald Heer. Lebensbild eines schweizerischen Naturforschers. Zürich 1885. Schröter, C. Oswald Heer als Gebirgsforscher. Jahrbuch des S. A. C., Jahrgang 25, 1890. — Schröter, C. O. Heer als Forscher und Lehrer, Denkschrift zur Hundertjahrfeier. Glarus 1910 (Eine vollständige Aufzählung aller Nekrologe über O. Heer, seiner gesamten Publikationen und aller in denselben abgebildeten Spezies findet sich in dem Werke von Malloizel, Godefroy, Oswald Heer, Bibliographie et tables iconographiques; Précédé d'une notice biographique par R. Zeiller. Stockholm 1887.)

[9a]) Schröter, C. Nekrolog über Theodor Fröbel, in der Beilage der „Neuen Zürcher-Zeitung“ vom 10. Oktober 1893.

[10]) Wittmack, L. Eduard August Regel. Gartenflora. Jahrgang 41. Berlin 1892.

[11]) Schröter, C. Nachruf auf E. Ortgies in „Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte“ von Rudio und Schröter, in V. Z. N. G. Band 61, 1916. Wocke, Erich, Nachruf auf E. Ortgies in „Die Gartenwelt“, vom 12. Januar 1917.

[12]) Schröter, C. Christian Brügger von Churwalden. „Der freie Rätier“. November 1899. Ferner: Lorenz, W., Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens 1900. Jg 1899

[13]) Schröter, C. Prof. Jakob Jäggi. „Neue Zürcher Zeitung“ vom 30. Juni und 2. Juli 1894.

[14]) Kölliker, A. Erinnerungen aus meinem Leben. Leipzig 1899. — Ehlers, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Band 84, Seite L—LXXVI. — Lang, A. Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1906 und in V. Z. N. G. Band 50. — Stöhr, Verhandlungen der medizinisch-physiologischen Gesellschaft. Würzburg, Band 38, Seite 277—298.

[15]) Hunziker. Bilder aus der neuern Geschichte der Schweizerischen Volksschule. Zürich 1889. Seite 96 (Kohler).

[16]) Menzel. Forscherleben eines Gehörlosen (Jakob Bremi). Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Zürich auf das Jahr 1858.

[17]) Schinz, Hans. Nekrolog über Hans Siegfried in der Beilage zu den Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1903, und in der „Züricher Post“ vom 14. Juni 1903.

[18]) Schriftliche Mitteilungen über Hanhart v. alt-Lehrer F. Käser.

[19]) Nekrolog über G. Peter in der Z. W. Chr. vom 4. März 1912.

[20]) Schinz, H. Notiz über K. Forster im Jahresbericht des Botanischen Gartens in Zürich 1914/15.

[20a]) Hunziker. Geschichte der Schweizerischen Volksschule. Band 3, Seite 92 (Zollinger).

[21]) Nekrolog über A. Rau in der Z. W. Chr. vom 6. Juni 1908.

[22]) Bucher, Gottfried, Privatlehrer in Mailand, dann Primarlehrer im Kanton Zürich, 1908—1909 Kustos am botanischen Museum der Universität (schriftliche Mitteilung von Schinz, Hans, Prof.).

[23]) Nekrolog über W. Werndli in der Z. W. Chr. vom 3. Februar 1917.

[24]) Nekrolog über Dr. Fries in der Z. W. Chr. vom 3. Oktober 1914.

[25]) Lang, A. Laurentius Oken, der erste Rektor der Zürcher Hochschule. Rektoratsrede vom 29. April 1898. V. Z. N. G. Band 43, 1898.

[26]) Cramer, C. Leben und Wirken von Carl Wilhelm von Nägeli. Zürich 1896. — Schellenberg, H. C. K. W. von Nägeli. Zur 100. Wiederkehr seines Geburtstages. „Neue Zürcher Zeitung“, Nrn. 528, 535 und 538 vom 26. und 27. März 1917. — Schwendener, S., in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 1891, Band IX, Seite (26). — Buchner, H. in der „Münchner Med. Wochenschrift“, 1891, Nrn. 25—26.

[27]) Schröter, C. Nachruf auf Dr. Carl Eduard Cramer. Zürich 1902; auch in „Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft“ vom gleichen Jahr

[28]) Chuard, E. et Wilczek, E. Jean Dufour. Chronique agricole du Canton de Vaud, Mars et Avril 1904, ferner von denselben Autoren in der Beilage zu den Verhandlungen der Schweizer. Naturforsch. Gesellsch. Winterthur 1904.

[29]) Nekrolog über J. Fankhauser im Zentralblatt des Zofingervereins, 33. Jahrg. Seit 395—398, ferner in V. Z. N. G., 39. Jahrg. 1894, Seite 374.

[30]) Kinkelin, F. in den Berichten der Senckenbergschen naturforschenden Gesellschaft für 1890, Seite C—CV (über H. Geyler).

[31]) Istvánffi, Gy. v. Gyula Klein. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. Band 34, 1916. Seite (14)—(28).

[32]) Ernst, A. in der Festschrift zur Eröffnung des neuen Instituts für allgemeine Botanik an der Universität Zürich. Zürich 1914, Seite 15—21 (Arnold Dodel).

[33]) Nekrolog über S. Stadler in der Z. W. Chr. vom 28. April 1917.

[34]) Schinz, H. Notizen über K. Hegetschweiler in dem Bericht über den botanischen Garten in Zürich vom Jahr 1900/01.

[35]) Magnus, P. Georg Winter; in Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1887, Seite L. — Pazschko, G. Dr. Georg Winter. Hedwigia XXVI 1887, Seite 185. — Henriques, J. Dr. George Winter. Bol. Soc. Broteriana Coimbra V 1887, Seite 181—182. — Roumeguère, C. George Winter. Revue mycologique IX, 1887, Seite 185.

[36]) Nekrolog über R. Wolfensberger in Z. W. Chr. vom 3. Dezember 1910.

[37]) Rudio, F. Notizen über H. R. Schinz in Vierteljahrschrift der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft. Band 41, 1896 (Festschrift), Seite 127.

[38]) Schröter, C. Nekrolog über K. Keller-Escher in„ Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte", V. Z. N. G. Band 61, 1916. Seite 738—742.

[39]) Hartwich, K. Prof. Dr. Eduard Schär, in der Beilage zu den Verhandlungen der S. N. G. 1914.

[40]) Schröter, C. Karl Hartwich. Schweizerische Wochenschrift für Chemie und Pharmacie, vom März 1917, Nr. 10/11.

[41]) Schär, E. Apotheker Friedrich Weber. Schweizerische Wochenschrift für Pharmacie und Chemie 1909, Nr. 15.

[42]) Winterstein, E. Prof. Dr. Ernst Schulze, in der Beilage zu den Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1912.

[43]) Schröter, C. Nekrolog über Otto Fröbel in der „Neuen Zürcher Zeitung", Nr. 241, vom 13. August 1906, und in der Beilage zu den Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft St. Gallen 1906. — J. W. in „Bulletin de la Société d'Horticulture" de Genève. September 1906. — Platel, Ch. in „Journal d'Horticulture et de Viticulture suisse". September 1906. — Hesdörffer, Max, in „Die Gartenwelt", September 1906. — Lohner, Max, in Möllers „Deutscher Gärtner-Zeitung", September 1906.

[44]) Schellenberg, H. C. Nekrolog über E. Mertens in der „Neuen Zürcher Zeitung", Nr. 88, vom 29. Mai 1907. Ferner in der Beilage zu den Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1907.

[45]) Zurlinden, S. Oberst Ulrich Meister „Die Schweiz", illustrierte Monatsschrift. Jahrgang 21, Nr. 2, Februar 1917. Nekrolog in der Z. W. Chr. vom 10. Februar 1917, in der „Neuen Zürcher Zeitung", Nr. 206, vom 4. Februar 1917 und Nr. 225, vom 7. Februar 1917, in der „Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen", 68. Jahrgang, Nr. 2, vom Februar 1917, und in zahlreichen Tagesblättern.

Les orientations moléculaires en physique et en cristallographie.

Esquisse sur une hypothèse féconde et ses conséquences

par Albert Perrier.[1]

De même que l'art décoratif dans ses manifestations les plus raffinées utilise comme éléments de composition des figures simples tirées directement des objets qui nous environnent, figures géométriques, fleurs, d'autres encore, objets ou figures auxquels on peut remonter et qui sont plus ou moins reconnaissables suivant le degré de raffinement ou l'imagination de l'artiste qui les a stylisés, de même le plus grand nombre de notions, d'images, d'hypothèses même des sciences exactes sont en dernière analyse tirées de façon plus ou moins inconsciente de ce qui nous environne immédiatement, et ces notions, je me permets de l'affirmer, en découlent directement; ce sont aussi, si je puis m'exprimer de la sorte, de simples stylisations.

Je vais vous en donner un exemple immédiat, un exemple concernant une conception des plus abstraites et des plus générales de la physique, et non seulement d'ailleurs de la physique de la matière pondérable, mais aussi de celle de l'espace vide: voici un morceau de bois, matière compacte et solide dans tous les sens; cependant le bûcheron qui l'a découpé, le praticien qui voudra l'utiliser, savent bien qu'il n'est pas indifférent de le placer dans telle direction que l'on voudra; lorsqu'on fera des poutres, on le

[1] Le lecteur voudra bien ne pas perdre de vue le but dans lequel cet article a été composé. La matière présentée à la Société helvétique n'a été développée dans le texte que sur quelques points de détail. Il ne s'agit ici en aucune façon d'un résumé de résultats sur le sujet choisi, mais plutôt d'une sorte de tableau dont doivent ressortir les idées directrices, ce qu'il y a en elles d'essentiel, ce qui est seulement accessoire. Que je n'aie pas suivi d'ordre chronologique, que je n'aie reproduit aucun calcul ni formule, que les citations bibliographiques soient très incomplètes, ce sont là conséquences naturelles que chacun comprendra.

prendra dans un certain sens, et pas dans un autre . . . Bref, dans ce bloc d'apparence égale partout, même si je le taille en une boule, même si recouvert d'une couche de vernis rien ne décèle extérieurement une face ou une autre, la matière dont il est constitué présente des directions particulières manifestées par des propriétés différentes des autres. Nous sentons bien là, sans nous le formuler exactement, ce que le naturaliste appelle des „directions privilégiées", et cette matière très homogène qui cependant se comporte de manière si variable suivant le sens dans lequel on l'utilise ou l'étudie, est dite *anisotrope.*

Considérons encore de l'extérieur de l'eau parfaitement pure dans un flacon de verre: le liquide pourra être parfaitement en repos ou être en mouvement de rotation sans que, à première vue, rien ne décèle une différence entre les deux états. Cependant, les propriétés prises dans leur ensemble sont profondément différentes: un corps quelconque placé dedans sera soumis à un entraînement, la lumière et la chaleur ne traverseront pas de la même manière dans toutes les directions, le flacon dans son ensemble posé sur une pointe restera debout, ni plus ni moins qu'une toupie.

Le seul mouvement de l'eau entraîne une foule de phénomènes jusque là inexistants et qui sont tous caractérisés par certaines *directions privilégiées,* dirons-nous encore; nous avons ainsi créé un corps, un système *anisotrope.*

Entre le cas du bois avec sa direction des fibres et l'exemple de cette eau en mouvement, la parenté des notions est évidente, on peut même dire qu'il y a identité au point de vue abstrait sous des apparences, avec des phénomènes différents. Ces deux milieux, bois et eau, sont tous deux anisotropes ou comme je dirai aussi *dissymétriques,* par opposition à un bloc de ciment, à une boule pleine de farine ou d'eau en repos parfait; tous ces corps sont semblables à eux-mêmes dans toutes directions et constituent des *milieux isotropes.*

Eh bien, ces notions d'anisotropie et d'isotropie que nous venons de nous assimiler si facilement sur ces corps particuliers, nous n'avons comme l'artiste qu'à les généraliser, à les affiner, à les styliser, pour acquérir une des notions les plus fondamentales de toutes les sciences physiques: tout milieu dans lequel un phénomène de nature quelconque ne se produit pas avec une intensité identique dans toutes les directions est un milieu *anisotrope pour*

ce phénomène; nous ne sommes donc plus attachés à un corps tel que le bois dont l'anisotropie est de par sa constitution fibreuse pour ainsi dire directement visible, plus attachés à un système tel que notre liquide tournant où les effets dirigés sont avant tout mécaniques; non, tout corps dont les propriétés optiques, magnétiques, électriques, élastiques, que sais-je, dépendent des directions est anisotrope optiquement, magnétiquement, etc.

Et toutes ces anisotropies peuvent d'ailleurs parfaitement exister simultanément et notre corps être dissymétrique par toutes ces propriétés à la fois.

Reprenons encore nos deux corps typiques, le morceau de bois et l'eau, mais ayant une intention d'analyse plus serrée, nous mettrons en regard l'une de l'autre leurs deux anisotropies, l'une qui reste semblable à elle-même en toutes circonstances, qui est définitive, qui tient à la structure même et à l'origine de la substance, celle du bois; l'autre qui au contraire n'est en aucune façon une qualité de l'eau par elle-même, mais que celle-ci a *acquise* par une action extérieure particulière, sa mise en mouvement; mieux encore l'anisotropie ainsi acquise est variable, elle peut s'accentuer à volonté. Et nous gagnons par là l'idée d'une classification simple des diverses dissymétries que la nature nous permet d'observer: les *anisotropies naturelles*, par leur essence préexistantes, et peu variables, et les anisotropies dites *accidentelles* provoquées à notre gré sur des corps isotropes par des agents qui dépendent de nous, phénomènes que dans les limites de puissance de ces agents nous avons la faculté de faire varier et qui disparaissent en général avec la cause excitatrice.

La première catégorie, puisque naturelle, s'est révélée aux savants bien avant l'autre, elle comprend cela va de soi les propriétés des milieux cristallins, anisotropes par essence; quant aux anisotropies provoquées ou temporaires, elles ont dû être découvertes à grand'peine, apparurent très isolément, et ce n'est que dans les cinquantes dernières années avec l'étude systématique des actions des champs électrique et magnétique que la liste s'en est réellement enrichie, elle s'enrichit d'ailleurs chaque jour davantage: qu'il me suffise de rappeler qu'elle comprend entre autres phénomènes ceux de l'électrooptique et de la magnétooptique pour appuyer cette assertion. Et on peut bien dire aujourd'hui que l'étude générale des

anisotropies se confond dans une large mesure avec la cristallographie et la physique elles-mêmes.

Et parallèlement à cette multitude de lois et de faits, on a cherché leur explication dans nombre d'hypothèses et de théories sur la structure de la matière: telles doivent rendre compte de la biréfringence, telles autres de l'élasticité, d'autres encore du magnétisme, des dilatations et ainsi de suite. Mais cependant, nous l'avons vu, les notions d'anisotropie sont sensiblement identiques sous leurs aspects variés, et tout spécialiste qui a eu l'occasion de s'occuper de ces phénomènes sait que ses connaissances spéciales n'étaient nécessaires que pour les points de départ et l'interprétation des résultats, que dans les raisonnements qu'il a faits les images qui ont aidé son cerveau ne différaient pas beaucoup de celles d'un morceau de bois ou d'un liquide en mouvement; et il serait dès lors bien surprenant que les images fondamentales invoquées par les théories ne soient pas étroitement apparentées.

De fait aucun domaine des sciences naturelles n'offre à ma connaissance d'illustration plus typique de cette nécessité logique que celui qui nous occupe. Si l'on s'en tient à l'ensemble de la molécule, on peut dire que deux hypothèses fondamentales seulement ont suffi jusqu'ici pour rendre compte des anisotropies de la matière, ce sont:

I. — Les réseaux moléculaires (Bravais).

II. — Les orientations moléculaires.

On connaît généralement l'hypothèse des réseaux. On sait ses succès, on se souvient en particulier des retentissantes confirmations expérimentales qu'elle a vécues depuis cinq ans avec les travaux de Laue, W. L. & W. H. Bragg, de Broglie, Debye et leurs collaborateurs sur la diffraction et les interférences des rayons X; on sait aussi inversement quels remarquables progrès elle a fait faire à la connaissance profonde et aux applications de ces rayons; les réseaux moléculaires appartiennent maintenant aux connaissances les mieux assises sur la structure de la matière solide et je puis me dispenser de m'y arrêter.

Par contre nous allons faire de la seconde l'objet précis de notre causerie; je me propose de vous montrer combien naturellement elle est suggérée par la notion même de l'anisotropie, puis quel a été son rôle dans le développement de la physique moléculaire et les formes diverses qu'elle a revêtues soit en cristallogra-

phie, soit en physique pure; nous verrons combien elle s'est révélée commode et puissante en face des anisotropies naturelles comme des anisotropies provoquées. Nous la verrons envahir successivement les domaines les plus divers et y apporter des lumières nouvelles. En parcourant les phénomènes qu'elle a expliqués, ceux qu'elle a fait prévoir et découvrir, ceux qu'elle fait déjà présumer, nous nous convaincrons de son extrême fécondité. Nous rencontrerons des domaines où sa réalité profonde est hors de doute, d'autres où la légitimité de son application est probable, d'autres enfin où introduite tout récemment, elle n'apparaîtra que comme un instrument provisoire de travail; en ces divers stades elle a sans cesse contribué à mettre au jour des connaissances nouvelles sur les molécules elles-mêmes. A tout cela nous reconnaîtrons les marques d'un instrument de raisonnement scientifique de tout premier ordre qui, en dépit de son âge déjà respectable puisqu'il date dans sa première forme précise de quelque 60 ans déjà, est plus moderne que jamais dans le meilleur sens du terme puisqu'il n'a jamais été si utilisé que depuis dix ans; et qui en outre rend possible l'explication par une même notion de quantité de phénomènes différents. Et cela justifiera, je l'espère, ma tentative d'aujourd'hui: *une esquisse d'ensemble de physique vue sous un angle particulier.*

En quoi consiste donc cette hypothèse?

Notre morceau de bois va nous le suggérer de façon immédiate. Voilà un corps qui se comporte différemment dans une direction ou dans l'autre . . . Grâce à quoi? — A ses fibres évidemment . . . ce qui veut dire que ce corps homogène à premier examen est en réalité constitué par des éléments allongés et sensiblement placés dans une *direction parallèle,* qui est une *direction privilégiée.* Imaginons cependant que nous soyons des géants de taille immense dont les yeux auraient par exemple la dimension de notre terre: les fibres du bois ne continueront-elles pas à jouer le même rôle et le bois en sera-t-il moins anisotrope? Non, mais les géants constateront seulement la dissymétrie et n'en *verront* pas la cause structurelle. Changez d'échelle: les cristallographes constatant sur leurs cristaux des directions ou des faces de propriétés particulières sont dans la situation des géants par rapport au bois, ils sont conduits tout naturellement à reporter ces dissymétries jusqu'aux éléments ultimes

de constitution, les molécules, qui cette fois joueront le rôle de nos fibres ou fragments de fibres. Cette simple conception a été au fond exclusivement celle des cristallographes depuis plus de cent ans; pour eux les molécules orientées sont une notion beaucoup plus géométrique que physique; ils diront par exemple: si toutes les molécules ont la forme de pyramides identiques et arrangées dans un réseau,[1] les éléments correspondants étant tous tournés dans le même sens, les différentes faces du cristal ainsi constitué présenteront des propriétés différentes, de même qu'un bloc formé de grains de blé placés tous parallèlement sera plus rugueux ou même plus dur sur les faces présentant des pointes que sur les autres.

Et nous trouverons d'ailleurs fort naturel que la cristallographie se soit contentée de cette conception géométrique et statique des orientations si nous nous rappelons les buts qu'elle poursuit avant tout, d'abord la connaissance des formes extérieures et des propriétés optiques, choses qui se laissent le mieux du monde *décrire* au moyen de notions géométriques, et d'autre part en ce qui touche la structure matérielle elle était surtout préoccupée de rechercher les figures que forment les réseaux de molécules pour chaque cristal et non pas les propriétés de structure même de la molécule. Or qui dit orientations perceptibles à l'extérieur dit en même temps dissymétrie dans l'édifice moléculaire lui-même et ce sont surtout les physiciens que préoccupent ces problèmes intramoléculaires. D'ailleurs les cristallographes ont envisagé jusqu'ici extrêmement peu les forces qui maintiennent l'édifice des réseaux et par suite aussi fort peu les propriétés des molécules elles-mêmes. Laissons donc là pour quelques instants les idées des cristallographes, auxquelles d'ailleurs nous allons bientôt revenir par un

[1] J'ai utilisé ici et ailleurs pour aider l'exposé oral la projection de diapositifs appropriés; je ne les ai pas reproduits dans ce texte, pensant qu'ils sont superflus à la lecture. — De même, à propos des théories du magnétisme, j'ai projeté deux ensembles de petites boussoles identiques simulant les molécules, l'un avec une répartition quelconque, l'autre avec une répartition en réseau quadratique donnant une réalisation des directions d'aimantation naturelle. Ces deux démonstrations ne sont que des variantes des très suggestives expériences de MM. *C.-E. Guye* et *L. de la Rive* [Archives (4) XXVIII (1909), p. 105] à la description desquelles je renvoie. J'exprime à cette occasion mes meilleurs remerciements à mon collègue et ami, M. Guye, qui a mis à ma disposition avec la plus grande amabilité toutes les boussoles nécessaires.

chemin détourné, et voyons ce qui se passait pendant la même période dans le camp des physiciens.

C'est à dessein et je crois à juste titre que je sépare ces deux développements d'une même théorie, l'un en cristallographie, l'autre en physique. Car d'abord ces deux ordres de recherches bien que s'appliquant à des problèmes apparentés se sont poursuivis *en réalité* de façon indépendante, s'ignorant presque complètement, aussi étrangers que les eaux de deux fleuves provenant du même massif, coulant vers la même mer, mais dans deux bassins différents; et d'autre part, la nature des questions était à peu près séparée par le classement même que nous avons rencontré, l'anisotropie naturelle s'offrant elle seule à la curiosité des cristallographes, les anisotropies temporaires ayant au contraire occupé presque exclusivement les physiciens. Enfin les explications étant bien nettement délimitées des deux côtés, nous pourrons mieux apprécier à sa juste valeur la théorie qui, pour la première fois, a réussi à expliquer par un même mécanisme de façon précise et claire des anisotropies accidentelles et des anisotropies naturelles.

D'emblée, le premier phénomène qui suggéra pour son explication l'hypothèse des orientations aux physiciens est une anisotropie temporaire: le phénomène de l'*aimantation*. Un corps aimanté est en effet au sens que j'ai choisi le siège d'une anisotropie accidentelle que l'on peut provoquer ou détruire à volonté, que l'on peut augmenter ou diminuer.

On sait comment Weber interpréta vers 1850 ce phénomène: par opposition à Poisson qui en 1821 admettait que sous l'influence d'une force magnétique extérieure, chaque molécule *devient* un petit aimant, il supposa au contraire que en tout état d'un corps aimantable ses molécules sont d'avance un aimant permanent, un corps possédant les deux pôles sud et nord. Si cependant toutes les positions sont représentées, nulle part, en aucun point de sa surface le corps n'apparaîtra plus positif que négatif, il sera *neutre*. Vienne une action extérieure, si les molécules jouissent d'une certaine mobilité en dépit de la structure du corps, elles se tourneront peu à peu dans le même sens et peu à peu l'un des côtés deviendra positif, l'autre négatif. Plus l'action directrice deviendra énergique, plus le parallélisme des directions sera complet, et plus le corps

sera aimanté. La force extérieure disparaissant, nos petits aimants reprennent plus ou moins leurs anciennes positions, le corps demeure plus ou moins aimanté.

Nous touchons là du doigt dès le premier examen le contraste avec la conception des cristallographes d'après laquelle on n'envisage que des molécules toutes orientées complètement ou pas du tout; ici rien de cela, les molécules sont mobiles, pas du tout alignées en réseaux, et plus ou moins orientables à volonté; dans les deux cas on postule cependant de toute nécessité une *dissymétrie dans la molécule elle-même.* Nous avons gagné par là une image extrêmement simple pour expliquer les dissymétries variables d'un ensemble; en fait, perfectionnée dans les détails, l'hypothèse de Weber guida avec succès les recherches magnétiques pendant une cinquantaine d'années, mais cependant dans le champ restreint du ferromagnétisme et même ici on dût se contenter d'explications qualitatives.

Un progrès énorme fut réalisé il y a douze ans, marquant une nouvelle étape dans la théorie des orientations temporaires; il permit tout d'abord l'explication quantitative du paramagnétisme, puis rendit possible d'étonnantes généralisations à des phénomènes en apparence singulièrement éloignés: je veux parler de l'introduction de ce que les physiciens appellent l'*agitation thermique.*

On est obligé d'admettre aujourd'hui que les molécules sont douées de mouvements perpétuels extrêmement variés, capricieux, rapides, même violents; dans les gaz et les liquides, ils sont maintenant démontrés directement par le mouvement brownien entre autres; dans la matière solide, si nous sommes obligés d'exclure les mouvements de translation, tout porte au contraire à penser que les molécules ne sont pas moins secouées par des oscillations ou des rotations que dans les gaz. Et tout ce désordre est dominé par une grande loi: *l'énergie de ces mouvements est proportionnelle en première approximation, à la température absolue.* En langage moins abstrait, les molécules d'un corps sont d'autant plus violemment agitées qu'il est plus chaud.

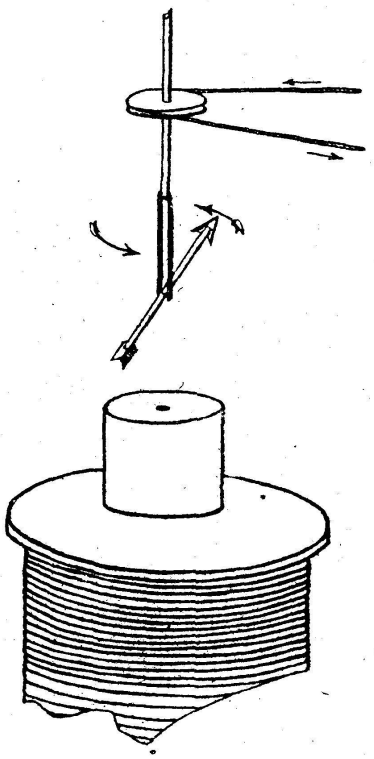
A la suite de M. Langevin attribuons cette propriété[1] supplémentaire à nos petits aimants moléculaires. Nous nous représenterons sans peine l'allure générale des phénomènes: une molécule ne

[1] Langevin: Ann. Chim. et Phys. (8) 5. (1905), p. 70.

se trouvera dans une direction donnée qu'un instant très court, elle passe successivement et sans régularité par toutes les directions possibles et nous pourrons dire que dans l'ensemble cette agitation thermique produit un *brassage* perpétuel des diverses directions, tendant à détruire sans cesse tout ordre établi temporairement même dans un corps solide; un corps aimanté tendra donc toujours de lui-même à se désaimanter; il faudra par conséquent l'action ininterrompue d'une force extérieure pour maintenir une certaine orientation *moyenne* et on pourrait caractériser ce jeu des forces de la nature par une lutte sans trêve entre les puissances de l'ordre — les agents d'orientation qui peuvent être encore autre chose que des champs magnétiques — et la puissance du désordre qu'est l'agitation thermique. Enfin les orientations seront d'autant plus complètes en moyenne que l'agent d'ordre est plus puissant, d'autant moins au contraire que l'agitation est plus violente, c'est-à-dire *que la température est plus élevée.*[1] Et ainsi Langevin trouve une explication remarquablement claire de la loi de Curie exprimant que la susceptibilité paramagnétique est inversement proportionnelle à la température absolue.

Comme mon but n'est pas de vous entretenir particulièrement de magnétisme, je ne fais que noter au passage que cette théorie a suscité et guidé en quelques années un ensemble de travaux

[1] Pour illustrer de la façon la plus directe l'effet de l'agitation thermique, je me suis servi de l'expérience suivante qui se projette très bien devant un nombreux auditoire et qui m'est venue à l'esprit en parcourant les recherches magnétocinétiques de H. du Bois [Acad. Amsterdam 10 (1902) p. 415 et 504]: Une petite flèche d'acier aimantée (figure) peut pivoter en son milieu dans un étrier qui lui permet de prendre toutes les positions entre 0° et 180° dans un plan vertical. L'étrier lui-même forme l'extrémité d'un axe vertical auquel une commande quelconque imprime une vitesse de rotation variable à volonté. La flèche se trouve en même temps dans le champ d'un pôle d'électro-aimant placé au-dessous. Il est manifeste que l'action du champ et celle de la rotation seront antagonistes et que la flèche décrira un cône dont l'ouverture croît avec le nombre de tours et diminue lorsque le champ augmente. La réussite nette de cette expérience nécessite une mise au point assez soignée.



imposant par leur nombre, mais plus encore par leur richesse en résultats soit phénoménologiques, soit sur le monde moléculaire.[1] Nous allons d'ailleurs les retrouver.

Laissons donc provisoirement de côté le magnétisme et jetons les yeux sur un domaine complètement étranger au premier abord: les anisotropies optiques, anisotropies accidentelles bien entendu; on sait depuis longtemps déjà que des corps parfaitement isotropes par eux-mêmes (tel le verre) peuvent temporairement présenter de la biréfringence, se comporter donc comme des corps cristallisés; on peut provoquer ce phénomène simplement par exemple en déformant le verre. Or, il est possible d'observer semblables modifications de la matière par un moyen purement *électrique:* du verre, de nombreux liquides, quelques gaz, interposés entre deux nicols croisés à extinction rétablissent la lumière et produisent des franges d'interférences lorsqu'on fait agir sur eux les pôles d'une machine électrique de haut voltage. Ces corps deviennent donc temporairement biréfringents et la direction de la force électrique, du champ, est la direction privilégiée jouant le rôle d'axe d'un cristal. Telle est la belle découverte de Kerr, découverte vieille d'une trentaine d'années déjà; je vais revenir sur son explication, mais je préfère indiquer immédiatement à la suite le phénomène parallèle produit par les forces magnétiques cette fois. Remplaçons simplement les pôles de la machine électrique par ceux d'un puissant électro-aimant et de nouveau une série de corps isotropes prennent les propriétés optiques d'un cristal à un axe, l'axe étant la direction du champ magnétique; cette action a été découverte beaucoup plus récemment par Majorana sur des solutions colloïdales de sels de fer Ces phénomènes demeurèrent presque isolés aussi longtemps qu'on n'eût pas trouvé une explication qui les reliât commodément, bien qu'on ait proposé des théories intéressantes qui s'adressaient soit à l'intérieur de la molécule exclusivement, soit à des formations rudimentaires de réseaux.

Cotton et Mouton,[2] dans une série remarquable de recherches de plusieurs années, choisirent pour se guider l'hypothèse ici entiè-

[1] Voir en particulier les recherches sur le paramagnétisme de H. du Bois, G. Foëx, K. Honda, H. Kamerlingh Onnes, W. H. Keesom, E. Oosterhuis, M. Owen, A. Perrier, P. Weiss, etc.

[2] Cotton et Mouton: Ann. Chim. et Phys. 11 (1907), p. 145 et 289; idem, 19 et 20 (1910), p. 194.

rement nouvelle des orientations, orientations soit des granules en suspension des colloïdes, soit des molécules elles-mêmes pour les liquides purs. Ainsi pour ces auteurs, le champ électrique comme le champ magnétique produisent le même effet sur les molécules, un changement moyen et faible de direction, l'effet optique est une répercussion secondaire de cette orientation; et l'on ne s'étonne plus qu'il se manifeste de la même façon dans ces deux cas cependant si différents; une théorie complète sur la base de cette hypothèse a été publiée plus tard par Langevin.[1]

Les travaux de Cotton et Mouton ont mis au jour un nombre imposant de faits nouveaux et de lois claires; la découverte de la biréfringence magnétique de nombreux liquides purs et en particulier de ceux de la série aromatique suffirait déjà à les classer et à classer aussi la fécondité de la théorie qu'ils ont adoptée; aucun de ces résultats n'est en désaccord avec elle, nombreux sont ceux qui en sont des appuis très sûrs; je cite seulement ce point qui, fondamental, reviendra incessamment dans nos considérations: celui de l'affaiblissement du phénomène avec l'accroissement de la température que fait prévoir comme pour le magnétisme l'agitation thermique. Et les questions posées par la théorie sont maintenant l'objet d'une quantité de travaux dans les laboratoires de l'Ancien et du Nouveau Monde. D'autre part, il est évident que toutes ces acquisitions de faits ont contribué à enrichir nos connaissances sur la structure des molécules et ce chapitre là plus que d'autres, car si les orientations interviennent dans la biréfringence, la molécule doit de toute nécessité présenter à la fois des dissymétries électriques, magnétiques et optiques; la mesure des phénomènes permettra donc de mesurer ces divers caractères et de s'approcher de leurs causes.

Je crois nécessaire de noter ici combien il a fallu faire preuve d'intuition et d'audace pour appliquer une théorie semblable dans son idée directrice à celle du magnétisme à des substances (composés organiques en particulier) dont les réactions proprement magnétiques sont à peu près imperceptibles et plus encore, puisque diamagnétiques sont, précisément *l'inverse* de celles que présentent le fer et ses composés.

Et cette audacieuse intuition nous aplanit une voie où l'on pouvait hésiter à s'engager, l'explication de l'analogue électrique

[1] Langevin: Radium 7 (1910), p. 249.

exacte de l'aimantation par influence, la polarisation des diélectriques; car en effet, admettre pour la biréfringence électrique un parallélisme de particules électriquement dissymétriques revient au fond à remplacer dans la théorie du magnétisme les pôles magnétiques des molécules par des charges électriques et par suite à provoquer sur la surface du corps l'apparition de charges *électriques;* nous avons du même coup, consciemment ou non, introduit les orientations dans la théorie des diélectriques. Cette idée a été poursuivie par le calcul indépendamment par P. Debye et J. J. Thomson.[1] Cependant cette adaptation de la théorie du magnétisme est plus compliquée que cette dernière car ici la théorie de Poisson modernisée par Lorentz contient certainement une part de vérité: la polarité des molécules dépend de l'action extérieure et ce que l'on obtient est l'effet résultant de celui-ci et des orientations. Il n'est pas encore permis actuellement d'affirmer que cette théorie récente soit applicable dans un grand nombre de cas, mais elle a seule rendu compte jusqu'ici des variations thermiques des constantes diélectriques, a suscité quelques travaux intéressants et va en susciter beaucoup dont le premier but sera de décider de sa légitimité.

Avant d'introduire dans la théorie une nouvelle hypothèse et de nous aventurer dans des considérations plus complexes, donnons un coup d'œil en arrière. L'histoire du développement *physique* que nous venons de parcourir s'étend sur quelque 60 ans, nous nous sommes contentés d'en marquer les étapes principales par quatre groupes de phénomènes qui se présentent avec le caractère commun *d'anisotropie temporaire provoquée soit par le champ magnétique, soit par le champ électrique.* Et les théories invoquées pour leur explication contiennent une hypothèse commune au moins, l'orientation incomplète et variable des molécules. Outre la clarté et l'élégance des explications ainsi obtenues, nous avons pu soupçonner par la diversité même des applications la richesse des résultats, lois ou faits expérimentaux obtenus en se laissant guider par ces théories; les aperçus sur les édifices moléculaires eux aussi sont apparus en quantité. Cependant les étapes n'ont pas été répar-

---

[1] P. Debye: Phys. Zeitschr. 13 (1912), p. 97.
J. J. Thomson: Phil. mag. (6), 27 (1914), p. 757.

ties régulièrement dans le temps. 50 ans durant, l'hypothèse ne s'est guère appliquée qu'au ferromagnétisme: ce n'est guère que depuis une dizaine d'années que toutes les extensions ont été possibles et fécondes, depuis l'introduction de l'agitation thermique, c'est-à-dire la création de théories cinétiques dérivant de la *mécanique statistique.* Cette extension marque par elle-même une date importante de la physique théorique, mais elle fait mieux comprendre aussi par la difficulté mathématique de ces théories pourquoi les cristallographes et les physiciens sont demeurés si séparés dans la mise en valeur d'un domaine qui leur est propriété commune.

Cependant entre ces deux sortes de recherches, entre ces deux bassins fluviaux comme je disais plus haut, un premier et large canal a été creusé il y a une dizaine d'années par lequel leurs eaux peuvent communiquer et se mêler: en 1907, M. P. Weiss publiait sa théorie du *champ moléculaire* et de *l'aimantation spontanée.*[1] Arrêtons-nous à ces notions entièrement nouvelles et inattendues à leur apparition.

Il faut chercher l'origine de cette théorie à la fois si logique et si audacieuse dans une longue série de recherches cristallomagnétiques du même auteur sur la pyrrothine en particulier qui le conduisirent finalement à admettre contre toutes les apparences connues jusqu'alors que les *éléments cristallins suffisamment petits ne peuvent être aimantés qu'à un seul degré, le maximum, la saturation;* toute autre valeur de l'aimantation est impossible même sous une force influençante nulle et cet état a été caractérisé par le terme frappant *d'aimantation spontanée.* Peu de temps après, ces notions curieuses exprimées tout d'abord sous une forme purement géométrique trouvaient leur consécration et leur explication dans la *théorie du champ moléculaire* du même physicien. Celle-ci greffe comme on sait sur la théorie cinétique du paramagnétisme de Langevin les actions des molécules les unes sur les autres qu'elle suppose avoir le même effet qu'un champ magnétique, extrêmement intense d'ailleurs, proportionnel au degré d'aimantation atteint; le résultat est une aimantation énorme, *l'aimantation spontanée* précisément qu'aucune force que nous sachions produire n'est capable d'augmenter notablement, c'est donc la *saturation.*

Mais cela ne veut en aucune façon dire que toutes les molécules soient parallèles, il s'agit bien d'un équilibre *moyen* entre

[1] P. Weiss: Journ. de Phys. (4), VI (1907), p. 661.

l'effort directeur des forces intermoléculaires et l'effet antagoniste de nous maintenant bien connu de l'agitation thermique. Les conséquences les plus immédiates de cette théorie s'en déduisent sans difficultés: sans que les molécules soient modifiées, l'aimantation spontanée doit toujours diminuer par le chauffage et plus encore *doit disparaître à une certaine température:* ce sont des faits que les expériences avaient mis depuis des années en évidence pour tous les corps ferromagnétiques et qui étaient demeurés des énigmes; Curie seul avait soulevé auparavant un coin du voile qui recouvrait leur origine profonde. Par là, l'extension de cette théorie à tous les corps ferromagnétiques et non plus seulement à la pyrrothine où l'application en est évidente apparaissait comme une nécessité.

D'ailleurs immédiatement, cette nouvelle théorie du ferromagnétisme donnait mieux encore la mesure de sa valeur et de sa fécondité en posant une série de questions expérimentales nouvelles et faisant prévoir de nombreux phénomènes pour la plupart insoupçonnés. Et une brillante série de recherches expérimentales en sortirent dont un résumé aurait sa place tout naturellement marquée ici et eût été la plus éloquente démonstration possible de ce que j'avance, si la voix autorisée de celui qui les a dirigées ne les avait exposées à notre assemblée générale d'Altorf;[1] je dois donc me borner à rappeler leurs résultats saillants: les variations des chaleurs spécifiques, leurs discontinuités en particulier, l'analyse de la structure des alliages métalliques où entrent des corps ferromagnétiques et la découverte de nouvelles combinaisons dans ces alliages, les valeurs des saturations absolues (aux températures extrêmement basses), les lois remarquables et étranges sur les susceptibilités dites „initiales", la rationalité des moments magnétiques moléculaires et le magnéton, d'autres encore.

Depuis lors la poursuite quantitative des conséquences de cette théorie m'a donné la première image théorique claire des fonctions thermomagnétiques dans des champs quelconques et inversement il en est sorti une nouvelle série d'observations à lois remarquablement simples dans des régions où tout semblait obscur.[2]

[1] P. Weiss: Archives (4), 34 (1912), p. 98, aussi Verh. Schw. Nat. Ges., 1912, II, p. 59.

[2] Alb. Perrier: Archives (4) XXVIII (1909), p. 5, 119, 237; id. (4), XXXIV (1913), p. 360.

A. Perrier et G. Balachowsky: Arch. (4), XLII (1916), p. 321.

Je souligne seulement que cette moisson d'une dizaine d'années est riche aussi bien en lois phénoménologiques qu'en renseignements sur les constructions moléculaires, que d'autre part elle comprend de nombreux résultats qui sortent du cadre strict du magnétisme (chaleurs spécifiques, alliages).

Cependant gardons nous de perdre de vue au milieu de ces nouvelles recherches dont l'ensemble est si ample et si varié nos buts généraux. Considérons encore une fois cette notion physique qui a joué dans tous ces travaux le rôle prépondérant, qui a été la lumière évitant aux chercheurs les tâtonnements infructueux dans le choix des questions, qui leur a permis enfin l'interprétation claire des résultats, l'aimantation spontanée; mais considérons-la d'un point de vue moins particulier. Un fragment de matière spontanément aimanté, c'est, n'est-ce pas, tout simplement un corps dont toutes les molécules sont tournées de préférence dans une même direction et cette orientation est naturelle, elle subsiste en l'absence de tout agent extérieur; vous avez tous reconnu là *une réalisation concrète et vérifiée de l'hypothèse abstraite de la cristallographie,* et j'étais fondé par conséquent à exprimer que cette aimantation spontanée est le premier trait d'union entre la cristallographie géométrique et les anisotropies des physiciens.

Mais combien cette nouvelle forme de l'hypothèse n'est-elle pas plus précise, plus perfectionnée et plus profonde: la dissymétrie représentée par les pôles magnétiques n'est plus une conception plus ou moins géométrique, elle est connue, elle a pu être mesurée, on sait le moment de ces pôles; en outre on sait dans les grandes lignes comment agissent les forces qui maintiennent ainsi les molécules; on sait ensuite, progrès énorme, que cette orientation n'est qu'une manifestation moyenne, chaque molécule étant en mouvement, on a enfin quelques données sur les lois de ce mouvement et comme suite de ces connaissances en partie certaines, on sait par quels agents extérieurs l'anisotropie ainsi résultante peut être modifiée, on peut prévoir dans quel sens et de combien . . .

Malheureusement il apparaît que nous sommes de suite limités dans l'étendue d'application de cette théorie et cela par la nature des choses: préciser des hypothèses permet souvent, nous l'avons vu ici, de tirer de l'expérience des résultats plus riches et de les

tirer plus directement, mais en tout état de cause cela limite d'autant le domaine d'applications: de fait l'aimantation spontanée, caractéristique du ferromagnétisme, n'a de signification que pour le très petit nombre de cristaux, fer, nickel, cobalt et autres qui possèdent cette propriété.

Mais si grands ont été les progrès acquis en peu de temps, si séduisante est cette théorie, et d'autre part si générale et indispensable est la notion cristallographique de l'orientation que l'idée d'une vaste extension va s'imposer à notre esprit et que nous ne pourrons y renoncer qu'à grand'peine; d'autres phénomènes d'anisotropie naturelle, d'anisotropie cristalline peuvent-ils s'expliquer également par des orientations spontanées d'un mécanisme semblable à celui rencontré dans le magnétisme? Et plus généralement encore tous les cas d'orientation invoqués par les cristallographes pourront-ils peut-être se ramener à une théorie unique coïncidant quant à sa forme avec celle du magnétisme, c'est-à-dire où interviendraient de la même façon l'agitation thermique et son corollaire une orientation moyenne stable, mais où seraient différentes la nature de la dissymétrie moléculaire et celle des forces mutuelles directrices des molécules? Notons que si la réponse devait être positive elle constituerait en particulier un progrès énorme dans le sens de l'unification des théories des anisotropies temporaires et des anisotropies des cristaux.

Je vais essayer de donner quelques réponses nouvelles à ces questions brûlantes, quelques réponses partielles et non pas *la* réponse, car nous entrons ici dans des domaines de recherches des plus récents, dans des régions où l'on utilise comme on dit des „hypothèses de travail“ sans se rendre compte encore dans quelle mesure elles supporteront l'épreuve de l'expérience, dans des régions où les quelques chercheurs qui les explorent sont loin d'être d'accord sur la valeur des outils théoriques qu'ils utilisent respectivement.

Considérons dès l'abord un phénomène singulièrement éloigné en apparence de ceux qui nous intéressaient jusqu'ici: le courant électrique à travers un conducteur métallique; son interprétation moderne dans la théorie des électrons a revêtu deux formes différentes.

L'une presque uniquement admise sur le continent (Drude, Lorentz, Riecke) et calquée sur la théorie cinétique des gaz nous intéresse au point de vue où nous nous plaçons beaucoup moins que l'autre, celle de M. J.J. Thomson, dont voici l'idée générale: le courant électrique est un perpétuel passage d'électrons négatifs des molécules à leurs voisines; cependant celles-ci à la manière de petits canons ne projettent leurs électrons que dans des directions particulières et par suite il ne peut y avoir *courant* dans un sens déterminé que lorsque les molécules sont orientées de préférence dans ce sens et le courant est d'autant plus intense que cette orientation est plus complète. Pour comprendre la loi d'Ohm, il suffit d'admettre que les molécules ont chacune deux pôles électriques positif et négatif et que par conséquent un champ électrique (provenant de la différence de potentiel) tend à faire tourner, à braquer ces petits canons; d'autre part l'agitation thermique produit un dérangement continuel des directions et nous trouvons ainsi de la façon la plus immédiate l'augmentation bien connue de la résistance métallique avec la température; dans un tout autre ordre d'idées, c'est au fond un raisonnement analogue à celui de Langevin pour le magnétisme.

Cependant, sans nous arrêter à des objections possibles, poursuivons des considérations analogues à celles déjà vues plus haut, imaginons des actions mutuelles des molécules suffisantes pour qu'au-dessous d'une certaine température elles s'orientent *d'elles-mêmes* énormément... nous serons tentés de reculer devant la conclusion stupéfiante qui en découle, celle-ci: *un fil pourrait être le siège d'un courant électrique sans cause pour l'entretenir, sans dépense continue d'énergie,* sa résistance serait *nulle!* Or, cet étonnant résultat, il a déjà été observé bien avant qu'on le prévoie: la retentissante découverte des supraconducteurs par M. Kamerlingh Onnes est dans toutes les mémoires des physiciens, on sait maintenant que certains métaux rigoureusement purs le mercure par exemple n'opposent plus de résistance perceptible au passage du courant lorsqu'ils sont refroidis à quelques degrés du zéro absolu. Et de fait M. J.J. Thomson[1] lui-même a publié il y a peu de temps une étude quantitative de la conduction sur ces bases.

Bien entendu il n'est absolument pas démontré que les choses se passent ainsi, mais précisément cette incertitude peut souligner

[1] J. J. Thomson: Phil. mag. (VI), 30 (1915), p. 192.

la fécondité et la commodité de ces interprétations qui font apparaître presque tout naturels des faits encore incompréhensibles dans toute autre théorie actuellement connue. Et nous rencontrons en outre ici un bel exemple d'une explication commune à des phénomènes d'anisotropie, l'une temporaire et variable, l'autre stable, car, et il n'est peut-être point inutile de le remarquer, un conducteur parcouru par un courant a une direction privilégiée et est un système anisotrope au sens où nous l'avons entendu jusqu'ici.

De cette fantastique conductibilité de la matière transportons nous d'un seul bond à ces propriétés électriques qui sont à l'autre extrême, aux phénomènes des parfaits isolants. J'ai esquissé tout à l'heure le fondement de la théorie de la polarisation des diélectriques basée sur l'orientation de molécules possédant des pôles électriques; faisons intervenir de même que dans les supraconducteurs des actions réciproques... nous nous trouvons en face d'une conséquence possible analogue à l'aimantation spontanée mais électrique cette fois, nous sommes amenés à concevoir des éléments de matière présentant tous leurs pôles de même signe du même côté, des éléments *électrisés à saturation* en l'absence d'agents extérieurs (sans être soumis à aucune influence électrique). Toutefois cet état de polarisation naturelle et permanente n'apparaîtra pas du tout comme pourraient le faire croire les observations faciles et immédiates sur l'aimantation rémanente, car en effet tout corps si fortement électrisé et bien isolé soit-il se neutralise en tout état de cause par l'apport lent des charges de l'air. Seule une modification quelque peu rapide dans cette électrisation cachée pourra faire apparaître des pôles sur le corps et seuls les phénomènes rares et d'une observation difficile de la pyro-électricité et de la piézo-électricité peuvent correspondre à ces prévisions; on se rappelle en quoi ils consistent: certains cristaux, chauffés ou refroidis, comprimés ou dilatés, d'une façon générale déformés, réagissent par l'apparition de charges électriques positive et négative, lesquelles sont d'autant plus fortes que les déformations élastiques ou les variations de température sont accentuées.[1]

[1] J'ai décrit sommairement ces phénomènes en m'aidant d'une expérience de piézo-électricité qui peut faciliter considérablement l'exposé à un grand auditoire non préparé, si on la monte avec suffisamment de soin dans la forme suivante: Un bloc de quartz poli est serré dans une petite presse à vis; on projette *côte à côte* (sur un même écran) l'image de la presse entière placée

La possibilité d'interpréter ces phénomènes par une électrisation spontanée ainsi que je viens de le dire paraîtra assez séduisante; en effet une déformation c'est-à-dire une variation des distances moléculaires causera sans doute des variations des forces mutuelles et d'autre part un changement de la température, c'est-à-dire une modification de l'agitation thermique, signifie toujours une perturbation des directions moyennes; dans les deux cas la conséquence est une variation de l'électrisation spontanée et la manifestation extérieure l'apparition de charges piézo ou pyro-électriques.

J'ai cherché en développant cette théorie quelles sont ses conséquences que l'expérience peut atteindre et ces travaux entrepris très récemment m'ont déjà donné des résultats pleins de promesses tant en faits jusqu'ici inconnus qu'en explications de lois empiriques dont l'origine restait obscure; je cite: on doit attendre une variation thermique et en particulier une température à laquelle la piézo et la pyro-électricité disparaissent complètement, et (phénomène jusqu'ici entièrement insoupçonné) cette température a été effectivement observée pour le quartz déjà (vers 580°); elle s'est révélée identique avec celle de la transformation du quartz α en quartz β découverte par H. Le Chatelier, au moyen des dilatations. En outre par cette théorie appuyée de la découverte de la disparition de la piézo-électricité, la nature de cette transformation $\alpha\ \beta$ semble se dévoiler comme l'analogue électrique du passage du fer α au fer β par le point de Curie. Ensuite une telle transformation ainsi interprétée doit être accompagnée d'une diminution considérable de l'énergie interne de la matière, soit par des *anomalies des chaleurs spécifiques*... Quelques mesures encore sommaires ont vérifié avec certitude cette prévision sur le quartz toujours... Et même les propriétés optiques les plus caractéristiques de l'état cristallin, la biréfringence et la polarisation rotatoire, semblent se montrer en relation très nette avec notre structure hypothétique; par suite celle-ci projette je crois un jour nouveau sur la question extrêmement complexe des variations thermiques de ces phénomènes optiques.[1]

---

entre deux nicols et celle d'un petit électromètre à feuille suffisamment sensible relié à une armature du quartz. Il est manifeste que toute déformation s'observera sur l'écran à la fois par les effets d'interférence et par la réaction électrique; tout est ainsi directement et simultanément visible, la cause excitatrice et les réactions anisotropes de la matière.

[1] Alb. Perrier: Société suisse de physique, Berne, 1916; Archives (4), XLI (1916), p. 493.

Chercherons-nous encore de nouvelles extensions? Toutes celles que nous avons tentées concernaient ou des anisotropies naturelles de cristaux ou celles de matière solide ou liquide naturellement isotrope, mais pouvant apparaître sous l'action temporaire de champs magnétiques ou électriques; deux états particuliers de la matière n'appartenant en somme ni à l'une ni à l'autre de ces classes nous permettront peut-être semblables extensions, l'un les *cristaux liquides,* l'autre les *couches capillaires.* Ici nous entrons de plus en plus dans le domaine des hypothèses possibles seulement.

Les cristaux liquides de Lehmann, ces systèmes microscopiques, liquides par leur consistance, très fortement dissymétriques par leurs propriétés optiques et même magnétiques, ont donné lieu à nombre de théories et les orientations sans plus de précision ont naturellement aussi été invoquées. Je pense qu'ici mieux qu'ailleurs il y a lieu de faire appel à des orientations spontanées très accentuées par suite de l'absence probable de réseau proprement dit. Il y a là sans doute un champ de travail intéressant et quelques résultats remarquables de Mauguin semblent bien appuyer cette espérance.

Qu'avons-nous enfin à espérer de la considération de cette région extrêmement mince du liquide qui avoisine sa surface libre, celle que l'on appelle la couche capillaire? — Beaucoup je crois, tellement que son étude à la lumière d'idées récentes est appelée sans doute à rajeunir toute la théorie des fluides. Preuves en soient les recherches récentes de Lenard[1] sur ce phénomène en apparence très lointain du dégagement de l'électricité par la pulvérisation de liquides („Wasserfallelektrizität"). Pour leur auteur, la surface libre est une double couche d'électricités positive et négative et on pourra expliquer cette polarité par une position perpendiculaire de toutes les molécules voisines de la surface qui présenteront leurs pôles électriques de même nom à l'extérieur à la façon des piquants sur la peau d'un hérisson. Et d'où cette orientation? — Des forces des molécules les unes sur les autres, dont l'existence est bien établie et qui sont évidemment normales à la surface libre dans son voisinage. Et par là, remarquons-le, nous voilà ramenés sans que nous nous y soyons attendus en plein dans la théorie de *phénomènes isotropes* au premier chef, la compressibilité des fluides; car les forces que je viens de rappeler ne sont autres que celles auxquelles

[1] P. Lenard: Ann. der Phys. (4), 47 (1915), p. 463.

Van der Waals a fait appel dans sa synthèse à jamais célèbre de l'ensemble des phénomènes de variabilité du volume des gaz et des liquides qui l'a conduit à l'explication de la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux. Par là nous sommes amenés à envisager ces forces comme électriques et on est déjà en voie de tirer de cette conception nombre de vues nouvelles sur la cohésion et les molécules; en particulier le physicien hollandais W. H. Keesom[1] a déjà montré la fécondité de cette voie indépendamment de Lénard et dans une toute autre direction en perfectionnant l'équation d'état des fluides à l'aide de forces moléculaires électriques...

Que nous voilà loin, n'est-il pas vrai, des premières hypothèses de Weber! nous voilà engagés profondément dans des problèmes qui touchent au fond à la question de la structure cristalline, c'est à dire en fait de toute la matière solide, mais aussi aux liquides et aux gaz ainsi qu'aux états aberrants cristaux liquides et couches capillaires, mais encore d'une façon générale à la constitution des molécules et des atomes; nous voilà engagés dans des problèmes pour la solution desquels tous les domaines de la physique sont mis à contribution, thermique, électricité, magnétisme, optique, magnéto- et électro-optique.

Irons-nous plus loin encore? Pourrons-nous avec le même sauf-conduit franchir d'autres seuils? Je le pense, mais nul ne saurait l'affirmer; n'oublions pas que les faits que je viens de rappeler ne rentrent pas tous nécessairement dans le cadre que nous avons essayé de leur adapter. Je m'étais proposé de vous conduire aussi loin que possible actuellement, mais à mesure que nous nous sommes éloignés des premiers phénomènes du ferromagnétisme pour lesquels l'hypothèse a été créée, l'adaptation devient plus arbitraire et souvent plus malaisée; n'oublions pas, pour nous garder de toute témérité, l'histoire des théories de Fresnel pour les phénomènes lumineux qui, malgré leur admirable harmonie et leur insurpassable clarté, ont dû finalement renoncer à s'adapter à la suite incessante des découvertes de l'expérience.

Je pose malgré tout deux questions qui voudraient être des jalons. — Verrons-nous peut-être le problème des forces qui causent l'affinité chimique attaqué et peut être élucidé en provoquant ou

---

[1] W. H. Keesom: Communications Leiden: Supplem. to vol. XII, nos 24*b*, 25, 26 (1912).

utilisant des orientations d'ions ou d'atomes? — Pénétrerons-nous quelque jour en nous aidant des positions particulières des molécules, naturelles ou forcées, le mystère à peu près complètement insondé des forces de cohésion de la matière solide, de celles qui maintiennent l'édifice des formes cristallines? Et serons-nous même appelés à construire une théorie magnétique ou électrique de l'élasticité? Rien n'interdit de le penser, une tentative dans ce sens a été faite par Schrödinger,[1] ce que nous avons vu sur la capillarité peut le suggérer, une note récente de Debye et Scherer[2] est suggestive à cet égard, des essais faits dans mon laboratoire pourront, j'espère, donner d'utiles renseignements à bref délai. Et ce ne sont pas là les seuls chemins ouverts. — Ne nous y engageons pas. Après ce furtif regard dans un avenir incertain, donnons plutôt un rapide coup d'œil en arrière, essayant de mesurer le chemin parcouru.

Le point de départ dans son acception la plus générale est une hypothèse de prime abord purement géométrique: nous admettons l'existence d'objets pouvant tourner, en sorte que si leurs positions respectives sont plus ou moins parallèles à une direction donnée, l'ensemble de ces objets manifeste des propriétés particulières dans cette direction; mais pour obtenir ce résultat, il est indispensable d'admettre en plus que chacun des objets, coïncidant généralement avec ce qu'on appelle les molécules, possède une dissymétrie dans sa structure même. En précisant la nature physique de cette dissymétrie, on sort de la géométrie et on fixe par quel genre de phénomène l'ensemble, le corps, manifestera une anisotropie. D'où la possibilité de l'application de la même base générale aux domaines les plus divers.

Avec ce point de départ identique, on doit retrouver à travers la variété des phénomènes des lois de variations parentes. C'est le cas très particulièrement pour l'effet des variations de température que la théorie explique pour tous les cas en greffant sur l'hypothèse de l'orientabilité celle de l'agitation thermique régie par les lois de la mécanique statistique, ou celles plus récentes de la *théorie des quanta.* Cela constitue un second stade.

En faisant intervenir en troisième lieu dans la théorie précédente des forces intermoléculaires, on est conduit à la conception de *polarisations spontanées* qui s'est révélée extraordinairement féconde

[1] Schrödinger: Wiener Berichte IIa, 121 (1912), p. 1937.
[2] Debye et Scherer: Phys. Zeitsch. 18 (1917), p. 290.

déjà dans le magnétisme, qui a conduit tout récemment à des succès nets mais isolés encore en électricité et en optique et qui, peut-être, est destinée à pénétrer toute la cristallographie. En observant que ces théories constituent une première interprétation des anisotropies accidentelles et des anisotropies naturelles par les mêmes mécanismes, qu'en particulier elles contribuent à faire rentrer dans la théorie électromagnétique, l'optique cristalline, nous mesurerons le très grand intérêt que doit leur reconnaître la philosophie naturelle.

Et nous avons pu voir que le nombre des phénomènes est très considérable dont nous obtenons ainsi une explication souvent très claire, que ces phénomènes se rencontrent sur un front très large déjà et qui s'élargit chaque jour, ainsi que nous l'avons pressenti à propos des cristaux liquides, des supraconducteurs, des couches capillaires, d'autres encore.

Mais d'un tout autre côté, les vues sur la constitution de la matière et de ses éléments les plus petits, cet aspect de la physique qui répond le plus complètement à la curiosité de l'esprit humain a été, lui aussi, richement doté par notre instrument théorique : je me contente d'énumérer ce que l'on a obtenu déjà en précieuses données ou obtiendra sans aucun doute dans un délai pas trop grand : les moments magnétiques moléculaires, puis leur conséquence le magnéton, les liaisons des atomes entre eux, leurs oscillations ou leurs rotations, leurs moments d'inertie, leurs charges électriques, les forces de molécule à molécule.

Et nous n'avons pas même effleuré le terrain des applications techniques. Ce n'est pas faute de matière !

Et nous n'avons pas discuté non plus, car la chose est trop évidente, de l'enrichissement réciproque que les physiciens et les cristallographes retireront d'un contact plus étroit qu'il ne l'a été jusqu'ici ; ils sont sans doute destinés à se rapprocher autant que les chimistes et les physiciens sur le terrain de la physico-chimie.

Enfin, il serait du plus haut intérêt de considérer en terminant l'ensemble parcouru de plus loin et de plus haut, cherchant à nous abstraire des faits particuliers aussi bien que des images et théories précisées, mais limitées dans leur domaine. Les uns et les autres forment un ensemble si vaste, le définitivement acquis est si riche que l'on peut à bon droit se demander si les chercheurs n'ont pas été guidés plus ou moins consciemment par quelque

loi plus générale et plus profonde, par quelqu'une de ces lois que notre intelligence ne réussit pas d'abord à voir sous la diversité déconcertante de la nature, que l'on commence à pressentir petit à petit et à qui enfin quelque cerveau de génie donne la forme claire et définitive qui les place au rang de ces colonnes de base que la science désigne du nom de *principes*.

Or, je pense que ce principe soupçonné a été formulé et depuis de longues années déjà: qu'on lise la première partie des œuvres de Pierre Curie,[1] ces merveilleuses considérations sur les symétries que les découvertes retentissantes sur la radio-activité ont presque fait oublier par les physiciens; on y trouvera une simple phrase, résumé ultime de tant d'autres belles lois: *c'est la dissymétrie qui produit le phénomène,* phrase exprimant qu'un phénomène possède au moins tous les éléments de symétrie de ses causes et au plus toutes leurs dissymétries, et qui est en dernière analyse une expression du principe de causalité.

Nul ne saurait embrasser à première vue ce que contiennent ces quelques mots, mais ayant à faire ici à un principe fondamental de la philosophie naturelle, rien ne doit plus nous étonner dans l'inépuisable fécondité de recherches qui poursuivent des dissymétries ou s'appuyent sur des dissymétries sous toutes leurs formes. A quoi tendent en effet tous les efforts dont j'ai cherché à vous donner une esquisse? A donner à la matière des directions privilégiées, à dévoiler celles qui, préexistantes, se dissimulent, à faire jouer en un mot, les dissymétries de la nature.

C'est la dissymétrie qui produit le phénomène, dit Pierre Curie, et sa parole domine de haut toutes nos théories moléculaires sur les phénomènes dirigés, de même que le second principe de la thermodynamique, de la dégradation de l'énergie domine entr'autres toutes les théories moléculaires sur les propriétés isotropes de la matière gazeuse, liquide ou solide. Et à la lumière de ce principe, peut-être tous nos efforts théoriques et expérimentaux vous apparaîtront-ils comme des confirmations scientifiques de cette règle de la vie pratique que le désordre cache ce que l'on cherche et que plus il y a d'ordre plus on trouve facilement; tous nos efforts, dirai-je, tendent à mettre de l'ordre dans la matière afin d'y déceler les merveilleuses harmonies que la nature semble parfois avec un soin jaloux vouloir dissimuler.

Lausanne, Université, septembre 1917.

---

[1] Pierre Curie: Oeuvres publiées par la Société française de physique, Paris 1908.

Über die Entwicklung und Vererbung bei Bastarden

von F. Baltzer.

Wenn wir eine Befruchtung vornehmen, so fügen wir drei Bestandteile zusammen: ein Ei, das aus einem Kern und einer bestimmten Menge Plasma besteht, und ein Spermium, das wie das Ei einen Kern, aber nur eine sehr geringe Plasmamenge besitzt. Die Kombination ist also in ihrer Herkunft ungleichmässig: die Kerne der beiden Eltern sind in weitestem Masse homolog, bis in die feinsten morphologischen und physiologischen Einzelheiten hinein; das Plasma aber ist in quantitativer und fast sicher auch in qualitativer Hinsicht vorwiegend mütterlich. Diese Ungleichheit spielt bei der Bastardierung eine wichtige Rolle.

Wir werden im folgenden die Bastardentwicklung von der Befruchtung an durch die Ontogenese bis zur Bildung des erwachsenen Tieres und der Nachkommen verfolgen und dabei vorwiegend Fälle mit cytologischen und entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen heranziehen, wie sie bei Bastardierung verschiedener Spezies gemacht wurden.[1]

Rassenbastarde sind in dieser Hinsicht weniger günstig. Sie zeigen der näheren Verwandtschaft der Eltern entsprechend meist normale morphologische Verhältnisse.

Einige allgemeine Bemerkungen über den Bau des Zellkerns und den Vorgang der Karyokinese seien vorausgeschickt. Bekanntlich enthält der Kern in der Phase der Kernruhe ein Chromatingerüst. Aus diesem gehen, wenn sich der Kern zur Teilung anschickt, kompakte Chromatinkörper, die Chromosomen, hervor. Sie ordnen sich im Aequator der karyokinetischen Zellteilungsspindel an; jedes Chromosom spaltet sich der Länge nach in zwei identische Tochterchromosomen, die auf die beiden Pole der Spindel und

[1] Illustrationen und eingehendere Nachweise der umfangreichen Literatur konnten wegen der Kosten und des beschränkten Raumes nicht gegeben werden.

weiter auf die beiden entstehenden Tochterzellen verteilt werden. Diese erhalten auf diesem Wege gleich viele Chromosomen wie die Mutterzelle besass. Aus den Tochterchromosomen baut sich wieder das Gerüst des Kerns jeder Tochterzelle auf. Es gilt der Satz, dass ebensoviele Chromosomen, wie in ein Kerngerüst eingegangen sind, bei der nächsten Karyokinese wieder aus ihm heraustreten.

Die Chromosomenzahl ist konstant. Die Chromosomen bleiben auch während der Kernruhe, während sie im Kerngerüst aufgegangen sind, in ihrer Individualität erhalten. Eine nähere Charakterisierung der Art dieser Individualität und der Art, wie sie sich von Kerngeneration zu Kerngeneration erhält, ist allerdings nicht möglich.

Ein Vergleich der Chromosomen eines Kernes unter sich zeigt morphologische Verschiedenheiten. Die Chromosomen sind morphologisch verschiedenwertig. Umfangreiche Versuche von Boveri haben aber ausserdem — und dies ist besonders wichtig — gezeigt, dass die Chromosomen eines Kerns untereinander auch physiologisch und zwar vererbungsphysiologisch verschiedenwertig sind. Man muss nach diesen Versuchen annehmen, dass in den Chromosomen verschiedene Erbanlagen oder Anlagegruppen lokalisiert sind, die die Entwicklung und die Organisation des Tieres bestimmen. Die Chromosomen eines Kerns sind also verschiedenwertig dadurch, dass sie verschiedene solche Anlagen enthalten. Der Kern ist nach dieser Anschauung als ein Aggregat von Vererbungsanlagen zu betrachten.

Die Frage der Lokalisation der Vererbungssubstanz ist jedoch nicht in jeder Hinsicht geklärt. Die meisten Biologen betrachten den Kern als Sitz von Vererbungssubstanzen in spezifischem Sinn, d. h. als den Sitz solcher Substanzen, deren Anwesenheit und Wirkung die Ausbildung bestimmter Charaktere am sich entwickelnden Organismus in erster Linie bedingt. Über die Rolle des Plasmas aber gehen die Meinungen auseinander. Sie ist nach manchen Autoren eine selbständige, nach anderer vielfach vertretener Meinung aber eine sekundäre, dem Kern untergeordnet.

Man ist von seiten der Mendelschen Vererbungsforschung zu einer Anschauung über die Vererbungssubstanz gekommen, die der durch cytologisch-experimentelle Untersuchungen gewonnenen nahe kommt. Die Vererbung geschieht auch nach dieser Auffassung

durch eine Reihe von selbständigen Erbfaktoren; dem Mosaik der am Organismus zur Ausbildung gelangenden Charaktere würde ein Mosaik von Erbfaktoren, von Erbanlagen in der Vererbungssubstanz entsprechen. Man hat diese Erbfaktoren in den Chromosomen zu okalisieren versucht.

A. Über das Verhalten der Bastardkeime während der ersten Embryonalentwicklung (Furchung).

Die Beobachtungen, die hierher gehören, wurden vorzugsweise an Seeigelbastarden gemacht. Wir können in Anlehnung an die Terminologie von O. Hertwig auf Grund dieser Untersuchungen folgende Fälle auseinanderhalten.

1: Fall der harmonischen Entwicklung. Als Beispiel diene die Kreuzung *Sphaerechinus* ♀ × *Paracentrotus* ♂. Aus dem Eikern und aus dem Spermakern gehen wie bei normaler Befruchtung Chromosomen in typischer Zahl und Ausbildung hervor und werden auf karyokinetischem Weg auf die Tochterzellen und weiter auf alle Zellen des Keimes verteilt. Die Entwicklung vollzieht sich ohne Störungen.

2: Fälle disharmonischer Entwicklung. Beispiel 1 (nach Beobachtungen Kupelwiesers). Seeigeleier können durch Sperma von Mollusken oder Würmern zur Entwicklung angeregt werden. Die Chromosomen des Eikerns verhalten sich normal und gehen in alle Zellen des Keims über. Der Spermakern bleibt kompakt, bildet keine Chromosomen und degeneriert. Die Zellen des Keimes enthalten nur mütterliches Chromatin.

Beispiel 2 (nach Beobachtungen Baltzers). Werden Eier von *Paracentrotus lividus* mit *Sphaerechinus*sperma befruchtet, so beginnt die Entwicklung normal. Es entwickelt sich eine typische Furchungsspindel mit den Chromosomen des Eikerns (18) und des Spermakerns (20). Während der ersten Furchungsteilungen aber werden von den 20 väterlichen Chromosomen 16 aus der normalen Entwicklung eliminiert. Nur 4 machen zusammen mit den 18 mütterlichen Chromosomen die karyokinetischen Prozesse normal durch und gelangen in alle Zellen des Keimes.

Die väterliche Herkunft der 16 eliminierten Chromosomen wird u. a. durch die Entwicklung kernloser *Paracentrotus*-Eifragmente, die mit *Sphaerechinus*samen befruchtet wurden, bewiesen (Baltzer,

Boveri). In diesem Fall, wo der Keim kein mütterliches, sondern nur väterliches Chromatin enthält, sind 4 normale Chromosomen nachzuweisen. Die übrigen (16) werden eliminiert. Gleich oder ähnlich verhalten sich alle Kreuzungen anderer Seeigelarten mit *Sphaerechinus* ♂ (Baltzer, M. v. Ubisch).

Aus den Eifragmentversuchen u. a. kann der Schluss gezogen werden, dass die Ursache für das anormale Verhalten der väterlichen Chromosomen darin liegt, dass diese zur Evolution in artfremdem Plasma gezwungen sind.

Zugleich sind die Versuche ein Beweis für die physiologische Verschiedenwertigkeit der Chromosomen.

Beispiel 3. (Donaster und Gray). Bei manchen Bastard-Kombinationen zwischen den Seeigelspezies *Echinus esculentus, E. acutus* und *E. miliaris* werden während der ersten Furchungsteilungen einige wenige Chromosomen oder Teile von Chromosomen eliminiert. Im übrigen verläuft die Entwicklung normal.

Beispiel 4. Bei der Seeigelkombination *Paracentrotus* ♀ × *Arbacia* ♂ (Baltzer) und ebenso bei Kreuzungen zwischen Seeigelspezies ♀ und Haarsternen ♂ (*Antedon* ♂; nach Godlewski) oder Schlangensternen ♂ (*Ophiotrix* ♂; nach M. v. Ubisch) verläuft die Entwicklung zuerst regelmässig. Alles, auch das väterliche Chromatin, nimmt in typischer Weise an den Karyokinesen der Furchung teil und gelangt in alle Zellen des ersten Embryonalstadiums nach der Furchung, in alle Zellen der Blastula.

Die weitere Entwicklung aber verläuft krankhaft; wir werden darauf unten näher eingehen. Diese Kombinationen müssen zu den disharmonischen Fällen gezählt werden.

Zusammenfassend lässt sich also sagen: es kommen bei Artbastarden neben Fällen mit harmonischer Entwicklung solche mit disharmonischer Entwicklung vor. In mehreren Fällen ist nachgewiesen, dass die Ursache in dem Gegensatz, in der Fremdheit liegt, die zwischen dem väterlichen Chromatin und dem Ei besteht.

B. Weitere Entwicklung der Bastardkeime.

1. Die normale harmonische Entwicklung verläuft gleich wie bei den elterlichen Spezies. Bei der oben genannten Kreuzung *Sphaerechinus* ♀ × *Paracentrotus* ♂ entsteht eine typische Blastula. Diese gastruliert und entwickelt sich zu einer Pluteuslarve,

deren Kalkskelett in seinen Charakteren eine intermediäre Stellung zwischen den elterlichen Spezies einnimmt. Ähnlich normal verläuft die Entwicklung bei manchen Fischbastarden, Schmetterlingsbastarden u. a.

2. *Disharmonische Entwicklung.* Als Beispiel sei lediglich die Kombination der Seeigel *Paracentrotus* ♀ × *Arbacia* ♂ angeführt (Baltzer). Die Furchungskaryokinesen laufen, wie oben erwähnt, normal ab. Die junge Blastula ist gesund; sie enthält in ihren Zellkernen das gesamte Kernmaterial beider Eltern. Im Blastulastadium beginnt jedoch eine charakteristische Erkrankung. Die Blastulæ werden undurchsichtig, rollen am Boden; die Mehrzahl bleibt auf dem Blastulastadium stehen und stirbt ab. Einzelne Individuen überstehen die Erkrankung und entwickeln sich zu Pluteis. Aus der Grösse der Kerne in den Pluteis lässt sich schliessen, dass eine Elimination eines Teiles des Chromatins stattgefunden hat. Es handelt sich wahrscheinlich um die Entfernung väterlichen Kernmaterials. Dies wird durch die weitere Entwicklung zu Larven mit mütterlichen Skelettmerkmalen in Analogie zu andern Seeigelbastarden wahrscheinlich gemacht, wo sicher das väterliche Chromatin entfernt wird und eine mütterliche Larve entsteht. Ähnliche Fälle sind: Echiniden ♀ × *Antedon* ♂ und Echiniden ♂ × *Ophiotrix* ♂. In diesen Fällen fehlt jedoch die Entfernung von Chromatin. Die charakteristische Erkrankung im Blastulastadium aber besteht in gleicher Weise. Sie ist als charakteristisches Zeichen disharmonischer Entwicklung zu betrachten.

Bei der Erklärung dieser disharmonischen Entwicklung im Blastulastadium müssen wir davon ausgehen, dass (nach Boveri auf Grund seiner Dispermieexperimente) in der Echiniden-Entwicklung zwei Entwicklungsperioden zu unterscheiden sind: eine generelle und eine spezifische Periode. Die Entwicklung der ersten, der generellen Periode wird vorwiegend vom mütterlichen Eiplasma bestimmt, wobei vom Chromatin der beiden Eltern nur generelle Qualitäten zur Wirkung kommen. Sie endet im Blastulastadium. Mit der Gastrulation beginnt die spezifische Periode; die Bedeutung des Eiplasmas tritt (nach Boveri) in ihr zurück. Die Chromosomen beider Eltern kommen mit ihren spezifischen Vererbungsqualitäten zur Wirkung. Die Larve erhält bei einer harmonischen Entwicklung (z. B. *Sphaerechinus* ♀ × *Paracentrotus* ♂) von Beginn dieser Periode an Eigenschaften beider Eltern.

Der Zeitpunkt der disharmonischen Erkrankung der zunächst ungestörten Bastardblastulæ fällt auf den Beginn der spezifischen Periode und danach bekommt folgende Erklärung grosse Wahrscheinlichkeit: So lange nur oder vorwiegend mütterliche Qualitäten, d. h. so lange das Eiplasma die Entwicklung bestimmt, so lange besteht zwischem dem fremden Spermium und dem Ei keine Diskrepanz. Wenn aber die spezifischen Qualitäten der Vererbungssubstanzen beider Eltern mit dem Beginn der zweiten Periode zur Wirkung kommen, muss sich die Fremdheit des Spermiums geltend machen. Der Gegensatz zwischen den Qualitäten des väterlichen Kerns und den Qualitäten des Eiplasmas oder mütterlichen Kerns führt jetzt zur Störung der Entwicklung, zur Erkrankung.

Eine derartige Erkrankung ist bei Bastarden weit verbreitet. Auf ihr Studium kann unter Umständen eine Analyse der Entwicklungsursachen aufgebaut werden. Bei Fischbastarden, Amphibienbastarden ist ein Absterben auf dem Blastulastadium beobachtet. Entwicklungsstörungen auf frühen Entwicklungsstadien zeigen ferner Schmetterlingsbastarde, Schneckenbastarde u. a. Als Ursache ist stets die Fremdheit der väterlichen Vererbungssubstanzen ins Auge zu fassen. Als besonders klärend sind in dieser Hinsicht gewisse Fischkreuzungen G. Hertwigs zu nennen. Die Bastardierung führt auch hier zu einer Störung in den Blastulen. Wird jedoch vor der Befruchtung das Sperma mit Radium bestrahlt, so ist die Entwicklung der Blastulen annähernd normal. Die Untersuchung hat gezeigt, dass in diesem Fall das Spermium wohl die Entwicklung anregt, dass aber der Spermakern degeneriert. Das väterliche Kernmaterial wird also von Anfang an aus der Entwicklung ausgeschaltet. Das fremde Chromatin, das mit Beginn der spezifischen Entwicklungsperiode fremde Qualitäten zur Wirkung bringen würde und dadurch die Erkrankung verursachen könnte, wird damit entfernt. Die Entwicklung vollzieht sich, gerade wegen der Radiumbehandlung, normal.

Noch in anderer Weise haben sich vermittelst der Bastardierung Einblicke in die physiologischen Bedingungen der Entwicklung ergeben. Als interessant sind hier die Beziehungen zwischen der Menge des Dotters und der embryonalen Organisation bei Fischbastarden zu erwähnen (G. Hertwig, Neumann und Bancroft). Befruchtet man eine Fischspezies, deren Eier dotterreich sind, mit Samen einer Spezies, deren Eier dotterarm, so entsteht bei gewissen

Kombinationen ein Bastard, dessen Zirkulationssystem ungefähr eine intermediäre Ausbildung besitzt, die zur Bewältigung einer mittleren Menge Dotters befähigt. Da aber die Dottermenge ein rein mütterlicher Charakter ist, entsteht eine Diskrepanz; das intermediäre Zirkulationssystem reicht für die grosse Dottermenge nicht aus. Es bleibt ein unverarbeiteter Dotterrest, der die weitere Entwicklung hindert und zum Absterben des Organismus führt. Die Ursache der Störung ist also hier eine sekundäre, sie gibt aber Einblick in die notwendige Koordination des Gefäßsystems zur Dottermenge.

Von besonderem Interesse sind naturgemäss die spezifischen Vererbungserscheinungen, die an den Artbastarden beobachtet werden. Ich stelle die disharmonischen Bastarde voraus und wähle als Beispiele die schon erwähnten beiden Seeigelkombinationen *Paracentrotus* ♀ × *Sphaerechinus* ♂ und *Sphaerechinus* ♀ × *Paracentrotus* ♂ (Baltzer). Die *Sphaerechinus*-♀-Kombination, die sich, wie wir oben sahen, harmonisch entwickelt, gibt eine Pluteuslarve mit intermediären Skelettcharakteren. Beide Eltern vererben ihre Merkmale. Die *Sphaerechinus*-♂-Kombination aber gibt Pluteuslarven mit mütterlichen Merkmalen (untersucht wurden die Charaktere des Skeletts). Dieser mütterlichen Vererbung geht, wie wir sahen, eine fast vollständige Elimination väterlichen Chromatins parallel. Es liegt äusserst nahe, beide Vorgänge zu verknüpfen und die Erklärung zu geben, dass die Entwicklungsrichtung deshalb mütterlich ist, weil die väterliche Vererbungssubstanz, welche die väterlichen Charaktere übertragen hätte, ausgeschaltet ist. Die Beobachtungen an diesen Bastarden bilden damit ein starkes Argument für die Lokalisation spezifischer Vererbungssubstanzen im Chromatin.

Bei den harmonischen Artbastarden sind die Vererbungserscheinungen sehr mannigfaltig. In manchen Fällen und bei bestimmten Merkmalen ist die Vererbung wie in dem genannten Fall *Sphaerechinus* ♀ × *Paracentrotus* ♂ intermediär. In anderen Fällen, so bei den Bastarden zwischen *Echinus esculentus, acutus* und *miliaris* (Shearer, de Morgan und Fuchs), ist sie rein mütterlich. Bei einer dritten Gruppe von Seeigelkreuzungen wird von manchen Autoren eine Vererbung nach dem Mendelschen Schema angenommen. Äussere und innere besondere Faktoren — Alkaligehalt und Temperatur des Wassers (Tennent, Herbst), Reifegrad

der Geschlechtszellen (Köhler; Shearer, de Morgan, Fuchs) — spielen dabei eine auffallend grosse Rolle und erschweren die Klärung.

Wir kommen damit auf die viel umstrittene Frage nach der Geltung der Mendelschen Vererbung bei Artbastarden überhaupt. Bei der Mendelschen Vererbung treten in der zweiten Bastardgeneration (F_2) die Merkmale der gekreuzten Ausgangsformen wieder rein auf. In der ersten Bastardgeneration (F_1) kann das Merkmal des einen Elters dominieren — ob es vom Vater oder von der Mutter kommt, spielt dabei keine Rolle — oder das Bastardmerkmal kann intermediär sein. Die reziproken Kreuzungen geben stets ein gleiches Resultat.

Sehr viele Artbastarde fügen sich in diesen Vererbungstypus nicht ein. Sie sind in der ersten Generation (F_1) mehr oder weniger intermediär — was keinen weiteren Anhaltspunkt gibt; aber sie bleiben intermediär auch in der zweiten Generation (F_2) oder bei der Rückkreuzung von F_1 mit einer der Elternspezies. Eine Mendelsche Spaltung fehlt; die elterlichen Merkmale erscheinen nicht wieder rein. Ausserdem ist hervorzuheben, dass die reziproken Kreuzungen nicht gleich sind.

Betrachten wir auf das Gesagte hin die cytologisch untersuchten Bastarde, so können wir zusammenfassend folgendes sagen: Bei den entschieden disharmonischen Bastarden, wo die väterliche Vererbungssubstanz in irgend einer Weise an der normalen Entwicklung verhindert ist, finden wir rein mütterliche Vererbung (Kupelwieser, Godlewski, Baltzer u. a.). Vererbungserscheinungen im Mendelschen Sinn lassen sich, mit Rücksicht auf die anormale Entwicklung gar nicht erwarten.

Bei den harmonischen Artbastarden aber führen die häufigen Abweichungen vom Mendelschen Verhalten (Ungleichheit reziproker Kombinationen, mütterliche Vererbung, Nichtaufspalten, vielleicht auch der grosse Einfluss äusserer Faktoren) zu einer skeptischen Haltung gegenüber einer Mendelschen Interpretation. Ein sicherer Schluss freilich ist deshalb sehr schwierig zu erreichen, weil bei Artbastarden die Fruchtbarkeit sehr vermindert ist und in vielen Fällen die F_2-Generation aus diesem Grunde fehlt.

Wie wir unten sehen werden, sind mendelnde Artbastarde in einer Anzahl Fälle sicher nachgewiesen. Es ist denkbar, dass die beiden Gruppen, die mendelnde und die disharmonische, nicht scharf geschieden sind, dass vielmehr zwischen beiden Übergänge bestehen.

Gewisse, in ihrer Entwicklung ungestörte harmonische Bastarde, bei denen die väterliche Vererbungssubstanz in der Entwicklung nur unternormal zur Wirksamkeit gelangen würde, wären als solche Übergänge denkbar und zwischen beiden Gruppen einzureihen.

C. Die Geschlechtszellenbildung bei Artbastarden.

Wir haben bisher zwischen Bastarden mit harmonischer und mit disharmonischer Entwicklung unterschieden. Die Untersuchungen über die Geschlechtszellenbildung zeigen jedoch, dass eine scharfe Scheidung nicht möglich ist. Bastarde, die sich durchaus normal entwickeln, deren körperliche Ausbildung nicht hinter derjenigen der Eltern zurücksteht, sind in vielen Fällen in der Bildung der Geschlechtszellen anormal.

Es ist bemerkenswert, dass diese für den Bastard kritische Phase der Geschlechtszellenbildung mit der sensibeln Periode der Geschlechtszellen gegen äussere Einflüsse bei reinen Formen (Experimente von Tower, Standfuss, Fischer u. a.) zusammenfällt.

Zunächst seien einige cytologische Bemerkungen über die Ei- und Samenreifung vorausgeschickt. Bei der Bildung der Geschlechtszellen wird die Zahl der Chromosomen auf die Hälfte vermindert. Als konkretes Beispiel möge der Seeigel *Paracentrotus* dienen. Die Zellen seines Körpers (Somas) und ebenso die Urgeschlechtszellen besitzen 36 Chromosomen (diploide Zahl), die Geschlechtszellen besitzen 18 (haploide Zahl). Durch die Befruchtung werden zwei Geschlechtszellen, jede mit 18 Chromosomen, vereinigt und damit wieder der somatische Chromosomenbestand hergestellt.

Die 18 Chromosomen der Geschlechtszellen sind, wie oben angeführt, vererbungsphysiologisch unter sich verschiedenwertig; wir können ganz schematisch und vereinfacht die verschiedenen Qualitäten mit den Buchstaben A, B, C . . . bezeichnen, und können die gleichen Bezeichnungen auch auf die Chromosomen, in denen die Qualitäten lokalisiert gedacht sind, anwenden.

Eikern und Spermakern enthalten eine genau entsprechende Chromosomengarnitur. Wir können dies, wenn wir an der Qualitätenbezeichnung A, B, C . . . festhalten, dadurch ausdrücken, dass wir die Garnitur des Eikerns als A_1, B_1, C_1 . . . und diejenige des Spermakerns als A_2, B_2, C_2 . . . schreiben. Dabei wären jeweilen A_1 und A_2, B_1 und B_2 usw. homolog, sie wären Träger der gleichen Anlage A. Da die Zellen des Somas und der Urgeschlechtszellen

die Garnituren zweier Geschlechtszellen enthalten, ist also jede Anlage, jeder Erbfaktor in ihnen doppelt vorhanden, einmal von der Mutter und einmal vom Vater her.

Die Halbierung der Chromosomenzahl kommt dadurch zustande, dass die Chromosomen, und zwar die homologen väterlichen und mütterlichen sich paarweise vereinigen. In dem *Paracentrotus*-Beispiel würden also aus den 36 Chromosomen des diploiden Bestandes 18 Paare entstehen. Bei einer bestimmten Zellteilung der Reifungsperiode, der Reduktionsteilung, treten die Partner wieder auseinander. Jede der entstehenden Tochterzellen erhält damit den haploiden Bestand, in unserm Exempel 18 Elemente. Bei der Reduktionsteilung kann nach dem Gesagten der väterliche *oder* der mütterliche Partner in eine Fortpflanzungszelle kommen. Wenn wir wie oben die mütterliche Garnitur als A_1, B_1, C_1 . . ., die väterliche als A_2, B_2, C_2 . . . bezeichnen, würden also bei der Konjugation A_1 und A_2, B_1 und B_2 usw. gepaart. Bei der Reduktion aber würden aus dem konjugierten Bestand A_1 A_2 B_1 B_2 C_1 C_2.., haploide Bestände hervorgehen, z. B.: A_1 B_1 C_1 und A_2 B_2 C_2.

Es können aber, da es dem Zufall überlassen ist, in welche Zelle bei der Reduktionsteilung der mütterliche oder der väterliche Partner gelangt, auch andere Kombinationen entstehen, z. B.: A_2, B_1, C_1 . . ., A_2, B_2, C_1 . . ., A_1, B_2, C_1 usw. Zusammenfassend können wir sagen: Bei der Geschlechtszellenbildung kommt es zu einer Halbierung der Kernsubstanz, und zwar in Form einer Halbierung des Chromosomenbestandes.

Man ist auf Grund der Mendelschen Forschung zu einer ähnlichen Auffassung über das Verhalten der Erbfaktoren, durch die die mendelnden Merkmale vererbt werden, gelangt. Auch jeder mendelnde Erbfaktor ist im Soma doppelt vertreten, einmal von der Mutter, einmal vom Vater her. Die beiden Vertreter werden auf die Nachkommen so verteilt, dass *nur* der väterliche oder *nur* der mütterliche Vertreter auf diesen überkommt. Diese beiden elterlichen Vertreter sind im Bastard Anlagen verschiedener Rassen. Durch ihre Verteilung auf die Geschlechtszellen kommt es also zur Aufspaltung der elterlichen Merkmale, die bei der Mendelschen Vererbung in der zweiten Bastardgeneration ganz gesetzmässig beobachtet wird. Wir können für die Aufspaltung die gleichen Formeln anwenden, wie für die Chromosomen, wenn wir für die Erbfaktoren der beiden Rassen (1 und 2) die Buchstaben A_1, A_2; B_1, B_2 usw. anwenden.

Die Betrachtung der Geschlechtszellenbildung bei Artbastarden ergibt folgendes:

1. Normaler, harmonischer Fall. Als Beispiel diene die Wanzenkreuzung *Euschistus variolarius* × *Euschistus servus* nach Foot und Strobell. Beide Arten haben nach den genannten Autoren in den diploiden Zellen 14, in den Geschlechtszellen 7 Chromosomen. Bei den Bastarden finden wir die gleichen Zahlen. Es findet im Bastard eine normale Reduktion des diploiden Bestandes (14) auf den haploiden (7) in den Geschlechtszellen statt. Die F_1-Bastarde sind fruchtbar.

2. Disharmonische Fälle. Die wichtigsten Tatsachen lieferten die von Federley gezüchteten und cytologisch untersuchten Bastarde von Arten der Schmetterlingsgattung *Pygaera.* Die Konjugation der Chromosomen *fehlt* hier in weitem Umfange. Die Reduktion des Chromosomenbestandes fällt fast vollständig aus; die Geschlechtszellen führen den diploiden Chromosomenbestand des Somas weiter.

Als Beispiel sei die Kreuzung *Pygaera anachoreta* ♀ × *Pygaera curtula* ♂ etwas näher beschrieben. *Anachoreta* besitzt im Soma 60 (diploid), in den Geschlechtszellen 30 (haploid) Chromosomen, *curtula* entsprechend 58 und 29. Der Bastard enthält demgemäss in seinen Körper- und Urgeschlechtszellen 59 Chromosomen. Seine Geschlechtszellen aber besitzen nicht 29 oder 30, sondern 56—59 Chromosomen. Konjugiert haben nur 1—3 Chromosomen der beiden elterlichen Garnituren; die übrigen haben sich wie in einer gewöhnlichen Karyokinese geteilt (aequationell), ohne vorhergehende Paarung.

Es findet also, von wenigen Elementen abgesehen, keine Aufteilung der väterlichen und mütterlichen Chromosomen auf die Geschlechtszellen statt.

Die Ursache für den Ausfall der Konjugation der homologen väterlichen und mütterlichen Chromosomen ist mit Federley in der Fremdheit zu suchen, die zwischen der mütterlichen und väterlichen Geschlechtszellensubstanz besteht. Sie kann in Parallele gesetzt werden zu den Erscheinungen, die bei der Furchung mancher Bastarde beobachtet wurden, jedoch mit dem Unterschied, dass hier der Ausfall der Konjugation auf einer Disharmonie der Kernsubstanzen beider Eltern beruhen dürfte, dort bei der Furchung aber ein Gegensatz zwischen väterlichem Chromatin und Eiplasma besteht, Für ein eingehendes cytologisches Studium der Konjugationsphase.

das vielleicht über die Ursache der Disharmonie näheren Aufschluss geben könnte, ist ein geeignetes Bastardmaterial bisher nicht gefunden worden.

Die von Federley beobachteten Tatsachen haben eine grosse Bedeutung für mehrere Probleme der Vererbungs- und Bastardlehre.

Kurz erwähnt sei zunächst das Problem der Unfruchtbarkeit der Artbastarde. Sie wird, zum mindesten in den Fällen dieser Untersuchungen, durch eine Störung des Mechanismus der Reifungsteilungen infolge der übernormalen Chromatinmenge verursacht, die selbst eine Folge des Ausfalls der Konjugation ist. In andern Fällen (Pflanzenbastarde) beruht allerdings die Unfruchtbarkeit auf anderen Ursachen.

Ganz besonders haben die Tatsachen Interesse für die Frage der Vererbung. Hier haben die cytologischen Beobachtungen in hohem Grad zu einem Verständnis der Vererbungserscheinungen geführt. Wir wollen dafür zunächst die Vererbung bei den *Pygaera*-bastarden *anachoreta-curtula* auf Grund der Zuchten Federleys und Standfuss' kursorisch betrachten. Für eine eingehende Beschreibung der komplizierten Verhältnisse ist nicht Raum genug.

F_1: Die Bastarde erster Generation sind im Habitus intermediär. Die einzelnen Merkmale *für sich* betrachtet, zeigen ebenfalls intermediäres Verhalten oder Annäherung an den einen Elter.

F_2: Die zweite Bastardgeneration ist intermediär, konnte aber nur in wenigen Exemplaren gezüchtet werden und kommt aus diesem Grunde nicht in Betracht. Als Ersatz tritt die Rückkreuzung des F_1-Bastards mit einem der Stammeltern ein. Diese P F_1-Bastarde sind intermediär wie die Bastarde erster Generation. Ein Aufmendeln der Merkmale findet also nicht statt. Die Vererbung nähert sich dem intermediär-konstanten Typus. Allerdings sind die P F_1-Bastarde dem Elter P nicht entsprechend der Rückkreuzung genähert.

Wir haben oben dargelegt, dass nach Federleys Beobachtungen der Bestand väterlicher und mütterlicher Chromosomen nicht auf die Geschlechtszellen aufgeteilt wird, dass vielmehr der ganze diploide Chromatinbestand fast ohne Reduktion auf die Geschlechtszellen übergeht. Wenn man die Erbfaktoren im Chromatin lokalisiert, so ist damit eine Erklärung für das intermediäre Verhalten des P F_1-Bastards gegeben. Da die Reduktion und Aufteilung der Vererbungssubstanz, des Chromatins fehlt, kann auch eine Auf-

spaltung der Merkmale nicht erwartet werden. Das Zusammentreffen der beiden Erscheinungen, Fehlen der cytologischen und der Mendelschen Spaltung bildet umgekehrt ein Argument für die Lokalisation der Erbanlagen im Chromatin.

Wir haben bei diesen Erwägungen nur die Mehrzahl der Chromosomen berücksichtigt. Federley hat jedoch nachgewiesen, dass einzelne Chromosomen konjugieren. Danach kann erwartet werden, dass einzelne Merkmale bei der P F_1-Kreuzung einer Mendelschen Spaltung unterliegen. Diese Erwartung wird, wenn es auch nicht möglich ist, eine scharfe Beziehung zwischen Merkmal und Chromosom herzustellen, bestätigt. Vereinzelte Merkmale mendeln. Es liegt auf der Hand, dass die scharfe Beziehung solcher spaltender Merkmale auf bestimmte konjugierende Chromosomen vom bedeutendsten Wert wäre.

Um die allgemeine Bedeutung der von Federley gemachten und theoretisch in der dargelegten Weise verwerteten Beobachtungen festzustellen, müssen wir zunächst untersuchen, welche Verbreitung der geschilderte Modus der Geschlechtszellenbildung besitzt. Federley, ferner Harrison und Doncaster haben die nämliche Erscheinung bei anderen Schmetterlingsbastarden nachgewiesen. Anormalitäten, allerdings nicht ganz paraller Art, sind in der Konjugationsphase bei den *Drosera*bastarden von Rosenberg und bei *Polypodium*bastarden von Farmer und Digby gezeigt worden. Weitere Untersuchungen an nicht spaltenden oder nur partiell spaltenden Bastarden verschiedener Formenkreise wären wünschenswert. Wie bei dem Studium der disharmonischen Furchung und Embryonalentwicklung sind auch hier nicht die stark heterogenen Bastarde die aussichtsreichsten, sondern die Bastarde nahe verwandter Spezies.

Den nicht spaltenden Artbastarden, zu denen die von Federley untersuchten mit zahlreichen andern gehören, stehen eine Anzahl typisch aufmendelnder, spaltender Speziesbastarde gegenüber. Als zoologisches Beispiel wären die Fischbastarde von Gerschler zu erwähnen. Gut untersuchte spaltende Pflanzenartbastarde sind aus den Gattungen *Antirrhinum* und *Mirabilis* bekannt.

Dabei gehen Hand in Hand: Fruchtbarkeit in F_1 und aufmendeln in F_2 einerseits, Sterilität in F_1 und Konstanz in F_2 (wie bei Federley) andrerseits. Die Fruchtbarkeit geht mit normaler Konjugation parallel, die Sterilität aber mit zellulären Anormali-

täten verschiedener Art, wobei man mit schon recht umfangreichen Gründen die Disharmonie der väterlichen und der mütterlichen Geschlechtszellsubstanzen oder ihrer späteren Abkömmlinge in der Ei- und Samenreifung als Ursache nennen darf. Damit ist allgemein ein Hinweis gegeben, dass die konstante Erblichkeit bei vielen Artbastarden mit der Disharmonie in Beziehung steht.

Wir können somit zusammenfassend sagen: Die Annahme ist nicht zuweitgehend, dass die überwiegende Mehrzahl der Artbastarde disharmonisch ist. Die Erscheinungsform der Disharmonie ist verschieden. Wir lernten als solche Formen kennen: die Ausschaltung des Spermakerns oder seines Chromatinmaterials während der Furchung, die Passivität des väterlichen Chromatins in der ersten Entwicklung, endlich den Mangel der Konjugation der väterlichen und mütterlichen Chromosomen bei der Geschlechtszellenbildung. Alle diese Erscheinungen sprechen gegen eine rein mendelistische Erklärung der Erblichkeitserscheinungen bei Speziesbastarden.

Dem Mendelschen Typus folgt die Erblichkeit bei Bastarden zwischen nahen Verwandten. Als wichtigstes Moment gilt die Spaltung der Merkmale in F_2. Ihre Vorbedingung ist, dass sich väterliche und mütterliche Erbfaktoren *gegenseitig vertreten können.* Die cytologische Vorbedingung dafür ist, dass die väterlichen und mütterlichen Vererbungssubstanzen, welche diese Erbfaktoren übertragen, gegenseitig für einander eintreten können. Voraussetzung dafür aber ist die Halbierung der Vererbungssubstanz bei der Geschlechtszellenbildung. Sie ist bei vielen Artbastarden nicht gegeben oder gestört infolge der Disharmonie, die zwischen der väterlichen Geschlechtszelle und der mütterlichen Geschlechtszelle besteht. — Man wird annehmen dürfen, dass zwischen solchen disharmonischen und harmonischen mendelnden Artbastarden Übergänge bestehen, jene Bastarde (Federley), deren eine Merkmale mendeln, während andere sich mehr oder weniger konstant vererben, ohne aufzuspalten.

Es ist aber zu betonen, dass die Vererbung konstanterblicher (nicht aufspaltender) Merkmale kein, wenn man so sagen darf, exklusives Vererbungsproblem ist. Bei der Vererbung solcher Merkmale spielen andere Faktoren — äussere Einflüsse und Momente der Entwicklungsphysiologie — ohne Zweifel eine viel grössere Rolle als bei der reinen Mendelschen Vererbung. Die

Ursache für dieses verschiedene Verhalten kann hypothetisch darin vermutet werden, dass bei Kreuzung entfernterer Tierformen die väterlichen fremden Anlagen nicht wie bei mendelnden Bastarden ohne weiteres für mütterliche eingesetzt werden können, ohne dass der Gesamtorganismus beeinflusst wird und ohne dass die Entwicklung dieser väterlichen Anlagen selbst abgeändert wird.

Un voyage botanique au Paraguay (1914)

par R. Chodat.

Depuis de longues années je me proposais d'aller explorer ces régions centrales de l'Amérique du Sud qui, enclavées par les deux grands fleuves Rio Paraguay et Rio Parana, sont comme au carrefour du continent. Je m'y étais préparé par des travaux déjà commencés en 1888 à propos des Contributions à la flore du Paraguay de Marc Micheli et des belles collections de Balansa. Depuis lors j'ai classé les collections de M. E. Hassler, distribuant ces plantes en familles, en genres, et avec l'aide de plusieurs collaborateurs j'ai, tout d'abord seul, puis en y associant progressivement le principal collecteur, publié une Flore du Paraguay, connue sous le nom de „Enumération des plantes récoltées au Paraguay".[1] Cette publication, commencée en 1898, a été terminée en 1907; elle a été suivie de Mémoires spéciaux de vérifications et de corrections. M. Hassler fait actuellement une revision des espèces énumérées et s'efforce d'en préciser la nomenclature d'après les Species les plus récents.

L'occasion si longtemps désirée de mettre à profit pour la Science biologique tant de travail dépensé au classement de ces plantes, à leur identification et à la description des espèces nouvelles s'offrait enfin par la „Bourse fédérale de voyage", créée principalement pour permettre aux maîtres de l'enseignement supérieur, en agrandissant le cercle de leurs expériences, de se mettre en contact avec la végétation et la faune exotiques. C'est là une heureuse disposition; l'Université ne peut progresser que par le travail de professeurs qui sont renseignés de première main. Un voyage dans une région exotique, à tant de points divers si différente de notre pays, permet à l'enseignant non pas seulement de parler „de visu" de l'étonnante vie des tropiques, mais renouvelle les points de vue qu'il pouvait avoir sur la biologie indigène

[1] *Bull. Herb. Boissier.* R. Chodat, Plantae Hasslerianae 1898—1902. — R. Chodat et E. Hassler, Pl. Hassl. II, 1902—1907.

en faisant saisir les analogies et en opposant, en contrastes saisissants, les formes les plus aberrantes. En outre, par ces voyages, nos Universités et nos écoles moyennes se sont enrichies d'un matériel précieux pour l'enseignement et ont acquis pour des années des sujets d'étude du plus haut intérêt. Mais ces expéditions ne peuvent développer toute leur valeur que si le voyageur est suffisamment expérimenté, s'il est sérieusement documenté et préparé à comprendre la région à parcourir et à y saisir rapidement sur le vif les problèmes qui lui sont propres. C'est à quoi depuis de longues années j'avais travaillé en accumulant sur la végétation du Sud de l'Amérique une documentation considérable; avant de partir j'avais résumé dans un carnet de route la bibliographie, tant géophysique que biologique; puis j'avais fait interfolier les deux volumes de l'Enumération des plantes du Paraguay de manière à pouvoir y dessiner l'apparence ou le caractère distinctif de toutes les espèces d'après les matériaux d'herbier (près de 4000 espèces énumérées ou décrites dans notre Enumération et dans les Novitates paraguayenses). Pour les familles à espèces nombreuses j'avais rédigé une clef analytique des genres. Ces deux volumes, soigneusement et solidement reliés, nous ont accompagné dans *toutes* nos pérégrinations, ce qui permettait à chaque instant d'identifier les plantes rencontrées et de faire sur place la liste des espèces de chaque formation. En plus du papier à sécher les plantes, j'avais fait préparer dans des caisses dont le couvercle se laissait dévisser facilement, des boîtes en fer blanc pour y loger les matériaux fixés à l'alcool. On pouvait, en voyage, souder le couvercle de ces boîtes au moyen d'un chalumeau à benzine. Des étiquettes munies d'une ficelle étaient préparées d'avance; au moyen d'un crayon au graphite on indiquait la date et la provenance; chaque plante était enveloppée dans du papier ciré. Les fruits, les objets secs étaient logés dans des boîtes analogues en carton, le tout calculé pour remplir exactement les caisses. Scies, machète, couteaux pour abattre les arbres ou dépecer les lianes; pelles à déterrer les plantes, boîtes à herboriser en aluminium, thermomètres, microscopes, loupes binoculaires, carnets de notes et papier à aquarelle. Des lits de camp, une table pliante et des tabourets formaient l'ameublement de notre grande tente, le tout fourni par la maison Strohmeier (Kreuzlingen), matériel solide et à recommander bien vivement. Ceci permettait un travail d'ob-

servations pendant le voyage lui-même. Nous avons ainsi préparé tous les détails de ce voyage de la manière la plus simple et la plus utile pour notre but. A cette préparation nous avons consacré tous les moments de loisir des années 1913 et 1914, jusqu'en juin.

M. le Dr W. Vischer, un de mes anciens élèves avec lequel j'avais déjà fait deux voyages en Espagne, avait demandé d'être associé à cette expédition; j'avais accepté de prendre avec nous un jeune étudiant, alors à Oxford, le fils d'un de mes amis, M. A. Ludovici. Pour la photographie, nous disposions de six appareils. Un appareil Palmos, stéroscopique pour photographie d'objets rapprochés (Ica, Dresde), un appareil Zeiss 1-6:9 et un Kodak 9:9. M. Vischer avait apporté un appareil pour photographie à courte distance. M. Ludovici avait un Kodak de poche. Nous avons pris les trois pendant cette expédition plus de 1000 photographies dont près des 3/4 ont réussi et constituent un précieux matériel d'enseignement et une documentation scientifique de première importance. En particulier, les photographies des plantes dans leur station naturelle permettent d'illustrer utilement les Mémoires[1] qui se publient actuellement. De tous les travaux entrepris pendant ce voyage la photographie a été le plus pénible, car il suppose une attention soutenue, une analyse minutieuse des formations et leur évaluation relative en peu d'instants. En outre, la nécessité de mettre au point dans des stations souvent peu abordables, et ceci par une température qui oscille parfois entre 30° et 36,2°, est particulièrement éprouvante. Mais la conviction que la documentation photographique détaillée était l'une des parties essentielles de notre programme a soutenu une ardeur qui était chaque fois prête à se refroidir malgré la température tropicale.

Partout j'ai fait des listes étendues de plantes des formations qui entourent les espèces caractéristiques principales.

Enfin j'ai fait plus de 150 aquarelles représentant l'apparence de la végétation. — Pour ne pas perdre de temps — la guerre ayant éclaté au commencement de notre Expédition et dans l'incertitude de ce qui nous attendait dans un avenir très rapproché — nous avons en général supprimé le dimanche, ce qui nous a fait gagner presqu'un mois.

---

[1] La Végétation du Paraguay, par R. Chodat, avec la collaboration de W. Vischer, Bull. Soc. bot. Genève, 1916-1917.

Nous avions engagé comme assistant-guide M. T. Rojas, qui est bien connu par les collections qu'il a faites pour le compte de M. Hassler. Pendant dix jours nous avons rayonné autour de Trinidad où nous étions les hôtes du Gouvernement et de M. et Mme Fiebrig. On a exploré méthodiquement les eaux mortes du Rio Paraguay et les Espinillares qui, sur terrains salés, entourent ces formations, puis nous avons loué une petite maison à San-Bernardino que nous avons meublée de notre matériel d'expédition et organisée en laboratoire. C'est de San-Bernardino que nous avons exploré les deux rives du lac Ypacaray, puis les forêts du Cerrito et enfin la Cordillière d'Altos jusqu'au Fortin Lopez et à la Gruta. Pour ces excursions, nous avions acheté chevaux et mulets et préparé à Genève les sacs doubles à suspendre à la selle de nos chevaux pour transporter ce qui était nécessaire pour chaque excursion: livres, pharmacie, cartables à sécher les plantes, appareil à photographier, pliant pour aquarelle et matériel de peinture, provisions. Pendant plus d'un mois nous avons observé, photographié, collectionné, préparé des plantes pour collections à l'alcool. M. Rojas séchait les plantes d'herbier; car chaque espèce des formations étudiées est représentée dans nos collections.

Puis nous avons parcouru le pays de San Bernardino à Caacupé et de C. à Tobatý, revenant par le Barrero Grande et Valenzuela en retraversant la Cordillière devant Caballero. De là nous sommes allés vers le Nord jusqu'à Sapucay où nous avons séjourné et prolongé notre voyage jusqu'au Cerro de San Tomas. De Paraguari nous avons traversé la plaine du Mambay, étudié Acahay et sa Sierra, puis Tabepý et la lagune Ypoa à laquelle nous avons pu accéder grâce à l'existence d'un chaînon inconnu des géographes que j'ai nommé Cordillière Carnier.

Le retour s'est fait par les Palmeraies de Carapegua, la plaine de Yagueron-Paraguari et le bord du lac de San Bernardino.

De retour à San Bernardino nous avons complété nos excursions autour du lac, puis avec le bateau à vapeur nous avons atteint Concepcion d'où nous avons herborisé au Chaco-Y et dans les forêts xérophytes riveraines et adossées aux collines.

Invités par M. P. Guggiari, qui avait mis son petit chemin de fer à notre disposition, nous avons exploré les grandes forêts de Horquéta, le Campo-Serrado qui va jusqu'à l'Ipané que nous avons atteint en une fatigante randonnée à cheval.

Enfin, au retour, à Asuncion nous avons été étudier les deux collines éruptives du Tacumbu et du Lambaré.

Par chemin de fer, nous avons traversé le Paraguay méridional, herborisé à Encarnacion et Posadas; invités par MM. Martin et Berthet à étudier chez eux, à San Ignacio (Missiones) sur l'Alto Parana, la culture et la préparation du Maté, j'ai fait des expériences sur la fermentation, le „sapécage" de la „Yerba", et ce séjour nous a permi de compléter notre vue d'ensemble sur la flore du pays entre Paraguay et Parana. De retour à Posadas, nous avons remonté, en bateau à vapeur, le Haut-Parana jusqu'à Aguire et de là nous avons poussé jusqu'aux fameuses chutes de l'Yguazu et d'Aguire, nous sommes descendus en canot jusqu'à Puerto-Bertoni où nous avons été reçus par M. M. Bertoni. Au retour nous avons herborisé pendant quelques jours sur territoire argentin, à Posadas. Le Voyage a duré exactement six mois. Nous étions de retour à Genève le 8 décembre 1914.

Il serait trop long de décrire ici, une à une, toutes les formations végétales parcourues et étudiées dans notre voyage; une partie de nos recherches a déjà paru dans le *Bulletin de la Société botanique de Genève*[1] sous le nom de Végétation du Paraguay; je présente ici le IIe fascicule de cette publication (157 pages, 123 vignettes et 4 planches en couleur). L'illustration nous est facilitée par un subside de la Société auxiliaire des Sciences et des Arts de Genève.

Le Paraguay n'est guère peuplé que le long du Rio Paraguay qui, avec le Rio Parana, constituent les deux voies principales de communication[2]; le commerce de la Yerba se fait aussi principalement par eau sur les rivières navigables.

Il n'y a pas de véritables routes entretenues; le „Camino-real" qui traverse la Cordillière est une piste à ornières parfois profondes de 1 m. A part des ponts sur des rivulets, il n'y a pas de ponts sur les principaux cours d'eau, ou s'ils existent,

[1] L. c. 1916. Introduction: Climatologie et géographie physique, par R. C. — Solanées, Biologie, par R. C. et W. V. — Hydnoracées, par R. C. — Broméliacées, par R. C. et W. V. — 1917. Ibid. Malpighiacées, Biologie, par R. C. et W. V., Géobotanique et systématique, par R. C. — Bignoniacées, par R. C. — Podostemonacées, par R. C. et W. V. Avec 103 vignettes et IV planches en couleur, 131 pages.

[2] Cfr. Carnier, Verkehrswesen in Paraguay.

on ne les utilise pas, soit parce qu'ils sont délabrés, soit parce que les chevaux et les bœufs de trait se refusent à les traverser, ce que nous avons plusieurs fois expérimenté à notre désagrément. On voyage à cheval, sur des bêtes non ferrées. Les bagages se transportent dans des charrettes aux roues hautes de 1,80 à 2 m., ce qui évite un embourbement trop fréquent en traversant les marécages ou les cours d'eau. Notre charrette était menée par un „carretero" assisté d'un domestique qui fonctionnait comme cuisinier. Les arrêts journaliers étaient déterminés par la nécessité d'avoir de l'eau et de la pâture pour les bœufs.

Les villes d'Asuncion et de Concepcion sont sur le type des villes de la campagne argentine; à la campagne, les maisons des villages sont disposées en quadrilatère entourant une grande place herbeuse sur laquelle est généralement l'église et le marché couvert, en bois couvert de feuilles de palmier. Les colons ou indigènes (sang mêlé d'Espagnols et de Peaux-Rouges) guaranis parlent exclusivement le guarani, qui est bien plus que l'espagnol la langue usuelle dans toutes les transactions. De là la nécessité d'un interprête qui accompagne l'expédition partout. La sécurité est quasi complète, sauf le dimanche, jour à l'occasion duquel les villageois prennent une dose de „caña" [1] exagérée. Les habitations sont faites des troncs non équarris des arbres voisins; la couverture est en chaume de „paja colorada", *Andropogon incanus,* la graminée la plus commune des lieux humides du pays.

On cultive le manioc (nourriture principale) qui, en farine ou cuite comme la pomme de terre, ou pétrie avec du fromage (chipa), est la nourriture de tous les jours. L'oranger est partout; même loin de toute habitation (anciennes „réductions" jésuites), il s'en fait un commerce considérable; par voie fluviatile elles sont transportées en Argentine. Le tabac est égal à celui de la Havane; les cigares pour femmes (dénomination dans le pays) sont les plus forts et les plus gros. La canne à sucre est presque aussi importante; elle est pressée sur place et le suc concentré en „miel" qui se vend aux raffineries. Un peu de maïs, de patates, de café et de coton complètent ces cultures. Chaque village a ses bananèraies et les forêts autour des anciens lieux habités sont pleines de Goyaviers *(Psidium Goyava)* avec les fruits desquels on fait des con-

[1] Eau de vie de canne à sucre.

fitures. Parmi les espèces sauvages à fruits comestibles citons: *Chrysophyllum lucumifolium, Myrciaria cauliflora* „Jabotica", *Campomanesia obversa, Eugenia* Sp., *Ananas sativus, Bromelia Serra, Rhedia brasiliensis, Passiflora violacea, P. coerulea, Acrocomia totai, Carica* et *Jacaratia, Acanthosyris falcata, Ficus* Sp., *Opuntia,* etc. Les espèces cultivées pour leurs fruits: *Anacardium occidentale* (rarement), *Carica Papaya, Persea gratissima.* Anonacées cultivées: *Anona Cherimolia, A. obtusiflora, A. squamosa.*

L'exploitation des forêts n'est rémunératrice que vers les cours d'eau. Les essences principales sont par ordre d'importance économique: *Cedrela fissilis* (Cedro), *Tecoma* Sp., *T. integra, Cordia* Sp. (Peteribý), *Astronium juglandifolium A. urundeuva.* (Urundeimi), *Piptadenia Cebil* et aff. (Curupay), *Ruprechtia excelsa* et aff. (Ibiraró), *Peltophorum Vogelianum* (Ibirapytá), *Calycophyllum Spruceanum* (Palo blanco), *Pithecolobium scalare* (Tatané), *Enterolobium Timbouva* (Timbó), *Copaifera Langsdorffii* (Cupay), *Ficus Radula* (Miq.) Morg.

De grands figuiers épiphytes aux petites figues comestibles abondent partout dans les forêts humides. Nous avons suivi le développement de ces figuiers depuis leur germination sur l'arbre hôte; nous avons vu comment les racines se ramifient sans géotropisme, d'abord dans l'écorce pourrie et arrivent à extraire assez de nourriture pour la production d'un tubercule primaire; ensuite de nouvelles racines descendent de la jeune plante et retombent le long du tronc, formant sur leur parcours de gros tubercules secondaires; de ces racines pendantes naissent des radicelles fines qui à leur tour pénètrent dans l'écorce et vont s'y nourrir. Ainsi s'établit un réseau qui, emprisonnant l'hôte et en épaississant ses mailles, finit par le faire périr. Le *Ficus* n'est donc pas seulement un épiphyte comme on le croyait jusqu'à présent, mais dans sa jeunesse il est demi-saprophyte, vivant en partie de son hôte.

Au Paraguay, nous avons reconnu les deux régions principales suivantes: *a)* Le *Chaco et les formations chacoennes,* régions de plaines, à inondations périodiques suivies de périodes de sécheresse. Régime des pluies faibles (1 m.) et terrain un peu salé; *b)* Le *Paraguay proprement dit,* pays ondulé ou de collines (100-600 m.) qui s'élèvent progressivement de l'ouest à l'est jusqu'au faîte d'Amambay-Caaguazu, ligne de partage des eaux des bassins du Rio Paraguay et du Rio Parana. On y distingue la

forêt hygrophyte (versant Paranéen du Paraguay central) et versant occidental de la Sierra d'Amambay, ou au pied des falaises des Cordillières du Centre. La *forêt xérophyte* sur les croupes des collines. — Le *Serrado* ou parc à arbres en bouquets isolés de caractère xérophyte et qui passe, dans les stations à sol peu profond, au *Serrado arbustif* ou *Chamédendrée,* formé par de grandes étendues d'arbres nains à troncs souterrains ou d'arbustes macrophylles à grandes inflorescences qui ressemblent à des branches d'arbres fleuries fichées en terre.

Le *Campo,* sur les croupes sèches ou les plaines non inondées, vastes étendues de graminées et de buissons ou de plantes à rhizomes ou à racines tubéreuses. Là où, dans la profondeur, l'eau peut s'accumuler en petites nappes souterraines, s'établit dans le Campo des *Ilots de forêts.* Là où le terrain est régulier et la terre uniforme, s'établit le *Campo à graminées;* plus le terrain devient rocailleux, plus le caractère arbustif se marque.

Dans les bas fonds ou tout autour de ceux-ci, le Campo passe au *Campo humide* avec une flore spéciale de Graminées et de Cypéracées, puis au marais proprement dit (Bañados, Esteros). Sur les vallons en pente douce, le cours d'eau est envahi par une végétation tout d'abord marécageuse, puis tourbeuse; les plantes arrêtent le cours d'eau qui devient incertain; il en résulte une espèce de tourbière nommée Ypayéré avec *Sphagnum,* Eriocaulonacées, *Mayaca* et arbustes spéciaux *(Villaresia Congonha, Erythrina, Cestrum, Sessea,* etc.).

Il est inutile d'essayer de donner ici, en si peu d'instants, une idée un peu adéquate de cette riche végétation. Nous préférons prendre comme exemple une seule catégorie, celle des *Formations végétales aquatiques* ou hygrophiles, ce qui nous fera voyager dans le pays en suivant les clichés coloriés d'après les aquarelles de l'auteur.

Lorsqu'on remonte le Rio Paraguay on est frappé, peu avant les bouches du Rio Bermejo et du Rio Pilcomayo, par le cours incertain du fleuve qui semble pénétrer dans les îles et les „ygapo“ qui les couvrent. Toute la marge de ces îlots de verdure penchée sur les eaux sombres est occupée par une lisière continue de graminées amphibies; ce sont principalement des espèces appartenant aux genres *Panicum* et *Paspalum.* Par place ces verdures, emportées par la crue, forment des îles nageantes, qui à l'embouchure des rivières ou sur le cours du Pilcomayo, entravent toute navigation. Lorsque la berge est plus accore, à ce premier cordon,

suit la robuste frange du *Gynerium saccharoides* qui sur 4 m. de hauteur porte son éventail de feuilles distiques et son grand panache, tandis que plus en arrière les Bambous jettent à 20 m. de hauteur leur gigantesque plume d'autruche. Là où la forêt, sur une berge solide, se penche sur le fleuve, des lianes grimpent en rideaux émaillés de grandes trompettes blanches *(Calonyction Bona-nox)* ou jaunes *(Melloa populifolia)*. Les arbres de la *forêt riveraine* sont en majeure partie des Mimosacées (Inga Sp.). Partout aux îles flottantes (macroplancton) s'associe le drift végétal formé par l'*Eichhornia crassipes* aux feuilles munies de flotteurs, aux admirables panicules mauves. Ce „drift", refoulé par l'orage, vient s'accumuler le long des rivages, comme par exemple autour de la Lagune Ypoa auréolée d'inabordables vasières avec leurs roselières et leurs jonçaies. Dans les anses tranquilles du Rio Paraguay et dans ses eaux mortes les grands nénuphars aux feuilles de 60 cm. de diamètre *(Victoria cruziana)* s'enracinent par 1-2 m. de fond; ils semblent, de loin, former, eux aussi, des îles flottantes. Tout autour de ces eaux mortes ou de ces étangs à *eaux claires* une lisière de plantes joncoïdes rappelle notre Scirpaie européenne. Il s'agit principalement du *Solanum melanoxylon* et du *Sesbania marginata*, ce dernier aux fruits (légumes) indéhiscents remplis d'un liège flotteur qui permet leur transport par eau.

Le macroplancton des étangs est particulièrement riche. Aux *Pontederia crassipes* s'associent les *Eichhornia azurea*, aux deux sortes de feuilles et qui flottent entre deux eaux; puis une fougère aquatique nageante à feuilles dont le pétiole est en vessie natatoire et qui se multiplie abondamment par prolifération de la marge des feuilles. C'est le *Ceratopteris thalictroides*, nageant au milieu des innombrables *Pistia stratiotes* et des minuscules *Azolla* et *Salvinia*, tandis que trois autres végétaux attirent plus particulièrement l'attention : L'*Hydromystria stolonifera* qui porte, au-dessous de chaque feuille orbiculaire, un coussin plein d'air, véritable ceinture de sauvetage, tandis que, seule espèce nageante parmi ses nombreuses congénères (400 espèces), le *Phyllanthus fluitans* au feuillage cuivré applique la marge de ses feuilles en assiette renversée contre la surface de l'eau, tandis qu'il empêche les vésicules de se mouiller par un enduit de cire.

Tout aussi curieux et seul de son type parmi les Amaranthacées, l'*Alternanthera Hassleriana* étale sur l'eau ses tiges rami-

fiées aux articles renflées en tonneaux-flotteurs qui se tiennent à l'eau grâce à des poils nombreux qui servent en outre, par capillarité, à maintenir humide la partie émergée des vésicules, alors que des touffes de racines dans l'eau et des feuilles dressées au-dessus de l'eau servent de balancier pour l'équilibre de cet esquif.

Nous avons étudié une espèce voisine qui, *sur terre humide,* est presque identique à la précédente, c'est l'*Alternanthera phylloxeroides;* mais *dans l'eau* les deux espèces divergent; l'une se couvre de poils, l'autre reste glabre et développe des flotteurs bien moins étroitement différenciés.

Citons encore l'*Heteranthera zosterifolia* découvert par nous dans l'Yagué et l'Yacan (au-dessous des chutes), qui dans sa biologie rappelle l'*Eichhornia azurea.* Enfin l'*Ottelia brasiliensis,* espèce fluitante à la façon de nos *Statiotes aloides.*

Une Hydrocharitaie formée de plantes nupharoïdes *(Limnanthemum Humboldtianum),* Gentianée heterostylée, qui va mûrir ses fruits dans l'eau par un mouvement du pédicelle floral; du même type la Pontédériacée *Heteranthera reniformis,* une Hydrocharitacée, l'*Hydrocleis nymphoides* et le *Cabomba Warmingii,* une Callitrichaie aux feuilles submergées et qui vient épanouir ses fleurs à la surface, comprenant: *Callitriche* aff. *autumnalis, Elodea guianensis* et la Composée *Enhydra Anagallis* qui vient étaler ses capitules, involucrés comme une petite fleur de Renoncule aquatique.

Une Utriculariaie parmi les représentants de laquelle la plus intéressante est une espèce voisine de l'*Utricularia inflata* qui élève sa hampe au-dessus d'un flotteur en étoile, formé de cinq lanières renflées et terminées par les utricules habituels, complètent l'énumération des formations aquatiques nageantes.

Autour de ces étangs, en une Glyceriaie qui est faite de Monocotylées et de Dicotylées du type de *Glyceria fluitans,* des végétaux de familles diverses aux entre-nœuds renflés s'élèvent au-dessus de l'eau dans laquelle ils se soutiennent par des articles renflés, dressés ou ascendants, fuseaux plus ou moins dilatés, selon l'humidité ou le terrain. Ce sont *Paspalum repens* (Graminée), *Polygonum spectabile* (Polygonée), *Caperonia* Sp. plures (Euphorbiacées), *Aeschinomene natans* Hassler (Mimosacée), *Hyptis Muelleri*, var. *pachyarthra* (Briq.) nob. (Labiée), *Alternanthera phylloxeroides* (Amaranthacée), *Gymnocoronis spilanthoides* (Composée)

et le très curieux *Diodia Kuntzei,* aux tiges articulées en saucissons rouges qui, en ligne brisée, s'élève de la vase humide ou de l'eau peu profonde (Rubiacés).

Il y a là un intéressant ensemble de formes convergentes dont l'anatomie fait l'objet d'études en cours de publication.

Analogues à nos Joncaies (Scirpaie) et Phragmitaies, tout un cortège de Cyperacées et de Graminées aquatiques mêlées à des plantes Dicotylédonées joncoïdes ou phragmitoïdes envahit les „Esteros“ :

Solanum melanoxylon, *Widgrenia corymbosa,*
Stemodia juncifolia, *Caperonia* Sp.,
Bacopa gratioloides, *Buettneria* Sp.,
Rhabdadenia Pohliana, *Polygala Chuiti,*

qui toutes s'écartent du type général de leur famille, entourent les grandes joncaies de *Scirpus riparius, Typha domingensis* et les Cypéraies géantes de 2-4 m., du *Cyperus giganteus,* dont on récolte les hampes pour en confectionner des nattes. A tout un monde de Cyperacées (130 espèces) se superposent, en un cordon plus externe, pur ou mélangé, des roselières de Marantacées *(Thalia geniculata)* très communes, plus rarement de Musacées *(Heliconia cannoides)* aux grandes feuilles de bananiers, plus habituelles encore les „cañansales“, roselières géantes formées par le *Panicum grummosum,* l'*Andropogon bicornis,* le *Paspalum multiflorum,* l'*Erianthus Trinii,* le *Panicum megiston,* etc., etc.

C'est dans ces roselières ou dans ces joncaies que s'élèvent quelques belles plantes, comme le *Senecio icoglossus* aux fleurs d'*Aster alpinus* ou le *S. Hualtata* aff.? à fleurs de Chrysanthème, ou les panicules brillantes aux mille fleurs d'or du *Jussieua suffruticosa,* les splendides Scrophulariacées *Escobedia* et *Esterhazya,* les liserons Apocynacées du genre *Rhabdadenia (B. Pohlii),* les panaches bleus-violacés du *Verbena ovata,* les étoiles dorées et filigranées de l'*Heteropteris angustifolia* et tout le cortège des plantes scabres, rêches comme des Cyperacées au feuillage rude et tranchant :

Vernonia scabra, Verbena ovata, Esterhazya splendida, Escobedia scabrifolia, Melasma brasiliensis, M. rhinanthoides, Borreria valerianoides, toutes au feuillage incrusté de silice.

Des buissons y forment des îlots comme le *Salix repens* de chez nous : *Cephalanthus glabratus, Buddleia vetula, Heteropteris*

angustifolia, *Vernonia nitidula*, *Piper fulvescens*, *Lacistema Hassleriana*, *Frangula polymorpha*, buissons envahis par le lacis du *Mikania scandens* et du *M. penstemonoides*, *Senecio Benthami* aux capitules rouges orangés, espèces de Composées liserons.

Tout autour de ces marécages, comme chez nous les *Butomus* et les *Alisma*, et répétant ces dernières mais en beaucoup plus grand, les *Echinodorus grandiflorus*, *E. longipetalus*, etc., aux fleurs blanches, le *Sagittaria montevidensis* aux trois grands pétales soufre et à macule pourpre, les Composées *Erechtites* sp., *Centratherum punctatum*, *Adenostema viscosum*, les Commélinacées *Floscopa glabrata*, puis le *Pleurophora saccophora* et d'autres Lythracées et enfin remplaçant les Broméliacées dont ils ont le port, les *Eryngium pandanifolium* et *Eryngium floribundum*, aux feuilles disposées en entonnoir, en espèces de faux-*Nidularia*.

Autour des marécages ou dans les flaques peu profondes et *temporairement inondées*, un cordon ou des îlots (Fistulosaie), de grandes touffes d'un liseron dressé, à tige simple, haut de plus de 2 m., l'*Ipomoea fistulosa*, plante joncoïde, aux fleurs roses, exceptionnel par ses fruits à semences laineuses, anémochores. A ces *Ipomoea*, mais plus éloignés de l'eau en un cordon extérieur, suit dans les marécages chacoéens une sylve claire, faite d'*Aporosella Hassleriana*, nouveau genre d'Euphorbiacées décrit par l'auteur de ce travail, par les *Triplaris guaranitica*, espèce myrmécophile de l'auteur et par le très bel arbre Capparidacée, *Crataeva Tapia*. Dans le Chaco et le Chaco-Y, ces Fistulosaies et ces forêts marécageuses sont envahies par un monde de lianes qui finit par les recouvrir complètement en égalisant les contours, sous leur tapis enveloppant, ensevelissant. De là les apparences fantastiques de la végétation des dépressions chacoénnes où, sous le linceul tissé par les fines lianes, les *Ipomoea* et les arbres cités sont étouffés. (Lianes : *Solanum amygdalifolium*, *Cissus Hasslerianus*, *Cissus sycioides*, *Cayaponia podantha*, *Ceratosanthes Hilairiana*, *Merremia umbellata*, *Passiflora violacea*, *P.* spec. plures., *Aniseia cernua*, *Cissus paraguayensis*, *Mikania scandens*, *Araujia Stormiana.*)

Entre ces tombeaux (Hallier-nasses de Chodat et Vischer) une prairie marécageuse, vaseuse, périodiquement inondée de plantes herbacées macrophylles:

Pacourina edulis, Solanum pilcomayense, Solanum syringifolium, Polygonum acre, Lippia globifera, Gnaphalium purpureum, Lippia betulifolia, Ionidium glutinosum, Enhydra sessilis, etc.

Sur les vases salines qui se dessèchent, des gazons étendus de feuilles largement elliptiques, qui s'élèvent perpendiculairement du sol et sont toutes orientées N-S, d'une Solanée, le *Jaborosa integrifolia* dont les rhizomes à l'instar de nos *Tussilago Farfara* s'étendent en immenses réseaux. La fleur hétérostylée à structure de *Narcissus poeticus* est ornithophile ou sphingophile. Plus à l'extérieur, le *Croton microcarpus* aux feuilles argentées, le *Pterocaulon purpurascens* entourent les buissons et les arbres presque sans tronc de l'*Acacia Cavenia,* espèce d'„Espinillo" dont les grandes stipules, devenues épines, sont habitées par les fourmis ou encore le *Lycium Morongii* aux troncs tortueux ou les *Grabowskia* épineux.

Plus au sec, encore, et moins longtemps inondé le Palmier à cire *Copernicia australis (cerifera* auct.) qui, à l'infini de la plaine chacoenne, élève ses grands pompons d'immenses éventails. A mesure qu'on s'éloigne du N. la taille se rappetisse; au sud du Pilcomayo ce n'est plus qu'un arbuste; de même dans les „esteros" de Nembucu et du Tebicuari; autour de la lagune Ypoa, les palmeraies sont plus graciles que dans les vasières qui s'étendent de Tacuaral à Paraguari. Les indigènes distinguent trois formes, d'après le bois (espèces élémentaires), que les botanistes n'ont pas encore su débrouiller.

Autour et dans ces Palmeraies (Coperniciaie) pénètrent des brousses de Broméliacées *(Bromelia serra)* et surtout d'*Aechmea polystachya* dont l'eau conservée dans les poches-citernes basilaires des feuilles constitue, pendant la période sèche, pour l'Indien Lengua en migration dans un pays salé, la seule source d'eau potable (cfr. Grubb).

Enfin plus au sec encore, mais cependant temporairement inondé et sur terrain un peu salé l'„Espinillare" proprement dit avec ses *Prosopis (P. juliflora),* ses *Pithecolobium scalare,* ses *Celtis glycicarpa,* les *Cactus, Cereus, Opuntia, Echinocactus* et les grands *Schinopsis Balansae,* la plante la plus importante au point de vue économique du Chaco paraguayen. Parfois des parcs de Quebracho et d'*Aspidosperma Quebracho blanco,* avec des gazons étendus d'*Andropogon* sans autre sous-bois important.

Au lac Ypacaray, on a étudié aussi les formations aquatiques d'eau douce et de terrain salé. Tout le pourtour du lac est occupé par un cordon de buissons presque sarmenteux aux branches flagelliformes épineuses, c'est le *Mimosa asperata*, singulier exemple d'une plante très épineuse dans l'eau. Son caractère hygrophile se marque cependant par sa carpo-biologie analogue à celle de l'*Entada polystachya*, autre Mimosacée américaine de l'Amazonie. Les *Inga*, les *Sesbania* qui sont les Légumineuses riveraines les plus communes du Paraguay, ont des fruits étroitement adaptés à la vie aquatique. Ce Mimosa a des feuilles excessivement sensibles aux moindres variations de lumière (nyctitropisme accentué).

Les *Erythrina Crista galli* avec leur couronne comme un Saule têtard et leurs brillantes fleurs ornithophiles suspendent leurs légumes arqués à des pédoncules élastiques et n'ouvrent leurs légumes articulés que successivement et du côté convexe; de là, aux eaux basses, une dissémination à longue distance par une action balistique du vent qui secoue les légumes-ressorts. Les semences *nagent sur l'eau*, tandis que celles des *Sesbania* dont le fruit est en flotteur sont, au moment de la rupture du légume, *plus lourdes que l'eau*.

Dans les marécages, autour du lac et partout dans le Paraguay central on peut suivre pas à pas la manière dont les grandes Aroïdées, les *Philodendron* qui possèdent deux sortes de racines, les unes échasses et qui soutiennent le tronc, épaisses et contractiles, à croissance lente et positivement géotropiques, les autres différentes seulement par degré des précédentes et à nature de vrilles qui cherchent des supports et les enlacent comme par des cables en longs serpents-vrilles et à croissance rapide.

On a étudié comment ces plantes, quittant le marécage de proche en proche pénètrent dans les forêts riveraines ou humides et grimpent jusqu'au sommet des plus hauts arbres. Les fleurs sont visitées par des coléoptères et certaines sont myrmécophiles.

Sur les arènes, des plantes plus ou moins rudérales, comme le *Cassia alata* aux fruits ailés, le *Leonotis nepetifolia* ou l'*Aspilia callosa* ou, enfin, le *Centella asiatica*. Une des espèces anémochores à balistique particulière, le *Leonotis*, est spécialement intéressante à cause de sa fleur rouge orangée visitée par les Colibris et dont la lèvre inférieure se dessèche peu avant l'anthèse; il lui manque donc le reposoir des autres Labiées, la lèvre supérieure horizontale ne permet que la visite d'oiseaux planants

que nous avons observé à l'œuvre ou celle de Sphingidés supposés. La couleur brillante est conforme à celle des espèces les plus typiquement ornithophiles de ce pays: *Erythrina, Buddleia grandiflora, Bromelia Serra, Aechmea polystachya;* l'absence d'une lèvre inférieure est répétée dans la Scrophulariacée d'Ypayéré le *Castilleja communis,* mais ici l'appareil vexillaire rouge orangé est confié aux bractées.

Il y a lieu en outre de distinguer les *forêts riveraines* le long des rivières paraguayennes ou du lac Ypacaray, là où les berges sont fermes et plus élevées. Comme aussi à la Lagune Ypoa, le long du promontoire Carnier et de l'île Carnier. L'essence principale est l'*Inga sp.,* arbre souvent perché sur des échasses à la façon des Palétuviers. Ses fruits côtelés sont pleins d'une pulpe subéreuse qui les fait flotter. Les *Cecropia* sont bien connus par leur myrmécophilie; suspendant par dessus l'eau claire ses pompons d'étamines à filets roses, le *Calliandra bicolor,* espèce ornithophile. Plus en arrière, en un cordon silvatique dense qu'on voit des hauteurs serpentant dans les campos des plaines et cachant la rivière, les arbres suivants:

Piptadenia spec., *Prunus brasiliensis, Symplocos* spec. plur., *Styrax leprosa, Sebastiana* et *Actinostemon* spec., *Achatocarpus Balansae, Villaresia Congonha, Ocotea spectabilis, Manihot Twiediana, Guettarda uruguensis, Sapium* spec. (salicoïde!) quelques Myrtacées indéterminées et, surtout à la lisière, le cordon gris des *Croton Urucurana,* grande Euphorbiacée à l'apparence Malvoïde et aux feuilles passées, prêtes à tomber, d'un rouge brique intense, qui pendent si singulièrement au-dessus de la rive bordée d'*Eryngium pandanifolium,* de *Blechnum capense,* de Mélastomacées macrophylles, et ornée du gai feuillage et des fraîches fleurs abondantes et roses du *Begonia semperflorens.*

Dans le sous-bois inondé de la forêt riveraine une haute brousse de Fougères sur racines en large corbeille comme une nasse *(Alsophila atro-virens* et *A. trichophlebia),* des *Scleria plusiophylla,* qui élèvent leurs fruits brillants, le feuillage bigarré des Mélastomacées et la teinte cuivrée des fougères.

Tout ceci, pénétré par le faux bambou, le *Panicum latifolium,* tandis que dans l'ombre, sur une tige en forme de lame, qui, au sommet s'incurve horizontalement le *Marica coerulea* brille comme un bijou précieux serti sur un calice d'argent ou que les fleurs

transparentes du *Faramea cyanea* scintillent réellement comme des améthystes ou lancent des feux de pierre précieuse comme celles d'un *Psychotria* jaune chrysolithe. Le long des ruisselets, dans le sous-bois, sous l'ombrage menu du *Sorocea ilicifolia,* toujours mouillées par l'écume du torrent, les Hymenophyllacées, les Mousses dans lesquelles brille sur un fond vert émeraude la Gentianée saprophyte jaune, le *Leiphaimos aphylla.*

Chacune de ces plantes a été étudiée sur place, sa biologie surprise et sera racontée en détail dans la „Végétation du Paraguay" que je fais paraître avec la collaboration de mon vaillant compagnon de voyage, le Dr W. Vischer.

En arrière de ces formations de la forêt riveraine, dans les eaux devenues tourbeuses, se constituent des Ypayerés entourés d'une zone d'Eryngium *(E. floribundum).* Puis des coussins analogues à ceux de notre *Eriophorum vaginatum : Syngonanthus caulescens, Paepalanthus* sp., *Eriocaulon* sp., *Mayaca Sellowiana, Lycopodium cernuum, L. alopecuroides, L. carolinianum, Burmannia capitata, B. alba, B. flava, Polygala timoutoides, Xyris* sp., *Bacopa* sp. plur. *(B. ranaria, B. lanigera, B. Salzmanni), Micranthemum orbiculatum., Oldenlandia thesiifolia, Acisanthera* spec.; les Orchidacées : *Cyanorchis minor, Prescottia micrantha Spiranthes uliginosa, Liparis elata, Habenaria Sartor;* enfin la Scrophulariacée saprophyte aux bractées rutilantes attirant les colibris: *Castilleja communis.*

Autour des forêts riveraines grimpant sur les *Inga* et les *Croton,* le *Calonyction Bona nox,* après avoir courbé ses fleurs au tube de 9 cm. de longueur laisse pendre ses fruits enfermés dans le calyce accrescent. Pendant la maturation, le pédicelle floral qui s'était renflé en réservoir d'eau et de nourriture, en une espèce de toupie, se vide progressivement jusqu'à se dessécher et se contracter complètement au moment de la maturité. Au Paraguay, plusieurs Convolvulacées riveraines font de même; le *Merremia dissecta* ajoute à ce dispositif un calyce aquifère qui se remplit plus ou moins d'eau.

Il faut en plus signaler ce que nous avons déjà cité précédemment sous le nom de cuvettes sablées, petits marécages sur collines pierreuses de grès, travaillées par des cascades temporaires qui y dessinent des espèces de soucoupes dans lesquelles une flore éphémère d'hygrophytes minuscules se développe rapide-

ment et y fructifie presque immédiatement. Ce sont des *Bacopa flagellaris, Micranthemum orbiculatum* (Scrophulariacées), *Rotala mexicana* (Lythracée), *Crassula bonariensis, Centunculus minimus* var. *brevipedunculatus, Ranunculus bonariensis,* de minuscules Cyperacées, des Utriculaires naines *(U. subulata).*

Ce sont des plantes à développement rapide qui rappellent les annuelles des déserts et qui fructifient à peine que fleuries, comme aussi nos annuelles printannières des collines sèches de la steppe valaisanne. A ces plantes inondées pendant un temps assez court s'associent des xérophytes qui supportent l'immersion :

Selaginella Mildei, Polycarpaea Hassleri, des Cypéracées en touffes *(Bulbostylis Jacobinae), Hypericum Sarothra, Julocroton rupestris;* puis, tout autour, *Stachycarpheta cayennensis,* en buissons de plus d'un mètre de hauteur. Nous avons trouvé cette même flore ou à peu près sur les grès du Salado, au lac Ypacaray, sur les causses de Tobaty et dans la région de Valenzuela à Piribebuy.

Il nous reste à parler des Bambusaies; dans la région strictement paraguayenne, le long des rivières affluents du Rio Paraguay, elles sont mêlées aux forêts riveraines; parfois le *Bambusa Guadua* aff. est si élevé qu'il dépasse les couronnes des autres arbres. Ainsi le long de l'Ipané. En fleur, au centre du Paraguay, entre Caballero et Sapucay, le long du Cañabé, nous l'avons trouvé en train de mourir le long de l'Alto-Parana.

Là, du coude de Posadas jusqu'à l'embouchure du Rio Yguazu, soit sur un trajet de près de 300 kilomètres, tous les bambous étaient secs.

La distribution de la végétation le long des berges de l'Alto-Parana, sur une immense longueur, présente une très remarquable uniformité due à l'encaissement du fleuve qui a scié, pour ainsi dire, son chenal dans les mélaphyres et les basaltes durs de cette région. L'étiage dépasse, selon Bertoni, 40 m. On voit, aux basses eaux, un premier rivage de roches éruptives volcaniques violacées, puis une zone verte de grandes Graminées, parmi lesquelles le *Paspalum multiflorum* est dominant. A ce cordon succède une zone de *Croton Urucurana* grise et rouge, à cause du changement continuel du feuillage rouge-brique quand il va tomber. Puis une épaisse roselière de Bambous, dominée à son tour, par la haute futaie de la forêt paranéenne. Cette régularité est si

surprenante qu'elle frappe le moins botaniste des voyageurs. Au moment de notre voyage, qui succédait immédiatement à l'*épidémie* de floraison qui, d'après le dire des habitants, se répète tous les 15 ans (?), la zone de bambous se remarquait particulièrement bien aux innombrables chaumes secs qui en un lugubre convoi se traînait le long du fleuve entre le rideau sombre de la silve et la bande gris-velouté des *Croton Urucurana.*

Enfin nous avons cherché et trouvé au Paraguay et à l'Yguazu les Podostémonacées qui n'y avaient jamais été signalées. Dans la belle cascade du paso de l'Yagui nous avons découvert un *Podostemon* nouveau, le *Podostemon atrichus* cramponné aux aspérités de la pierre ou dessinant par ses racines roses de singuliers dessins géométriques sur les grès. Dans l'admirable cirque des cascades des cent chutes de l'Yguazu, que nous n'avons pu explorer que bien succinctement, trois nouvelles espèces (*P. Warmingii,* et *P. aguirensis, Apinagia yguazuensis)* vivent côte à côte dans la première cascade. La présence simultanée en cet endroit de plantes si différentes montre bien qu'il y a, en dehors des raisons qui font qu'une plante semble comme calculée pour un milieu, des causes indépendantes de ces rapports entre la station et les nécessités de vie et qui constituent une des raisons d'être de la diversité. Il y a partout, même dans un milieu aussi uniforme que la cascade, qui exclut toute autre catégories de plantes que les Podostémonacées, une grande variété de formes. Donc la raison de cette variété n'est pas dans le milieu, il est à chercher autre part. A plus forte raison trouve-t-on une grande diversité dans les autres stations avec leurs étages de formes, leurs capacités variées d'eau et de lumière, la nature changeante de la composition du sous-sol; enfin les dépendances mutuelles des plantes qui les unissent en sociétés dont la subordination réciproque est la règle et les conflits de présence réglés par les besoins spécifiques de chaque plante et par la lutte pour l'existence. Mais une étude de la flore tropicale et subtropicale où les contrastes sont, en raison du pouvoir végétatif, plus accentués que dans nos régions tempérées, laisse cependant reconnaître une foule de structures adéquates admirablement disposées, comme calculées pour un effet donné et par conséquent faciles à déchiffrer biologiquement et écologiquement. La biologie des Podostémonacées avec leurs appareils de fixation et la structure de leurs organes

flottants comme construite pour céder au choc de l'eau en mouvement accéléré, leur mode de floraison et de dissémination sont tout à fait différents des appareils homologues, des plantes du macroplancton ou du marécage ou enfin de la forêt riveraine. Partout il y a une grande richesse de formes spécifiques, mais par derrière l'apparence si variée le biologiste découvre des structures adéquates parfois si surprenantes qu'il en reste confondu. Mais souvent, très souvent même aussi il ne sait voir par quoi une plante est adaptée à un milieu spécial, le végétal se bornant à supporter les conditions de ce milieu sans paraître s'y être conformé d'une manière particulière. Alors l'adaptation est non manifestée morphologiquement, elle se traduit par la robustesse, la résistance aux conditions adverses, parfois par la reviviscence après une mort apparente.

Les collections récoltées, les observations faites à cette occasion nous serviront à décrire comme nous l'avons déjà fait, dans les deux fascicules parus, en un essai de synthèse biologique les liens complexes qui s'établissent par une harmonie nécessaire entre les végétaux et le milieu d'une région tropicale que nous étudions déjà depuis plus de 25 ans.

En intitulant notre Mémoire du sous-titre „Résultats scientifiques d'une Mission suisse au Paraguay“ nous voulions simplement indiquer que l'occasion fournie par la Mission que nous avons eue l'honneur d'obtenir nous a permis de mettre au point un ensemble de recherches et d'expériences qui datent de loin.

Bibliographie.

Rapport sur la flore du Paraguay étudiée par R. Chodat et E. Hassler, Arch. Sc. phys. et nat. Genève IVe Période, XXIV (1907) n^{o} de décembre.

Aperçu de la Géographie botanique du Paraguay, *Actes du IXe Congrès international de géographie* (Genève) 1910, par R. Chodat et E. Hassler.

Observations sur le Macroplancton des étangs du Paraguay, *Bull. Herb. Boissier,* IIe série (1906), 143 p., par R. Chodat.

La végétation du Paraguay (en cours de publication), *Soc. bot. de Genève, Bulletin* (1916, 1917 et seq.), par R. Chodat et W. Vischer.

Die psychologische Richtung in der Psychiatrie

von E. Bleuler, Zürich.

Der Titel wird Ihnen aufgefallen sein. Aber es gab wirklich eine Zeit, wo die Psychiatrie so psychophob war wie jetzt die übrige Medizin. Allerdings hatte man einmal, vor hundert Jahren und etwas später, versucht, die Psychopathologie durch die Psychologie zu verstehen. Die deutsche Psychiatrie des letzten Jahrhunderts war aber im wesentlichen so unpsychologisch als möglich, und die hervorragendste wissenschaftliche Beschäftigung der deutschen Psychiater bildete jahrzehntelang die Hirnanatomie und zum Teil die Physiologie der höheren Hirnzentren; die erstere namentlich haben sie denn auch recht weit gefördert. Die wenigen psychopathologischen Versuche wuchsen sich zu jämmerlichen Missgeburten aus, wie die Ideen Idelers, der alle Geisteskrankheiten als Folge ungezügelter Leidenschaften auffasste, den Patienten lange Predigten hielt, aber, wenn sie sich damit nicht bessern liessen, sie physisch genug mit der Drehscheibe und anderen Folterinstrumenten behandelte. 1895 fand in der grossen deutschen Gesellschaft für Psychiatrie eine Diskussion über die Paranoiafrage statt, die sich hauptsächlich darum drehte, ob es besondere Krankheiten des „Verstandes“ gebe, wobei die theoretisch abgelehnte antike Vorstellung verschiedener „Vermögen“ unserer Psyche in Wirklichkeit doch die Führerin war. Dabei wurden akute Verwirrtheiten gleichgestellt den mit einigen Wahnideen verbundenen Zuständen voller Besonnenheit, die in Wirklichkeit etwa so viel gemeinsam haben wie ein Beinbruch und ein Typhus, die beide den Kranken zwingen, ins Bett zu liegen. Dieses Versagen der Anwendung des Menschenverstandes auf die Psychopathologie hielt mich einige Jahre lang ab, etwas Psychopathologisches zu lesen.

Die Franzosen allerdings hatten die psychologische Richtung nie ganz aufgegeben, wenn auch die Nachfolger ihrer grossen Psychiater der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts nicht mehr viel Neues zutage förderten. Aber doch kam von dort wieder die

Anregung zu neuem Schaffen. In den Achtzigerjahren hatte sich Charcot dem Studium der Hysterie gewidmet, einer Krankheit, die bei uns wissenschaftlich und praktisch gewissermassen verpönt war. Man machte allerdings seine Witze darüber, dass der führende französische Neurologe sich von hysterischen Weibern an der Nase herumführen lasse; aber er hatte doch den Erfolg, dass man das Studium der sogenannten Nervenkrankheiten, der Neurosen, nicht mehr so von oben herab ansah. Ein bisschen genasführt wurde Charcot schon, aber weniger von seinen Weibern als von der Krankheit, weil eben damals die psychologischen Vorkenntnisse noch ungenügend waren. Ein Beispiel kann die ganze Situation am besten beleuchten: das Bemühen Charcots war, praktisch brauchbare Unterscheidungszeichen zu finden zwischen den anatomischen Nervenkrankheiten und den funktionellen, den Neurosen (die eigentlich Krankheiten des Geistes sind). Das bemerkten natürlich seine sensibeln Patientinnen mehr oder weniger bewusst und produzierten so schöne Differentialsymptome, dass wir jetzt noch auf jene Zeit neidisch sein müssen. Es ist z. B. bei organischen Erblindungen vom Sehnerven aus die Regel, dass die Wahrnehmung des Rot zuerst verloren geht und zuletzt die des Blau. Seine hysterisch Farbenblinden verhielten sich umgekehrt; sie erkannten nur noch das Rot und liefen mit roten Schleifen in der Salpétrière herum, da sie nur an diesem Schmucke noch Farbenfreude haben honnten. Charcot suchte sogar noch nach anatomischen Grundlagen für hysterische Symptome. Er kannte eben die *Suggestion* nicht, trotzdem er beständig damit zu operieren glaubte.

Eine wirkliche Kenntnis dieser Funktion, die allerdings von jeher mehr oder weniger deutlich geahnt, von Lamarck z. B. auch mit gutem Verständnis zur Erklärung des Mesmerismus angewandt worden war, haben wir erst Liébault zu verdanken der 1866 ein Buch über „Le sommeil et des états analogues“ schrieb, von dem im Laufe der nächsten zwanzig Jahre ein einziges Exemplar verkauft wurde, bis seine Ideen von Bernheim einem grössern Publikum gepredigt wurden. Trotz der zwanzigjährigen Reifezeit hatte die Hypnose noch lange grosse Schwierigkeiten, in die Wissenschaft eingelassen zu werden, und in höheren Regionen der wissenschaftlichen Hierarchie wird sie bekanntlich auch jetzt noch eines leichten Duftes nach plebeischen Charlatanimus verdächtigt. Dennoch hat sie eine gewaltige Umgestaltung auf man-

chen Gebieten bewirkt, vor allem in der Beurteilung der Zusammenhänge von Heilmittel und Heilung, von Schädigung und Verschlimmerung, von krankheitserzeugenden Ursachen und Krankheit. Erst damals ist es klar geworden, warum bei bestimmten Krankheiten ganz beliebige Mittel helfen oder nicht helfen, da eben der *Glaube* an die Arznei oder an den, der sie verordnet, das ausschlaggebende Moment ist. So musste man die bisherige Art der Erprobung von Arzneimitteln ganz wesentlich modifizieren, um die Suggestion auszuschliessen. *Vor allem aber basieren unsere Fortschritte im Verständnis der Neurosen direkt oder indirekt ganz auf der Suggestionslehre.* Die Jüngeren können sich hier kaum mehr hinter diese Zeit zurückdenken.

Eigentlich psychologische Studien an Hysterischen machte dann Pierre Janet. Er setzte die *Rolle unbewusster psychischer Funktionen,* deren Existenz endlich die hypnotischen Experimente klar bewiesen hatten, in ein besseres Licht.

So standen die Sachen, als Kraepelin im Jahre 1895 von klinischen Gesichtspunkten aus die *Verblödungspsychosen* (die Schizophrenien) aus den andern sogenannten funktionellen Geisteskrankheiten heraushob, wodurch man endlich natürliche Grenzen zwischen einigen grösseren Gruppen von Geisteskrankheiten erhielt, so dass es einen Sinn bekam, die Gruppierungen der Symptome und ihre psychische Begründung im einzelnen genauer zu studieren, weil man hoffen konnte, einesteils bei gleichen Kranken wieder gleiche Mechanismen zu finden, andernteils durch die Erkenntnis verschiedener Genese äusserlich gleichartiger Symptome Fingerzeige für die Diagnose zu bekommen.

So hat man gefunden, dass der allgemeinen *Erschwerung und Verhinderung* der Gedanken und Bewegungen ganz verschiedene Mechanismen zugrunde liegen: einer, *Hemmung* genannt, ist die Übertreibung der Erschwerung aller psychischen Vorgänge, wie wir sie selber spüren, wenn wir traurig sind, und ist ein Zeichen für melancholische Zustände; ein anderer, die *Sperrung,* ist die krankhafte Übertreibung der Perplexität, wenn uns etwas Überraschendes oder Verlegenheit bereitendes begegnet, und ist in stärkerer Ausprägung ein Zeichen der Schizophrenie. Andere Formen von Verlangsamung der psychischen Vorgänge deuten auf Hirndruck oder andere grobe Störungen in der Schädelhöhle usw.

In vielen Fällen hat schon die bessere Präzisierung der Symptome allein einen grossen praktischen Wert. Man hat bis vor kurzem unter dem Namen *Ideenflucht* alle die Zustände zusammengefasst, in denen die Patienten in lebhafter Weise von einem Thema auf das andere gehen, ohne etwas fertig zu denken oder fertig zu sagen. Es hat sich aber gezeigt, dass ganz verschiedene Ausprägungen dieser Störung existieren, von denen man jetzt als Ideenflucht nur noch diejenige bezeichnet, deren Haupteigentümlichkeit der beständige Wechsel der Zielvorstellung ist, indem der Patient auf Nebenassoziationen gerät, die auch dem Gesunden auftauchen, aber von ihm unterdrückt werden, etwa in der Weise, dass einer eine Rigireise erzählen möchte, dann aber über die Esel, die früher dort Gepäck und Reisende beförderten, auf die aus Eselfleisch gemachten Salami kommt und in Florenz landet, um allerdings auch dort nicht zu verweilen. Diese Ideenflucht gehört dem bestimmt definierten manischen Zustand an, indes andere ähnliche Assoziationsstörungen mit ganz unverständlichen Sprüngen und seltsamen Bizarrerien den Schizophrenien, andere den epileptischen oder organischen Störungen eigentümlich sind. Während der frühere Begriff der Ideenflucht gar keinen diagnostischen Wert hatte, ist mit der Konstatierung des enger umgrenzten Symptoms z. B. ein epileptischer Erregungszustand ausgeschlossen und dafür der Beweis eines vorübergehenden Zustandes geleistet, der nach verschiedenen Begleitsymptomen meist leicht als einer bestimmten Krankheit angehörig anerkannt werden kann.

Den nächsten Fortschritt brachte uns Freud. Wollen Sie, bitte, das durch Zeitungen und Zirkel an diesen Namen geknüpfte Geschwätz für einen Augenblick ignorieren; es ist für uns ganz egal, ob der Weg zur Krankheit und zur Heilung *immer* über die Sexualität gehe oder nicht, ob die Psychoanalyse eine erlaubte und ungefährliche Methode der Forschung und der Behandlung sei usw. Tatsache ist folgendes: eine Menge Symptome, und damit vieles, was man gemeiniglich „die Krankheit“ nennt, entstehen aus irgendwelchen psychischen „Bedürfnissen“. Man schafft sich durch die Krankheit einen Ersatz für eine unmögliche, meist erotische, Befriedigung, oder man flüchtet sich vor der unangenehmen Wirklichkeit in die Krankheit, letzteres auf zweierlei Weise: meistens so wie bei den Neurosen, dass man krank wird, um dem Kampf mit dem Leben zu entgehen, oder die Familie zur Beschäftigung

mit sich zu zwingen und dergleichen; dann aber auch in der Form, dass man in einem mehr oder weniger deliriösen Zustand, einer Geisteskrankheit, sich die Erfüllung seiner Wünsche erträumt: die verschmähte Liebende heiratet halluzinatorisch den Geliebten und bekommt ein Kind von ihm usw. Bleibt der Kranke einigermassen besonnen, so merkt er natürlich, dass seine Wünsche nicht erfüllt sind; er hält sie aber doch für gerechtfertigt, er meint, eine Prinzessin wolle ihn heiraten, er sei in Wirklichkeit der Sohn des Kaisers, oder er sei zum Avancieren in seiner Stellung bestimmt. Da aber das Erhoffte nie geschieht, schafft er sich die Vorstellung, dass er Feinde habe, die gegen ihn arbeiten; auf diese und ähnliche Weise werden die Hindernisse, die sich der Erfüllung der Wünsche entgegenstellen, zum *Verfolgungswahn* verarbeitet. — Einige neue Gesichtspunkte, wie das Bedürfnis, sich geltend zu machen, oder nach Kompensation von eigenen Mängeln, hat Alfred Adler hinzugefügt, ohne indes über den Rahmen Freudscher Ideen hinauszugehen.

Damit ist *den unbewussten Reaktionen,* „dem Unbewussten", wie man sich ausdrückt, eine ungeahnt grosse Rolle zugewiesen worden, was allerdings den, der seine Psychologie nicht in den Wüsten der Spekulation ausgeheckt hat, nicht überrascht. Die krankmachenden Mechanismen spielen sich nämlich fast ausnahmslos ohne Wissen des Patienten ab. Und noch mehr; sie sind auch sonst nicht so durchsichtig, wie man nach dem eben Gesagten erwarten möchte, sondern auch die Ideenverbindungen haben hier ganz andere Gesetze als unsere Logik. Dieses *autistische Denken* erwies sich als ein wichtiger Bestandteil unserer Psyche, dem in unseren Träumen, in der Mythologie, im Aberglauben der Primitiven und der Kulturvölker und an manchen andern Orten die führende Rolle zukommt. Logik und Erfahrungsbegriffe werden darin nur insoweit benutzt, als sie den Denkzielen entsprechen; affektive Bedürfnisse ersetzen die Gesetze der Logik, Symbole und Ähnlichkeiten die scharfen Begriffe. Der Kranke kann sich wie manche Gottheit selbst gebären, er *sieht* das Feuer der Liebe glühen und *spürt* es brennen, die Patientin wird schwanger von einem Fisch, den sie gegessen, wie im Märchen, usw. in tausend Variationen. *Ohne die Kenntnisse des autistischen Denkens ist ein Verstehen der Träume, der Mythologien, der Märchen und alles dessen, was mit Aberglauben und andern Volksanschauungen und Gebräuchen zu-*

sammenhängt, nicht möglich; ja bis in die Dichtung und in die Philosophie hinein gehen seine Wirkungen.

Man hat das autistische Denken auch als archaisch bezeichnet. Ich halte das sehr bestimmt für falsch. Nicht das Denken hat sich entwickelt, sondern unser Wissen, und durch das letztere ist die Ausübung des logisch-realistischen Denkens mehr angeregt, die des autistischen zurückgedrängt worden, ohne dass deshalb die Anlage geändert haben müsste. Der moderne Elektriker kann keinen Jupiter tonans mehr brauchen. Der Bakteriologe kann keinen krankmachenden Zauber mehr suchen, wenn er den Ebertschen Bazillus im Trinkwasser und im Blute des Patienten nachgewiesen.

Freud hat noch eine ganze Anzahl anderer psychischer Mechanismen herausgehoben, die von manchen mehr geahnt als klar erfasst, von den meisten aber bisher ganz ignoriert worden waren, wie die *Verdrängung* von unangenehmen Vorstellungen ins Unbewusste, so dass sie „vergessen" erscheinen, aber unter Umständen doch allerlei Handlungen und Krankheitserscheinungen hervorbringen können; die *Übertragung* des Affektes auf demselben fremde Vorstellungen (eine Frau hasst den einsamen Hof, wo sie eines ihrer Kinder geboren und die Hebamme und damit das Kind selbst und bringt es schliesslich um), die *Verdichtung* von mehreren Begriffen zu einem einzigen (im Traume und in Wahnvorstellungen werden z. B. oft die Geliebte und die eigene Mutter so in eine einzige Person vereinigt, dass es unmöglich ist zu sagen, an welche man gedacht hat), die *Konversion* verdrängter Affekte in körperliche Symptome (die Abneigung gegen den Gatten drückt sich manchmal in chronischer Diarrhoe oder in Erbrechen aus) und noch manches andere. *Bei allen diesen Dingen handelt es sich gar nicht um etwas Neues, das die Krankheit geschaffen hätte, sondern um spezielle Anwendungen, um Übertreibungen und Karikierungen von allgemeinen Affektwirkungen, die sich beim Gesunden schon lange hatten nachweisen lassen.*

Nicht mit allen Aufstellungen Freuds kann man einverstanden sein. Seine Theorie von der individuellen Entwicklung der Sexualität vom polymorphperversen, sexuell polyvalenten Kind über den Auterotismus (Narzissmus) zum normalen Heterosexuellen halte ich für falsch. Ebenso die Unterbringung vieler anderer Triebe in dem Begriff der sexuellen Libido. Ich glaube auch nicht, dass *nur* sexuelle Komplexe die Neurosen und die Träume bestimmen, und

einen grossen Teil der von Freud als funktionell aus sexuellen Konflikten abgeleiteten Geisteskrankheiten halte ich für organisch bedingt. Aber wahr ist folgendes: *die „Erschöpfung", die man als Ursache der „Neurasthenie" bezeichnet, spielt eine verschwindend kleine Rolle, und bei der grossen Masse dessen, was man Neurosen nennt, überhaupt gar keine;* es sind immer Unbefriedigtheiten verbunden mit inneren Konflikten, die die Neurosen hervorrufen, und unter diesen Konflikten sind die sexuellen aus sehr durchsichtigen Gründen in der grossen Mehrzahl der nicht traumatischen Neurosen allein massgebend oder doch wesentlich mitwirkend. Dies, wenn auch mit einiger Übertreibung und Einseitigkeit, wie sie zur Betonung und Umgrenzung neuer Erkenntnisse nahezu notwendig sind, herausgehoben zu haben, ist ebenfalls eines der dauernden Verdienste Freuds. Bei den Schizophrenien, in denen der wesentliche Krankheitsprozess wahrscheinlich in einer Vergiftung des Nervensystems durch vom Körper selbst produzierte Gifte besteht, wirken die sexuellen Komplexe wohl ausnahmslos gestaltend auf das Krankheitsbild ein.

Die von Freud geschaffenen Grundlagen ermöglichen die *prinzipielle Verstehbarkeit der Einzelheiten psychotischer und neurotischer Symptome.* Wir sind nun in der Lage, wenn wir den Patienten ganz genau kennen, zu sagen, warum er gerade diese Symptome hat, und umgekehrt aus den Symptomen auf Erlebnisse und Strebungen der Patienten, die wir nicht kennen, zu schliessen, und die verrückte Zwangsidee z. B., dass Bettstelle und Federdecke unter keinen Umständen sich berühren dürfen, bekommt Sinn, wenn man weiss, dass die Patientin den Gedanken an den sexuellen Verkehr ihrer Eltern perhorresziert und mit der Bettstelle den Vater, mit dem Federbett die Mutter symbolisiert. Wenn eine Dame, die wir zum erstenmal sehen, uns klagt, dass sie an morgendlichem Erbrechen, an aufgetriebenem Leib leide, und dass sie vor einiger Zeit träumte, sie habe einen Käfer im Leib, so dürfen wir es wohl riskieren, ihr zu sagen, dass sie kinderlos ist, aber Sehnsucht nach Kindern habe. Eine Kranke, deren Gallimathias jahrzehntelang den Ärzten ein Rätsel gewesen, *ist* die Kraniche des Ibykus, d. h. sie ist frei von Schuld und Fehler; sie hat eine Sokratesvertretung, d. h. sie hat aus dem Mund ein Kind geboren, das sie vertritt, sie, die wie Sokrates die weiseste Persönlichkeit ist und dafür leiden muss. Natürlich gehört oft viel

Arbeit dazu, um die Zusammenhänge aufzudecken, und alles, was wir gerne wissen möchten, kennen wir noch lange nicht; aber die Prinzipien dieser Vorgänge sind uns in vorher ungeahnt weitem Masse klar, und wir kennen manche Wege, um im Einzelfall Aufschluss zu bekommen: die Erforschung der Träume, die Beobachtung einfacher experimenteller Assoziationen, der unbewussten kleinen Handlungen, der Versprechen und Versehen und namentlich der Affektausdrücke.

Es gibt allerdings noch Leute, die sich über solches Beobachten entsetzen. Dabei begegnet der Neophobie der Kollegen unter anderm etwas ganz Possierliches. Man findet es allen Ernstes „unwissenschaftlich", Affektäusserungen, die Mimik im weitesten Sinne, zu beobachten und darauf abzustellen, da sich solche Dinge nicht mit Meterstab und Grammgewicht abmessen lassen. Wissenschaftlich wäre bloss die „Kurvenpsychiatrie", die aber in Wirklichkeit noch recht wenig geleistet hat. Dafür wären die Botaniker, Zoologen und Geologen in dieser Versammlung keine Naturwissenschafter, sondern höchstens Naturliebhaber. Speziell die Affektivität ist von all den Dingen, die sich jetzt noch der Messung entziehen, eines der allerwichtigsten, und das nicht nur für Gelehrte, sondern für die gesamte animalische Welt schon von einer relativ niedrigen Stufe an. Die verschiedensten Tiere untereinander verstehn und beeinflussen sich affektiv, und zwar merkwürdigerweise nicht bloss die der nämlichen Art unter sich, sondern die Angehörigen der verschiedenen Klassen. Affektiv reagieren die verschiedensten Geschöpfe auf Hass und Liebe, erfassen sie die Angst oder den Mut des Gegners; eine Dogge, die einen spazierengeführten Löwen offenbar für einen Hund hält und die Witterung sucht, fällt gewiss nicht deshalb in Ohnmacht, weil sie sich überlegt, was das Gewaltstier ihr alles antun könnte, sondern weil die Witterung des Löwen ihr direkt Furcht einjagt wie der Anblick des Habichts dem Hühnchen. Es ist eine affektive Wirkung, wenn die Schlange das Eichhörnchen mit ihrem Blicke unbeweglich macht. Der Neugeborne, der intellektuell von der Welt noch nichts versteht als einige Saugbarkeiten, schafft sich sehr rasch ein kompliziertes affektives Wechselverhältnis zu den Personen und sogar den Dingen seiner Umgebung; affektiv versteht er und wird er verstanden; und der entwickelte Mensch reagiert wie die empfindlichste Windfahne auf alle Schwankungen der Affekte seiner Umgebung mit

einer Präzision, deren Bedeutung man erst dann erfasst, wenn man sieht, wie Geisteskrankheit das sonst als selbstverständlich erscheinende Spiel stört. Und wenn wir den Menschen messen nach seinem Werte und nach den Kräften, die ihn emportragen oder untergehen lassen, so sind es in erster Linie seine affektiven Gaben, die ins Gewicht fallen. Gehen wir ins Pathologische, so finden wir, dass nur affektive Mechanismen Krankheiten hervorbringen und Symptome determinieren. Das, was wir als Psychopathie zu bezeichnen gewohnt sind, ist fast immer eine blosse *Thymo*pathie. Mängel der Affektivität und nicht solche der Intelligenz erschweren die Abfindung mit der Umgebung. Das sehen wir auch bei den eigentlichen Geisteskrankheiten. Der Alkoholiker, der in die Anstalt kommt, hat meist seiner Familie jahre-, jahrzehntelang Entsetzliches zugefügt; voll Entrüstung berichten am ersten Tage die Angehörigen darüber und verlangen, dass man ihn nicht mehr herauslasse, bis er geheilt sei; schon nach einer Woche aber tönt es gewöhnlich anders; die Familie hat Heimweh nach ihm und findet, es sei gar nicht recht gewesen, so strenge Massregeln zu ergreifen; das ist der Grund, weshalb so wenige heilbare Alkoholiker wirklich geheilt werden. Ganz anders der Schizophrene; er hat meistens gar nicht so viel Böses getan; man entschliesst sich natürlich auch schwer, ihn in eine Irrenanstalt zu bringen, man verspricht ihm, ihn möglichst bald wieder zu holen; im Durchschnitt aber ist er sehr rasch ab Augen ab Herz, und bei vielen hat man grosse Mühe, das Interesse so weit wach zu halten, dass sie jemand aufnehmen will, wenn sie so weit hergestellt sind. Dieses Verhalten ist so typisch, dass man es oft zur Diagnose mitbenutzen kann. Die Erklärung liegt darin, dass der Alkoholiker ein Gefühlsmensch ist, während die Affektivität des Schizophrenen darnieder liegt. Mit dem Gefühlsmenschen bleibt man verbunden, auch wenn er uns Böses tut; der Automat ist uns unter allen Umständen fremd.

Die Affektivität ist das allein wesentliche Bindemittel der *Gesellschaften* höherer Tiere bis hinauf zum Menschen höchster Kultur; und auch bei den niederen Tieren, wo neben ihr noch andere Momente, wie der Geruch, die Gemeinschaft zusammenhalten, ist sie ein wichtiger Regulator gemeinsamer Aktionen, so weit man in dem Triebleben dieser Geschöpfe Affekte herausheben kann. Wie der Affekt Energien und Richtungen der Einzelpsyche zusammenfasst, so schafft er auch eine machtvolle Einheit unter den

Gesellschaften, und zwar er allein; die Bedeutung der Logik ist dabei ungefähr null. In diesem Weltkrieg kommt der *Massenpsychologie,* besonders von den Engländern mit nie dagewesener Virtuosität beeinflusst, eine grössere Bedeutung zu, als den Kanonen und der Strategie; sie ist aber eine rein affektive Psychologie. Wer Massen überzeugen will, braucht nicht Logik, sondern geschickten affektiven Rapport, Anregung von elementaren Trieben oder Anknüpfung an diese. In der Massenpsychologie leben sich Instinkte und Triebe, Suggestion und Autosuggestion der Völker aus, Funktionen, die zur Affektivität gehören; so weit *Denken* in Betracht kommt, ist es hier nicht das logische, sondern das autistische. Deshalb kann eine beliebige Gemeinschaft, die doch in der Regel hauptsächlich aus Philistern, die einzeln für nichts zu erwärmen sind, besteht, für Ideen, gute und schlechte, für allgemeine Ideale der Menschheit wie für Chimären ihr Alles einsetzen. Hier ist auch die Wurzel der Macht der einzelnen Religionen, und man täte gut, bei manchen modernen Bestrebungen sich das etwas mehr vor Augen zu halten. Die Hygiene z. B. ist jetzt auf einer Höhe angelangt, auf der sie bereits ganz gewaltige Vorteile bieten kann; die Eugenik ist als eine Notwendigkeit für die Erhaltung der Kulturmenschheit erkannt worden. Der Sünden aber gegen die hygienischen Vorschriften sind unendlich viele; besser wird es erst dann werden, wenn diese wieder in die Religionen aufgenommen werden, woraus sie das Christentum vertrieben hat. Die neue sozialistische Religion — ich brauche mit vollem Bewusstsein den Ausdruck — mit ihren irdischen Zielen liesse sich z. B. damit in ausgezeichneter Weise verbinden und, was noch wichtiger, auch ergänzen.

Diese Aufzählung von Affektwirkungen ist lange nicht vollständig; sie mag aber genügen, um zu zeigen, dass wir allen Grund haben, die Affektivität zu studieren und jede ihrer Äusserungen zu beobachten. Wer das verschmäht, bleibt ein Stümper in der normalen und der krankhaften Psychologie. Freilich haben wir noch nach Methoden zu suchen, die das auf diesem Gebiet Geschaute demonstrierbarer oder beschreibbarer machen, als es bis jetzt der Fall ist.

Die sonderbare Behauptung von der Nichtwissenschaftlichkeit der Affektverwertung ist übrigens nur ein Spezialfall von einem falschen Dogma, das noch viel unnützes Geschwätz hervorbringt:

die Psychologie sei etwas anderes als alle andern Wissenschaften, namentlich etwas anderes als die Naturwissenschaften. Es ist ja richtig, man hat bei ihrem Studium neben der äusseren Beobachtung noch die Bewusstseinsphänomene, die Introspektion, zur Verfügung; aber das macht in bezug auf die Wissenschaftlichkeit und das Wesen der Methodik gar keinen Unterschied. Ja, wenn man meint Psychologie durch blosse Spekulation betreiben zu können, dann ist sie etwas anderes und etwas nicht Wissenschaftliches und etwas ganz Unnützes, das man sollte verbieten können, weil es manchen strebsamen Leuten die Zeit wegstiehlt. Die Psychologie der Philosophen hat das einzig massgebende Examen, das durch die Praxis an Normalen und Abnormen so schlecht als möglich bestanden: ihre Resultate haben uns nicht um ein Haar weiter gebracht. Ich kann hier nur diese Andeutungen machen; sie werden aber genügend zeigen, was unter Psychologie zu verstehen ist, und was man von ihr zu fordern hat. Auch erkenntnistheoretische Erörterungen sind an ihrem Platze ganz hübsch. Die praktische Psychologie braucht sich nicht um sie zu kümmern, und es ist ein Fehler, wenn man sie hineinmischt. Wenn ich einen Normalen, einen Geisteskranken oder ein Tier durch einen Nadelstich reize, so beobachte ich die Reaktion, die äusserst verschieden ausfallen kann; sie können u. a. beissen, zuschlagen, schreien, weinen, nur vasomotorisch reagieren oder gar nicht; ich beobachte Tier und Kranken in bestimmten Situationen und studiere, wie sie sich damit abfinden. Die Summe der beobachteten Erscheinungen ist mir das, was ich von ihrer Psyche kenne, ganz unbekümmert darum, ob die Reaktionen bewusst seien oder nicht, und ob der eine sie als Tropismen, der andere als psychische Phänomene in irgend einem engeren Sinne bezeichne. Die Reaktionen beschreibe ich, so weit mir nicht objektive oder indifferente Ausdrücke zu Gebote stehen, mit den Worten, die mir die Sprache für solche Erscheinungen zur Verfügung stellt; aber, wenn es in Betracht kommt, so weiss ich genau, dass ich damit in bezug auf Bewusstseinsphänomene und deren erkenntnistheoretische Bedeutung nichts präjudiziere, ausser bei Wesen, die mir in meiner Sprache Auskunft geben — und auch da werde ich noch viele Vorbehalte machen. So gibt es eine Tierpsychologie und eine Psychopathologie und eine Normalpsychologie, bei welch letzterer ich aber noch den Vorteil habe, aus Analogie mit meiner Selbstbeobachtung Erklärungen und Schlüsse zu ziehen.

Das genetische Verständnis einer grossen Zahl psychischer Symptome erlaubt uns endlich eine lang ersehnte Unterscheidung, *die nach der genetischen Priorität der Symptome.* Die reichhaltige Symptomatologie der Schizophrenie z. B. mit ihren Halluzinationen, Wahnideen, Bizarrerien, sonderbaren Bewegungen und Steifigkeiten, diese Symptome, aus denen man geglaubt hatte, den Krankheitsprozess direkt ableiten zu müssen, verlieren auf einmal diese Bedeutung, und werden eine Folge normaler Mechanismen unter veränderten Voraussetzungen, d. h. im speziellen Fall bei einer Lockerung der Zusammenhänge der Assoziationen. Sehr oft hat der Ausbruch einer schweren akuten Psychose gar nichts mit dem eigentlichen Krankheitsprozess zu tun, sondern er ist die Reaktion des schon lange kranken Gehirnes — z. B. auf die Verlobung der Schwester der Kranken, ein Familienereignis, das die Patientin die eigene unbefriedigende Situation besonders fühlen lässt. Die eigentliche Krankheit ist also an einem ganz anderen Orte zu suchen als da, wo man sie bis jetzt gesehen hatte, d. h. nicht in den Aufregungen und Halluzinationen und der „Verblödung", sondern in einer chemischen oder molekulären Veränderung im Gehirn, die die Zusammenschaltung der Gedächtnisbilder, die Ideenassoziationen ganz im allgemeinen gelockert hat; die auffallenden Symptome sind sekundäre und mehr zufällige Folgeerscheinungen. Wir haben, seitdem wir das wissen, bessere Heilresultate, denn all das ist für das Verständnis des einzelnen Kranken und für seine Behandlung von grosser Wichtigkeit, aber auch für manche andere Dinge, so für die Auffassung der Heredität. Wenn solche Zufälligkeiten wie die Heirat der Schwester entscheiden, ob jemand als geisteskrank zu gelten habe oder nicht, so werden manche ganz gleich wie der Kranke Beanlagte nur deshalb nicht geisteskrank sein, weil keine Schwester heiratet, mit anderen Worten, die Entitäten die sich vererben, *die Erbpsychosen, müssen viel weitere Begriffe sein als die Phänopsychosen, mit denen man bis jetzt allein operierte.* Wir verstehen daraus das Fiasco der bisherigen, allerdings auch sonst recht naiven Hereditätsstudien an der Schizophrenie, die nur mit den klinischen Fällen rechneten: wir verstehen auch die Merkwürdigkeit, dass so selten in der nämlichen Familie Eltern und Kinder ausgesprochen schizophren sind: die schwereren Schizophrenen kommen nur ausnahmsweise zum Heiraten; die häufigeren latenten Schizophrenen sind aber in bezug auf die Verer-

bung ihnen gleichwertig, und von ihnen stammen deshalb die meisten schizophrenen Nachkommen. Wenn auch die psychischen und psychopathologischen Hereditätsprobleme mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden sind, wir wissen nun endlich in welchen Richtungen wir zu suchen haben.

Wir bekommen auch allmählich die Mittel in die Hand, bei den vielen *„psychopathischen" Zuständen* zu entscheiden, was angeborne Anlage, und was falsche Reaktion auf die Umgebung ist, die erste Bedingung einer fruchtbringenden Behandlung und ebenso eines theoretischen Verständnisses der verschiedenen Krankheitsbilder.

Erst auf dieser Basis lernt man nach und nach erfassen, welche Rolle psychische Umstände wie die Anlage, irgend welche Krankheiten des Nervensystems, Vergiftungen und dergl. spielen, und welche Arten von Beeinflussungen diesen Bedingungen nicht zugeschrieben werden können. Da hat es sich gezeigt, dass es nur ganz ausnahmsweise Fälle gibt, in denen nicht physische und psychische Faktoren zugleich verursachend und gestaltend auf das Krankheitsbild wirken, wenn auch in quantitativ höchst verschiedenen Verhältnissen. Man kann nicht mehr fragen, ist eine bestimmte Krankheit mit ihrer Symptomatologie psychisch oder physisch bedingt sondern nur: in *wiefern* physisch und in *wiefern* psychisch?

Oft finden wir, dass die gleichen Syndrome psychisch oder physisch verursacht werden können und zwar auch beim nämlichen Kranken, so melancholische oder manische Anfälle beim manisch-depressiven Irresein, die gewöhnlich Ausdruck einer spontanen Störung im Gehirn sind, aber auch bisweilen infolge eines unangenehmen Ereignisses auftreten. Epileptische Anfälle sind jedenfalls mit irgend einer Autintoxikation im Zusammenhang, können aber durch psychische Agentien ausgelöst oder für eine gewisse Zeit verhindert werden, ebenso wie ein latentes natürliches Bedürfnis durch irgend einen psychischen Anlass plötzlich dringend werden, oder umgekehrt, wenn es sich gemeldet hat, unterdrückt werden kann. Der Schmerz und sogar die Blutung beim Zahnausziehen kann durch hypnotische Suggestion gestillt werden. *Nicht alles also, was psychisch hervorgerufen wird, psychisch beeinflussbar ist, oder psychische Symptome macht, ist psychisch bedingt. Aber umgekehrt ist auch nicht jede Krankheit, die durch physische Einwirkung beeinflusst wird oder körperliche Symptome macht, eine körperliche:* ein grosser Teil der chronischen Magenkrank-

heiten verlaufen mit Störungen der Sekretion oder der Bewegungen des Magens und sind nichts desto weniger rein psychische Krankheiten usw.

Wir können auch erst jetzt brauchbare Schlüsse von den Symptomen auf die Zusammenhänge krankhafter Befunde mit der Psyche ziehen. Wir werden uns nicht mehr verwundern, wenn eine ganz diffuse beginnende Hirnschrumpfung die Orientierung für längere Zeit nur insofern stört, als der Patient uns nicht glauben will, dass er sich nicht in einem Hotel, sondern in der Irrenanstalt befindet; denn dieser Gedanke ist ihm unangenehm und lässt sich bei der schwieriger gewordenen Orientierung absperren. Wir wissen nun, dass in unserem Gedächtnis eigentlich gar nichts verloren geht, dass es nur einige normale und krankhafte Mechanismen gibt, die die Hervorholung eines grossen Teils des Materials verhindern. Wir glauben also nicht an eine Vernichtung der Gedächtnisbilder (der Engramme), wenn man sich unter normalen oder krankhaften Umständen an ein Erlebnis nicht mehr errinnern kann, aber wir wissen, dass die erste Kindheit, ein Delirium, ein Traum schwer erinnert werden können, namentlich weil unsere jetzige Konstellation der damaligen zu fremd ist, so dass keine gangbaren Wege von der jetzigen Psyche zur damaligen führen; andere Erlebnisse werden, wie Ranschburg nachgewiesen hat, der Erinnerung schwer zugänglich durch Kollision mit ähnlichen; peinliche, namentlich die Persönlichkeit in den eigenen Augen herabsetzende Erinnerungen werden „abgesperrt“ nach Freud, oder in angenehmere umgestaltet, verfälscht usw.

Den jüngsten aber praktisch sofort hochwichtigen Schritt hat das psychologische Verständnis in durchschlagender Weise besonders während des Weltkrieges gemacht in bezug auf die *Neurosen nach Unfall,* wozu eine Anzahl gewerblicher Vergiftungen, namentlich durch Blei, kommen. Die Kontroverse hat lange gedauert und ist insofern jetzt noch nicht ganz abgeschlossen, als der führende deutsche Neurologe, Oppenheim, immer noch das Wesentliche bei den meisten dieser Krankheiten in physiologischen und molekulären Veränderungen des Nervensystems sucht, während im Übrigen die überzeugung durchgedrungen ist, dass die ganze Krankheit nichts ist als ein meist unbewusstes Mittel, Entschädigung zu bekommen, oder nicht in den Schützengraben zurückkehren zu müssen und dergl., d. h. eine *Zweckpsy-*

chose. Diese Erkenntnis ist gerade zur rechten Zeit durchgedrungen, um, wenn sie in richtiger Weise verwertet wird, nach dem Kriege Hunderte von Millionen zu sparen, und, was noch viel wichtiger ist, Hunderttausende von psychischen Krüppeln in statu nascendi oder nachträglich zu heilen. *Wenn man Prämien geben will, so sollte man sie lieber denen geben, die sich keine Krankheit anschaffen, als denen, die die Arbeit fliehen.*

Das Gesagte ist zu verallgemeinern, zunächst für alle Verletzungen, auch für die von der Psyche scheinbar unabhängigen, die länger dauern unter den modernen Gesetzen als früher; Knochenbrüche, deren Behandlung von der Versicherung bezahlt wird, während erst noch Taggeld ausgerichtet wird, können das Doppelte und Dreifache der frühern Normalzeit zur Heilung brauchen. Die Psychiater haben allerdings schon vor Jahrzehnten die Erkenntnis gehabt, dass in den meisten solcher Fälle die normale Funktion das beste Heilmittel ist, und viele „Schonung" nur eine Störung des natürlichen Heilungsvorganges bedeutet; es ist aber noch nicht lange, dass die chirurgische Therapie ihnen recht gibt.

Mit anderen Krankheiten steht es natürlich nicht prinzipiell anders; auch sie kommen oft auf Wunsch, oder heilen auf Wunsch viel zu lange nicht. Einsichtige Ärzte haben deshalb schon lange mit Besorgnis dem Inkrafttreten unserer Kranken- und Unfallgesetze entgegengesehen. Es wird recht viel Geschicklichkeit und Energie brauchen, um ihre schweren Nachteile zu kompensieren. Dass das deutsche Unfallgesetz und seine praktische Durchführung noch nicht in der Lage war, mit richtigen Kenntnissen der Unfallpsychologie zu rechnen, hat die Kassen ungezählte Millionen gekostet und Tausende von leicht Verunfallten, die ohne das Gesetz arbeitsfähig geblieben wären, zu unterstützungsbedürftigen Siechen gemacht. Hoffentlich lernt man im letzten Moment aus diesen Erfahrungen auch bei uns noch etwas.

Die Unfallneurosen sind ein Typus, der uns in manchen anderen Richtungen Fingerzeige gibt. Wie die Begier nach Rente und Abfindung oder die Furcht vor den Schrecken des Krieges die Krankheit erzeugt und unterhält, so gibt es offenbar auch sonst keine andauernde Neurose ohne einen „Krankheitsgewinn", und wäre es auch nur der, einem verhassten Gegner zu zeigen, siehst du jetzt, was du angestellt hast. Bei nicht entschädigungspflichtigen Unfällen, z. B. bei Erdbebenkatastrophen gibt es keine trau-

matischen Neurosen, sondern vorübergehende Schreckneurosen mit ganz anderem Charakter, die relativ selten sind und sozusagen nur auch sonst stärker erregbare Individuen befallen.

Der Gewinn der Neurotiker steht allerdings oft in schlechtem Verhältnis zum Einsatz; aber das Unbewusste rechnet eben oft wie ein Kind, das nicht imstande ist, eine kleine Unannehmlichkeit in den Kauf zu nehmen, um eine grosse zukünftige zu vermeiden.

Der echte Rentenneurotiker wird durch das ihm ohne Arbeit zufliessende Geld kein behaglicher Rentier, sondern ein Leidender, der auf allen Lebensgenuss verzichtet hat — zugunsten einer überwertigen Idee.

Allerdings gibt es auch Krankheiten, namentlich hypochondrieartige, die man nicht ohne Grund *iatrogen* genannt hat. Es ist sehr wichtig, dass man ihre Existenz kennt; sie werden erzeugt durch den Arzt, der aus Unkenntnis oder in irgend einem falschen Eifer eine kleine Sache für schlimmer darstellt, als sie ist, und so dem Patienten eine Krankheit suggeriert, die er nicht hat. Aber ohne ein Entgegenkommen des Kranken selbst wäre das nicht möglich. Immerhin ist es wichtig zu wissen, dass es solche Krankheiten gibt, weil sich dann Arzt und Patient davor hüten können. Ein grosser Teil der Unfallneurosen waren früher iatrogen, und ich habe noch dieser Tage einen Begutachtungsfall in die Hände bekommen, der nach einer leichten Verbrennung arbeitsunfähig geworden ist, nach den Akten infolge unvorsichtiger Aussprüche eines Arztes, die allerdings von der Geldgier der Familie gerne aufgegriffen worden sind.

Die psychiatrische Beobachtung überhaupt kann auch in bezug auf körperliche Leiden manches wichtige lehren. Die so häufige chronische Verstopfung, die gewöhnlichen Beschwerden der Menstruation beruhen in der Regel nur auf einem ungeschickten Eingreifen unsrer Psyche in die natürlichen Vorgänge und wären deshalb nur auf psychischem Wege zu heilen und zu verhüten. Bei Geisteskranken, die sich um diese Dinge nicht kümmern, sind die Funktionen nur dann gestört, wenn eine besondere Organkrankheit notwendig diese Folge haben muss; ja, die Geburten, deren Beschwerden schon im alten Testament sprichwörtlich sind, verlaufen regelmässig auch bei den Kulturfrauen tuto und cito, wenn auch nicht immer gerade jucunde. Die Psychiater erfahren

auch, dass man im ärgsten Lärm schlafen kann, so gut wie der Müller in seiner Mühle, wenn man sich nicht darum kümmert, und dass, wenn einer wegen des schnarchenden Nachbars nicht schläft, der Fehler nicht beim Nachbar, sondern bei dem ist, der sich darüber ärgert und *deshalb* stören lässt; sie wissen auch, dass sehr weitgehende Schlaflosigkeit merkwürdig gut ertragen wird, wenn man sich darein ergibt und ruhig bleibt. Nicht die Schlaflosigkeit ist der Schade, sondern die Angst vor derselben (und gelegentlich einmal begleitende Umstände). Die praktischen Lehren aus diesen Tatsachen will man im allgemeinen auch jetzt noch nicht ziehen.

In der Auswahl meines Themas war ich nicht glücklich. Ich glaubte mehr Zeit zu meinen Ausführungen zur Verfügung zu haben. Ich wäre aber doch nicht fertig geworden. Noch manches hätte dazu gehört, so Ausführungen über die neuere Entwicklung, die der Intelligenzbegriff in der Beleuchtung der verschiedenen Demenzformen genommen hat, und daran anschliessend die Bedeutung der Intelligenzprüfungen, nach denen der Praktiker ein immer lebhafteres Bedürfnis empfindet. Ich möchte Ihnen nur noch einige Andeutungen machen über die Wichtigkeit der modernen Psychologie für andere Wissenschaften.

Innert der letzten Jahrzehnte ist man sehr viel psychologischer geworden auf allen Gebieten, sogar die belletristische Literatur der Deutschen hat sich dem nicht entziehen können, des Volkes, das nicht nur in der Literatur sich als das unpsychologischeste erwies, sondern auch jetzt durch den Mangel an instinktiver Rücksichtnahme auf bestimmte Imponderabilien die Bildung einer Koalition fast der ganzen Welt gegen sich erlaubte. In den Naturwissenschaften wird die *Zoologie* immer fruchtbarer ergänzt durch die Tierpsychologie. Noch mehr aber bestrebt sich alles, was mit Menschen zu tun hat, sie zu verstehen. *Pädagogen* und *Theologen* suchen in psychologischem Studium des einzelnen Individuums und ihrer Methoden ihr Wirken zielsicherer und fruchtbarer zu gestalten. Die *Jurisprudenz* hat in der Bekämpfung des Verbrechens den alten Boden unter den Füssen verloren; neuen kann sie nur gewinnen, wenn sie die Seele der Verbrecher und die psychische Soziologie des Verbrechens studiert. Sogar unser Zivilgesetzbuch bietet in seiner modernen Fassung, in den Fürsorge-, Ehe- und Bevormundungsartikeln eine solche Fülle psychologischer Aufgaben, dass der Praktiker zur Zeit noch gar nicht nachkommen kann.

Die *Medizin* war einmal zum grossen Teil psychologisch, und sie muss es wieder werden, wenn sie nicht eine Sünde an den Patienten begehen und von den Quacksalbern, den gebornen Psychologen, überholt werden soll. *Literatur* und *Kunst* werden erst dann erkenntnismässig verstanden, wenn sie aus der Seele des Künstlers und des Geniessenden heraus erfasst werden, wenn man weiss, aus was für Konflikten und Strebungen sie im einzelnen Falle naturnotwendig herausgewachsen sind. Die *Geschichte* war bis jetzt merkwürdigerweise sehr unpsychologisch, ist aber auf dem Wege, durch die Erforschung derer, die sie machen, neuen Boden zu gewinnen. Dass die Geschichte der Gegenwart, die *Politik* und die *Politiker,* mit praktischem und theoretischem Nutzen viel mehr nach diesen Richtungen erforscht werden sollte, ist selbstverständlich. All zu grosser Eifer für Weltverbesserung ist oft ein Zeichen einer geistigen Anomalie. Die *soziale Frage,* die *sexuelle,* die *Frauenfrage* sind psychische Probleme noch mehr als wirtschaftliche und können nur gelöst werden, wenn instinktiv, oder noch besser bewusst, alle wichtigen psychischen Momente, die sie hervorgerufen haben, berücksichtigt werden. Und wenn auch Chamberlain nicht als ein wissenschaftliches Ideal gelten kann, er hat doch recht, dass die *psychische Anthropologie* noch wichtiger ist als die Knochenmessung. Was die Psychologie *im Kriege* bedeutet, ist vielleicht noch nie so grell ins Licht getreten wie jetzt; es ist aber bezeichnend, dass man das da, wo nicht alte ausgefahrene Wege die Denkrichtungen bestimmen, früher begriffen hat als bei uns; so gibt es an der Kriegsakademie in Sofia eine Professur für Psychologie. Und kommen *praktische Fragen im Leben des Einzelnen,* so kann die Psychologie noch vieles nützliche bringen, wie bei der Auswahl und Einlernung von Arbeiten für bestimmte Manipulationen (man denke da an das von Taylor inaugurierte System); oder, wenn man Dienstbotennot heilen will, so sollte man wissen, dass der Zank mit dem Dienstmädchen gar nicht selten nur eine symbolische Handlung für die Unzufriedenheit mit dem Gatten darstellt, und dass man oft an ganz anderem Orte, als man bis jetzt versuchte, den Hebel ansetzen sollte.

Aber alle diese Wünsche können nur erfüllt werden von einer *naturwissenschaftlichen* Psychologie, die beobachtet, wo sie beobachten kann, und nur aus Beobachtungen ihre Schlüsse zieht. Die

Normalpsychologie ist lange Zeit andere Wege gegangen — und unfruchtbar geblieben; erst die Psychopathologie mit ihren unmittelbaren psychologischen Bedürfnissen hat so recht deutlich gezeigt, wo anzupacken ist, und in welcher Richtung man zu forschen hat; aber schon steht sie nicht mehr allein, und bald wird eine sellbständige praktisch verwendbare Psychologie den verschiedensten Wissenschaften zur Verfügung stehen.

Das Zodiakallicht, ein Glied der meteorologischen Optik.

Von Dr. Friedr. Schmid.

Wenn wir vom Zodiakallichte sprechen, so richten sich unsere Gedanken unwillkürlich nach der Tropenzone, wo dasselbe das ganze Jahr hindurch in jeder klaren Sternennacht, je nach dem Standorte des Beobachters, als eine mehr oder weniger senkrechte Lichtpyramide erscheint. In unseren Breiten wird die Periode der Sichtbarkeit entschieden unterschätzt; denn wir erblicken die erste Anlage zur Westpyramide in günstigen Verhältnissen schon Ende September, mit der Hauptperiode im Januar und Februar, und das letzte Übergangsstadium zum sömmerlichen Nachtdämmerungsscheine fällt in die zweite Hälfte Mai. Aus diesem Nachtdämmerungsscheine konstatieren wir in der Schweiz das einleitende Ostzodiakallicht schon Ende Juli kurz nach Mitternacht. Im September und Oktober wird die Ostpyramide bereits eindrucksvoller, erreicht im November und Dezember ihren Höhepunkt und verschwindet in der ersten Hälfte März im Südosthimmel als zarter, auf den Horizont geneigter Lichtschimmer. So bleibt auch bei uns eigentlich nur der Monat Juni ganz frei vom Zodiakallicht, und selbst in dieser Periode hat, wie wir später sehen werden, die Nachtdämmerung am Nordhimmel, als letzter Rest der nordischen Mitternachtssonne, immer noch eine gewisse Zodiakallichtnatur, die sich in einer hochgradigen Verschiebung vom senkrechten Sonnenstande in der Richtung des westlichen Ekliptikastes äussert. In allen übrigen Monaten können wir, je nach der Lage der Ekliptik zum Horizonte, das Ost- oder Westzodiakallicht in jeder klaren und mondlosen Sternennacht konstatieren, und von Ende September bis Mitte März ist es dem geübten Beobachter sogar möglich, in derselben Beobachtungsnacht abends die Westpyramide und morgens die Ostpyramide zu sehen.

Nach meinen 26jährigen Beobachtungen handelt es sich um eine absolut konstante, für jede Jahreszeit alljährlich genau wiederkehrende Erscheinung, die bei guten Beobachtungsverhältnissen nie im Stiche lässt. So ist das Zodiakallicht auch in unseren Breiten

gar keine Seltenheit, und man muss sich wundern, dass die oft recht eindrucksvolle Pyramide nur von einem verschwindend kleinen Teile der Bevölkerung je einmal gesehen wird.

Mit der Entfernung vom Tropengürtel ändert sich die perspektivische Ansicht der Pyramide ganz bedeutend; sie wird umso einseitiger, auf unserer Halbkugel umso mehr nach Süden geneigt, je weiter wir den Standort nach Norden verlegen. Das Lichtmaximum oder die Lichtachse, die beim senkrechten Tropenlichte in der Mitte der Pyramide liegt und über dem Horizont die grösste Intensität erreicht, ist bei uns erheblich verschoben und liegt von Süden aus gerechnet ungefähr im ersten Drittel der Pyramide. Die Basisbreite der letzteren wird während der Hauptperiode auch bei uns 70—80 °, in den Übergangsstadien zum sömmerlichen Nachtschein wohl 100 ° und darüber erreichen, und die Spitze der Pyramide kann sich zuweilen auch in unseren Breiten über die Hälfte des sichtbaren Tierkreises erstrecken. So haben wir es auch in der gemässigten Zone mit einer imposanten Lichterscheinung zu tun, die den Beobachter allerdings mehr durch die gewaltige Ausdehnung, als durch die Intensität schon zum voraus in hohem Grade fesselt.

Das Licht hat im Gegensatze zur mehr körnigen Struktur der Milchstrasse ein verschwommenes, milchiges Aussehen, kann letztere an Intensität in der Hauptperiode zuweilen mehrmals übertreffen und gleicht äusserlich vollkommen dem Nachtdämmerungsscheine. Die Lichtachsenbasis verrät nach Dämmerungsschluss oder vor Dämmerungsanbruch oft einen starken Stich ins Rote, das nach oben und nach der Seite ins Gelbliche und gegen die Ränder der Pyramide mehr ins Weissliche abblasst. In späterer Nachtstunde wird das Licht mehr weisslich, und nur in der Lichtachse verdichtet sich gegen den Horizont eine gelbliche Tönung, die sich in der Basis bis zum warmen gelblichen oder gelblichroten Tone steigern kann. Das erlöschende oder auftauchende Zodiakallicht, das meistens in die Mitternachtsstunden fällt, unterliegt der zum Horizonte progressiv ansteigenden atmosphärischen Absorption so stark, dass die Pyramide unter 45 ° Höhe schon sehr unsicher und abgeblasst erscheint. Sie erlischt demzufolge längere Zeit vor ihrem wirklichen Untergange als äusserst zarter Lichtschimmer, der nur noch vom geübten Beobachter als Zodiakallicht erkannt wird.

Gleichzeitig mit dem Zodiakallichte kann auch in unseren Breiten ziemlich häufig der Gegenschein als eine sehr abgeblasste, mehr oder weniger charakteristisch geformte Pyramide, zuweilen nur als äusserst zarte, unbestimmte Helle erkannt werden. Zur ziemlich ausgeprägten Pyramide kann sich der Gegenschein entwickeln, wenn der abnehmende Mond unter dem Osthorizonte steht, und bei geeigneter Konstellation des Mondes kann der Gegenschein das erlöschende Zodiakallicht sogar an Grösse und Intensität übertreffen. Auch die Lichtbrücke gehört keineswegs nur dem Tropenhimmel an. Ihre Sichtbarkeit ist aber entschieden von der Grösse der Sonnendepression und dem damit verbundenen Dunkelheitsgrad des Nachthimmels abhängig und fällt daher hauptsächlich in die Mitternachtsstunden. Die Farbe ist, wie beim Gegenschein, weisslich. Als ein äusserst zartes Lichtband verbindet sie in unseren Breiten nördlich der Ekliptik Zodiakallicht und Gegenschein, gegen beide sich konisch erweiternd. Ihre Breitenausdehnung wird sehr verschieden, von 5—30 ° taxiert, und es ist wohl die Übung und Lichtempfindlichkeit des Beobachtungsauges, seine Dunkeladaption, die Reinheit der Atmosphäre, die Steilheit der Ekliptik und eine möglichst grosse Sonnendepression für den Erfolg ihrer Beobachtung massgebend. Günstig wird es dabei immer wirken, wenn der Mond als verstärkender Reflektor unter dem Osthorizonte liegt.

Die Natur des Zodiakallichtes war bis in die neuere Zeit sehr dunkel. Die zahlreichen Erklärungsversuche lassen sich leicht in zwei Hauptrichtungen teilen. Die eine sucht die Ursache in kosmischen Verhältnissen, die andere will tellurische Umstände herbei ziehen. In beiden Fällen wird meistens reflektiertes Sonnenlicht angenommen; indessen gibt es auch Einzelstimmen, die an ein elektrisches Phänomen glauben. Schon 1733 erklärte De Mairon das Zodiakallicht für die Sonnenatmosphäre.[1] Zu abweichender Ansicht gelangte Seeliger, der die Ursache des Zodiakallichtes in einer kosmischen Staubwolke sucht, die sich gegen die Sonne zu verdichtet und linsen- oder scheibenförmig um letztere lagert.[2] Um diese Theorie hat sich nach und nach ein ganzer Stab

[1] Traité physique et hist. de l'Aurore boréale. Paris 1733.

[2] Seeliger. Über kosmische Staubmassen und das Zodiakallicht. Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften. Band XXXI, 1901, Heft 3.

von Anhängern gesellt; ich erinnere an Barnard, Moulton, Thomas Young, Fessenkoff u. a. Demzufolge hat diese Theorie auch verschiedene Modifikationen erlebt; denn die Staubwolke wurde innerhalb der Erdbahn, aber nahe an dieselbe heranreichend, oder wieder über die Erdbahn hinaus bis in die Nähe der Marsbahn angenommen.

Biot,[1] Maxwell Halls[2] und Mädler[3] denken sich diese Staubwolke in Ringgestalt in der Ebene des Sonnenäquators, zwischen der Erde und Marsbahn liegend. Der Auffassung einer reflektiven Erscheinung tritt heute Birkeland[4] entgegen; er glaubt, dass auf der Sonne eine mächtige äquatoriale Ausströmung elektrischer Strahlenatome bestehe, welche die Sonne in der Form einer gewaltigen Zirkularscheibe umgebe, die uns als Zodiakallicht erscheine. Ähnlich äusserte sich schon früher Lehmann,[5] der den Ursprung des Zodiakallichtes ebenfalls in elektrischen Beziehungen zwischen Sonne und Erde suchte.

Eine verwandte Auffassung vertritt auch Arrhenius,[6] der Kometen, Sonnenkorona, Nordlicht und Zodiakallicht durch den Strahlungsdruck kleiner Körperchen von 0,00016 mm zu erklären glaubt.

Jonas und Heis[7] legen den Ring nicht um die Sonne, sondern ähnlich dem Saturnring als Weltendunstring um die Erde. Diese Ansicht vertreten auch Glanvill und Roche, und heute glaubt der Mediziner Filehne[8] vom physiologischen Standpunkte aus diese Auffassung stützen zu können. Houzeau[9] und Förster vermuten einen der Erde anhängenden, federbuschartigen Sektor, der aus einer nebligen Materie bestehe und in der Ebene der Erdbahn liege. Mit diesen Erklärungen haben wir uns bereits der tellurischen Auffassung des Zodiakallichtes genähert. Regner[10]

[1] Drechsler. Katechismus der Astronomie. Leipzig 1886. Seite 302.

[2] Bulletin of the Mount Weather Observatory. Vol. 6. Part. 3. Washington 1914.

[3] Mädler. Der Himmel. Hamburg 1871. Seite 67.

[4] Archives des sciences physiques et naturelles. Fév. 1916.

[5] Lehmann. Die Erde und der Mond. Prag und Leipzig 1884. Seite 199.

[6] Svante Arrhenius. Das Werden der Welten. Leipzig. Akademischer Verlag 1908. Seite 88.

[7] Klein. Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung. 1901. Seite 75.

[8] Filehne. Das Zodiakallicht und unser Sehorgan. Leipzig 1916. (Ergänzungsheft des „Sirius".)

[9] Klein. Handbuch der allgemeinen Himmelsbeschreibung 1901. Seite 75.

[10] Drechsler. Katechismus der Astronomie. Leipzig 1886. Seite 302.

sucht die Ursache desselben in der Beugung der Sonnenstrahlen an der Erdkugel und verlegt somit den Sitz des Zodiakallichtes in die Erdatmosphäre. Mooser nnd Gruson[1] vermuten im Luftozean wie auf dem Meere Mondflutwellen, die uns das Sonnenlicht reflektieren.

Diese bunte Sammlung der verschiedensten Erklärungsversuche macht noch keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit; aber sie beweist uns doch deutlich genug, wie unsicher die Wissenschaft der Zodiakallichtfrage gegenübersteht, und es mag fast wie ein Überfluss erscheinen, zu all diesen Hypothesen noch eine weitere Erklärung legen zu wollen.

Im Februar 1891 erblickte der Sprechende, als ein für die Himmelskunde begeisterter 21jähriger Jüngling, zuerst das Zodiakallicht. Von diesem Momente an festigte sich meine Überzeugung immer mehr, dass wir es mit einem rein tellurisch-optischen Phänomen unserer bedeutend abgeplatteten Erdatmosphäre zu tun haben. Diesem Gedanken gegenüber bestand nun allerdings die Schwierigkeit, dass das Zodiakallicht nicht in der Ebene des Erdäquators, sondern mehr in der Ebene der Ekliptik liegt. Da aber nach aussen die Winkelgeschwindigkeit der rotierenden Atmosphäre sehr wahrscheinlich schon in relativ tiefen Atmosphärenschichten abnimmt, so ziehen wir daraus den Schluss, dass die Rotationsverhältnisse in den höchsten Atmosphärenschichten jedenfalls ganz andere sind, als dies in der Nähe der Erde der Fall ist. Es scheint, dass die Gravitation der nächsten Himmelskörper unseres Planetensystems über die terrestrische Schwingebene die Oberhand gewinne, wodurch der Äquator unserer Atmosphärenlinse mehr in die Ebene der Ekliptik verlegt wird. Dabei muss die Frage noch offen bleiben, ob nicht auch tellurische Einflüsse infolge der ungleichen Verteilung der Kontinente und Meere auf unserer Erde diese Ablenkung unterstützen. Weitere Überlegungen sind auch von dem Gesichtspunkte aus zu überprüfen, ob die Zodiakallichtebene die Ursprungsebene unseres Planeten darstelle, die unter dem Einflusse der nächsten Himmelskörper an den Schwerpunktsänderungen und den damit verbundenen Polwanderungen des Erdkörpers nicht mehr teilgenommen hat und nur noch von kosmischen Einflüssen beherrscht wird. Weiter auf diese Frage einzutreten,

[1] Gruson. Im Reiche des Lichtes. Braunschweig 1895.

würde uns zu weit führen. Sie bilden ein neues interessantes Problem der Geophysik, und gestützt auf meine Beobachtungen werde ich den Beweis erbringen, dass sie diesem Probleme nicht mehr ausweichen kann. Alles weitere besprechen wir, wie es die kurze Zeit gestattet, an Hand unserer Projektionen, zu denen wir unverzüglich schreiten.

Begleitworte zu den Projektionen.[1]

1. *Westzodiakallicht in der Schweiz.* Nach meiner Beobachtung bei Oberhelfenswil, den 25. Januar 1914, abends 8 Uhr, mit dem heimatlichen Horizonte Kreuzegg-Hörnlikette. Die Pyramide ist bei uns stets nach Süden geneigt. Die grösste Leuchtkraft liegt von Süden aus gerechnet etwa im ersten Drittel der Pyramide.

2. *Westzodiakallicht. Tropenansicht.* Beobachtet von H. Gruson im Februar 1892 in Assuan, Ober-Ägypten (23 ° n. Br.). Die Pyramide ist senkrecht und breit angesetzt. Das Maximum in der Mitte.

3. *Westzodiakallicht. Tropenansicht.* Beobachtet von L. Becker im Oktober 1858 in Melbourne, Australien (36 ° südl. Br.) Auf der südlichen Halbkugel ist die Pyramide nach Norden geneigt.

4. *Meine Zodiakallichttheorie.* Erde und Atmosphäre von der Polseite aus gesehen, daher ist die Atmosphäre nicht linsenförmig, sondern kreisförmig gezeichnet. Die Sonne beleuchtet den grössten Teil der Atmosphäre und bildet im Westen für den Beobachter auf der Nachtseite das Zodiakallicht. Im Osten der Mond. Bei geeigneter Konstellation bildet er ein Mondzodiakallicht oder den Gegenschein, dessen Spitze sich mit der Zodiakallichtspitze sogar kreuzen kann, wodurch die Bedingung für die Bildung der Lichtbrücke besonders günstig ist. Maunder in Indien und Gruson in Ägypten berichten uns von sog. Spalten oder Schattenstrahlen im Zodiakallichte. Umgekehrt erwähnt Prof. Pechuel-Loesche aus den Wendekreisgebieten helle Seitenstrahlen, die kometenschweifartig stets einseitig neben der Pyramide standen. Offenbar handelt es sich um licht- und schatten-

[1] Anmerkung. Voraussichtlich wird eine grössere allgemeine Veröffentlichung über Zodiakallicht und Nachtdämmerung mit vielen Textbildern und Tafelbeilagen später folgen. Daher wird an dieser Stelle von der Beilage von Tafeln Umgang genommen.

werfende Wolken. Dichte Kumulusstöcke bewirken selbst am Tage hoch am Himmel oft lange Schlagschatten und können, unter dem Horizonte stehend, Schattenstrahlen in das Zodiakallicht werfen. Umgekehrt werden unter dem Horizonte stehende, in die Abendglut versetzte Wolken, auch Lichtstrahlen bewirken können, die jedenfalls mit den Lichtstrahlen nach Prof. Loesche identisch sind. Diese Annahme findet eine erhebliche Stütze darin, dass diese Strahlen stets einseitig, auf der der Erde zugekehrten Seite auftraten. Ein Auftreten auf der entgegengesetzten Seite wäre optisch unmöglich.

5. *Schattenstrahl im Zodiakallichte.* Beobachtet von H. Gruson am 19. Februar 1892 auf der Insel Elephantine. Diese Beobachtung ist umso wertvoller, als Gruson ausdrücklich betont, dass dieser Strahl vor seinen eigenen Augen sich schloss und das Zodiakallicht wieder normal erschien. Ähnliche Wolkenschatten erblickt man oft im Purpurlichte, und am 14. August dieses Jahres sah ich vier solche Strahlen von kleinen Wolken ausgehend sehr deutlich in der atmosphärischen Korona. (Bishopscher Ring.)

6. *Seitenstrahlen neben dem Zodiakallichte.* Im Jahre 1875 beobachtet von Prof. Pechuel-Loesche. Jedenfalls wurden diese Strahlen verursacht durch hellglühende, unter dem Horizonte stehende Abendwolken. Diese Licht- und Schattenstrahlen sprechen doch kaum für die kosmische Natur des Zodiakallichtes.

7. *Erdlicht mit Bildung eines Gegenscheins und einer Lichtbrücke.* Nach den sorgfältigen Untersuchungen von Humphreys, Newcomb, Ytema und Abbot existiert am Mitternachtshimmel nach Abzug des Sternenlichtes immer noch ein Rest Licht, dessen Herkunft man nicht kennt. Die grösste Intensität liegt rings über dem Horizonte; nach oben nimmt die Lichtmenge stetig ab. Nach meiner festen Überzeugung handelt es sich um indirekte Dämmerung höchster Atmosphärenschichten. Die sonnenbeleuchtete Atmosphäre, die wir Erdkorona nennen möchten, tangiert die Schattenkegelluft so gründlich, dass diese in leichte Dämmerung geraten muss. Die Lichtquelle kommt für den Beobachter hinter dem Horizonte herauf, und darum ist die Lichtzunahme gegen den Horizont zu auch am grössten.

In unseren Breiten haben wir die Sonne nie im Nadir des Beobachters; daher stehen wir beständig unter dem Einflusse der einseitig wirkenden Erdkorona und dies umsomehr, je geringer die Sonnendepression ist. Dies stimmt vollständig mit dem Dunkelheits-

grad des Nachthimmels, dessen eine, über dem Sonnenorte liegende Hälfte fast immer etwas heller abtönt, als die gegenüberliegende Seite.

Aus einer linsenförmigen Atmosphäre geht hervor, dass in der Ebene des atmosphärischen Äquators die reflektierenden Massen am höchsten aufgetürmt sind und in vermehrter Intensität in den Schattenkegel einstrahlen. In derselben Ebene liegen auch die tiefsten Dämmerungsschichten, und so erklärt es sich, dass die Himmelsfarbe in der Ekliptik immer etwas heller abtönt. Wird diese Helle über dem Horizonte ziemlich markant, so entsteht ein Gegenschein, in dessen Verlängerung sich bei grosser Sonnendepression, die den Beobachter in den tiefsten Erdschatten stellt, sich eine ununterbrochene Lichtzone der Luftlinsenebene entlang ausbildet, die Lichtbrücke. Auf der nördlichen Halbkugel kommen in höheren Breiten mehr die nördlich gelegenen Partien zur optischen Wirkung, und die südlichen Zonen erlöschen teilweise. Daraus erklärt sich für uns die nördliche Abweichung der Lichtbrücke aus der Ekliptikebene.

8. *Die nächtliche Eigenbewegung des Zodiakallichtes.* Mit der Wirkung des Erdlichtes in enger Verbindung steht die sogenannte nächtliche Eigenbewegung des Zodiakallichtes. Sie wurde meines Wissens nur von Cassini angedeutet, von mir unabhängig von ihm wieder gefunden und genauer untersucht. Sie kennzeichnet sich dadurch, dass beim Westzodiakallichte nahe, aber noch ausserhalb stehende Sterne in derselben Nacht allmählich in die Pyramide eintauchen, während beim Ostzodiakallichte ein entsprechendes Austreten beobachtet wird. Meine Vermutung, hier für das Zodiakallicht einen neuen terrestrischen Beweis zu finden, musste ich fallen lassen. Ohne Zweifel ist die Erscheinung abhängig vom Dunkelheitsgrad des Nachthimmels, wodurch bei der Westpyramide anfänglich optisch noch unwirksame Randpartien durch die wachsende Sonnendepression sichtbar werden, während sie beim Ostzodiakallichte durch das Steigen der Sonne erlöschen. Die Ergebnisse haben insofern eine Bedeutung, als der Beweis erbracht ist, dass in hohen Atmosphärenschichten die Dämmerung die ganze Nacht hindurch von der Sonnendepression beeinflusst wird.

9. *Ostzodiakallicht. August bis November.* Schon Ende Juli entwickelt sich aus dem Mitternachtsschein die erste Anlage zum Ostzodiakallicht. Besonders mache ich auf die Verschiebung der Sternbilder in der Pyramide aufmerksam. Die Richtung geht schräg aufwärts.

10. *Ostzodiakallicht. Dezember bis März.* Die Höhe der Zodiakallichtregion ergibt sich aus den Spitzenlagen auf 1000 bis 5000 km. Einzelne Resultate reichen sogar auf 8000 km. Diese Angaben müssen mit allem Vorbehalt aufgenommen werden. Wir kennen die Werte der indirekten Dämmerung nicht. Ebenso schwer ist es, die Lichtabsorption der Schattenkegelluft auf die zarte Pyramidenspitze richtig einzuschätzen. Dazu kommt die nächtliche Eigenbewegung, durch welche stündliche Spitzenverlängerungen oder Verkürzungen von 6—10 ° möglich sind. Aus allem geht daher hervor, dass die Höhenbestimmung des Zodiakallichtes ein sehr schwieriges Problem ist.

11. *Westzodiakallicht. Dezember bis März.* Im Gegensatze zum Ostzodiakallichte bemerken wir hier ein allmähliches Eintauchen der Randsterne in den Südschenkel. Die Bewegung geht aber nicht schräg aufwärts, sondern schräg abwärts. Aus allen diesen Beobachtungen ziehen wir den sicheren Schluss, dass das Zodiakallicht zum mindesten nicht in die Fixsternregion gehört. Doch könnte die Zugehörigkeit zur Sonne eine ähnliche Bewegung ergeben. In diesem Falle müsste aber die Zodiakallichtspitze analog der Sonnenbewegung täglich rund 1 Grad von Westen gegen Osten schreiten. Diesen Forderungen entsprechen die Untersuchungen nicht.

12. *Retardation des Zodiakallichtes zur Sonnenbewegung.* Zur Prüfung der jährlichen Zodiakallichtbewegung wählen wir hier die Hauptperiode des Westlichtes vom 8. Dezember bis 9. März. Am 8. Dezember liegt abends 8 Uhr die Zodiakallichtspitze bei 108 Pisces. Bis zum 9. März 8½ Uhr wandert sie nach 72 Tauri. Distanz 41 °. Sonnenbewegung in 91 Tagen rund 90 °. Somit bleibt das Zodiakallicht in 91 Tagen 49 ° hinter der Sonnenbewegung zurück. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch beim Ostzodiakallichte, was die Zugehörigkeit zur Sonne wohl gänzlich ausschliesst.

13. *Lage der Zodiakallichtachse und des Gegenscheins zum Sonnenäquator und der Ekliptik.* Im Jahr 1900 veröffentlichte Prof. Wolf, Direktor des Observatoriums Königsstuhl seine Ergebnisse über die Lage des Zodiakallichtes und des Gegenscheins,[1] und kam zum Schlusse, dass das Zodiakallicht wahr-

[1] M. Wolf. Über die Bestimmung der Lage des Zodiakallichtes und den Gegenschein. Aus den Sitzungsberichten der mathematisch-physikalischen Klasse der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften. Band XXX, 1900, 2. Heft.

scheinlich in der Ebene des Sonnenäquators liege. Das gefundene Resultat stützt sich auf eine kleinere Zahl photometrischer Horizontalschnitte des Februar- und Märzzodiakallichtes, welche nur geringe Abweichungen aus der Ekliptikebene zeigen. Würde aber Prof. Wolf die ganze Lage der Lichtachse auch zu anderen Jahreszeiten und speziell beim Ostzodiakallichte untersucht haben, so hätte er damals ohne Zweifel seine Schlüsse fallen gelassen. Unsere Untersuchungen zeigen speziell beim Ostzodiakallichte und beim Gegenschein teilweise so gewaltige Abweichungen aus der Ebene des Sonnenäquators und der Ekliptik, dass die Zugehörigkeit zur Sonne gänzlich ausgeschlossen erscheint.

Prof. Wolf hat wohl übersehen, dass die Lage der Zodiakallichtachse und des Gegenscheins in weitgehendster Weise abhängig ist von dem Beobachtungsorte. In je höhere Breiten wir denselben verlegen, um so mehr leiden unsere Beobachtungen durch die einseitig wirkende Absorption der Schattenkegelluft. Auf der nördlichen Halbkugel werden nördliche Teile der Pyramide in vermehrter Weise optisch wirksam und südliche, entferntere Partien erlöschen. Auf der südlichen Halbkugel ist dies umgekehrt.

14. *Die Wirkung der atmosphärischen Absorption auf die Zodiakallichtpyramide und die Parallaxe des Zodiakallichtes.* Die kolossale einseitige Wirkung der atmosphärischen Absorption auf die Zodiakallichtpyramide, wobei die Lage der Lichtachse gänzlich aus der Ekliptikebene herausgerissen wird, zeigt uns zu gewissen Jahreszeiten besonders das Ostzodiakallicht, teilweise auch das Westzodiakallicht. Jones hatte diese Störung ohne Zweifel beobachtet, wenn er schreibt: „Wenn ich mich nördlich der Ekliptik befand, war der Hauptteil des Zodiakallichtes auf der Nordseite dieser Linie. Wenn ich im Süden der Ekliptik war, befand sich der Hauptteil des Zodiakallichtes auf der Südseite. Wenn ich meine Stellung nahe der Ekliptik hatte, war dieses Licht gleichmässig oder nahezu gleichmässig von der Ekliptik verteilt.“

In diesen Störungen ist sicherlich auch das Geheimnis der negativen Parallaxe zu suchen, indem die Spitzenlage mit dem Beobachter wandert und zum Fixsternhimmel eine total falsche Perspektive ergibt. Ob für einen geübten Beobachter in verschiedenen Breitenzonen der Erde vielleicht doch noch Parallaxenmerkmale sichtbar würden, kann ich nicht entscheiden, aber ich vermute eher ja.

15. *Bildung des Gegenscheins durch Mondlicht und reflektiertes Zodiakallicht.* Alexander v. Humboldt erklärte den Gegenschein für eine reflektierte Erscheinung des Zodiakallichtes. Brorsen dagegen hielt ihn für eine mit dem Zodiakallichte in Verbindung stehende, jedoch selbständige Lichterscheinung. Die Untersuchungen haben ergeben, dass beide Fälle möglich sind. Einen selbständigen Gegenschein bildet der Mond. In diesem Falle wächst der Gegenschein an, während das Zodiakallicht abnimmt. Wie sich der Purpur auf der Gegenseite des Himmels wiederspiegeln kann, so kann auch das Zodiakallicht im Gegenpunkte ein schwaches Reflexbild erzeugen. Dieser Gegenschein wird sich aber von dem Mondgegenschein oft durch seine anormale Lage zur Ekliptik unterscheiden, und zudem verschwindet er schon zirka eine Stunde vor dem Westzodiakallichte, wird also im Gegensatze zum Mondgegenschein stets kleiner und lichtschwächer. Wir haben also drei Möglichkeiten zur Bildung des Gegenscheins erkannt: den Mondgegenschein, das Erdlicht und das reflektierte Zodiakallicht.

Wenn Heis, Serpieri und Eylert übereinstimmend die merkwürdige Beobachtung machten, dass der Gegenschein in seltenen Fällen ausserhalb der Lichtbrücke lag, so hatten hier sicherlich diese verschiedenen Faktoren zusammengewirkt, die auf kosmischem Wege kaum mehr zu erklären sind.

16. *Übergangsformen zur Nachtdämmerung. Aprilzodiakallicht.* Wenn das Zodiakallicht wirklich den äussersten Dämmerungsbogen der Erdatmosphäre darstellt, dann dürften wir voraussetzen, dass sich auch im Nachtdämmerungsphänomen Anomalien zeigen, die auf die stark abgeplattete Atmosphäre hinweisen. Diese Voraussetzung hat sich durchaus bestätigt.

Ende März oder Anfang April beobachten wir eine plötzliche Veränderung des versinkenden Westzodiakallichtes. Es umgibt sich mit einem zarten, diffusen Mantel, dessen Merkmale man beim Winterzodiakallichte vergeblich sucht. Vermutlich handelt es sich um eine tiefere Schichtungsgrenze der Zodiakallichtsphäre; denn aus diesem zodiakallichtähnlichen Mantel entwickelt sich bis Ende Mai der gleichschenklige sömmerliche Nachtdämmerungsschein, der uns die letzte Dämmerung der nordischen Nachtsonne darstellt. Diese Übergangsformen kehrten seit meiner erstmaligen Beobachtung im Jahre 1909 alljährlich in derselben Weise und die gleichen Sternbilder umfassend zurück, so dass an eine konstante Erscheinung

geglaubt werden muss. Die Basisbreite dieses Zodiakallicht-Dämmerungsscheins kann 100° und die Scheitelhöhe wohl 70° und darüber erreichen.

17. *Mai-Zodiakallicht. Übergangsformen zum gleichschenkligen Nachtdämmerungsschein in derselben Nacht.* Im Monat Mai treten die Übergangsformen zur sömmerlichen Nachtdämmerung immer deutlicher hervor. Eine entsprechende Umformung ist auch jede Nacht konstatierbar. Sie macht sich geltend durch eine fortschreitende Abrundung des Zodiakallichtscheitels, bis wir um Mitternacht den gleichschenkligen Nachtdämmerungsschein vor uns haben. Diese Umformung tritt immer früher ein, und Ende Mai oder Anfang Juni haben wir schon mit einbrechender Nacht das gleichschenklige Nachtdämmerungssegment des Hochsommers vor uns.

18. *Veränderungen des Zodiakallichtes in derselben Nacht.* Ganz verwandte Veränderungen finden sich auch beim Winterzodiakallichte, das im Laufe des Winters, aber auch jede Beobachtungsnacht, sich der gleichschenkligen Pyramide nähert.

19. *Nachtdämmerungsschein im Juni.* Selbst wenn sich die Umformung vom Zodiakallichte zum sömmerlichen Nachtscheine gänzlich vollzogen hat, so hat diese Nachtdämmerung immer noch eine gewisse Zodiakallichtnatur, die sich in einer hochgradigen Verschiebung aus dem senkrechten Sonnenstande in der Richtung des westlichen Ekliptikastes äussert. Wir leiten aus unseren Beobachtungen folgende allgemeine Regeln ab: 1. Die Nachtdämmerung ist stets in der Richtung des steileren Ekliptikastes verschoben. 2. Liegt die Ekliptik gleichmässig unter dem Horizont, so stellt sich die Nachtdämmerung senkrecht über den Sonnenort. 3. Wird die Ekliptiklage einseitig und steiler, so wird der anfänglich nur nach jener Richtung verschobene Nachtdämmerungsschein in der Gegend des betreffenden Ekliptikastes aufgetürmt, bis er schliesslich ausgesprochene Zodiakallichtnatur erhält.

20. *Nachtdämmerungsschein im Juli.* In der ersten Monatshälfte bewirkt der steilere Ekliptikast im Westen immer noch eine erhebliche Verschiebung des Mitternachtsscheins gegen Westen. Die Höhen der reflektierenden Atmosphärenschichten ergeben aus dem sömmerlichen Nachtschein 200—650 km, und zwar finden wir umso grössere Höhen, je grösser die Sonnendepression ist, was sich durch den Dunkelheitsgrad des Nachthimmels ableiten lässt. Die Höhenbestimmung der Nachtdämmerung begegnet überhaupt genau

denselben Schwierigkeiten wie die Höhenbestimmung des Zodiakallichtes.

21. *Mitternachtsschein Anfang August mit einleitendem Ostzodiakallicht* (5./6. August 1916). Schon Ende Juli bewirkt der östlich aufsteigende Ekliptikast kurz nach Mitternacht aus dem Nachtscheine die erste Anlage zum Ostzodiakallichte. Anfang August gewinnt der östliche Dämmerungsast immer mehr Zodiakallichtnatur.

22. *Übergangsformen vom Nachtdämmerungsschein zum Ostzodiakallichte* am 18./19. August 1917. Die Beobachtungsserie von abends 10 Uhr bis morgens 3 Uhr 20 Minuten zeigt den ununterbrochenen Entwicklungsgang vom normalen, gleichschenkligen Nachtdämmerungsschein zum auftauchenden Ostzodiakallichte.

23. *Nachtdämmerungsschein im September.* Wir verlassen mit diesem Monat das bereits ausgebildete Ostzodiakallicht und beschäftigen uns nun mit der Einleitung des Westzodiakallichtes. Im September und Oktober bleibt nach einbrechender Nacht selbst bei einem Sonnenstande von —30° und darüber immer noch ein zarter Rest des sömmerlichen Nachtscheins zurück, wodurch die bisher angenommene Grenze der astronomischen Dämmerung bei —18° illusorisch geworden ist. Dieser zarte Nachtdämmerungsschein verlängert sich in der zweiten Hälfte September bis nach Südwesten und kann dadurch vom senkrechten Sonnenstande eine Verschiebung gegen den südwestlichen Ekliptikast von 70° erreichen.

24. *Nachtdämmerungsschein im Oktober mit Übergang zum Westzodiakallichte.* Durch die allmählich höher steigende Ekliptik schwillt das Dämmerungsband im Südwesten immer mächtiger an, reicht aber mit seinen Ausläufern noch bis in den Nordhorizont, und das ganze ist ein typisches Zwischenglied von Nachtschein und Zodiakallicht.

25. *Zodiakallicht im November.* Im November wird die echte Zodiakallichtnatur mehr und mehr überwiegen, doch bleibt ein Rest des sömmerlichen Nachtscheins auch in diesem Monat noch fühlbar, der sich in der Verlängerung des Nordschenkels in ein zartes Dämmerungsband zeigt. Wir haben nun den eng verbundenen Jahreslauf zwischen Nachtdämmerung und Zodiakallicht geschlossen, aus welchem die Zusammengehörigkeit zwingend hervorgeht. Erfreuliche Bestätigungen finden wir aber auch in den Übergängen

zwischen der astronomischen Dämmerung und dem Zodiakallicht in derselben Nacht.

26. *Übergang vom Ostzodiakallicht zur Morgendämmerung.* Wenn wir während der Hauptperiode des Westzodiakallichtes die letzte Abenddämmerung genauer untersuchen, so finden wir das Maximum vom lotrechten Sonnenstande oft nach Süden gedrückt, und in den letzten Dämmerungsphasen fliesst es allmählich in jener Stelle zusammen, wo bald nachher die Lichtachsenbasis auftaucht.

Wenn es mir noch nicht gelungen ist, die letzte Abenddämmerung in derselben Schärfe zu zergliedern wie die erste Morgendämmerung, so mögen atmosphärisch-optische Gründe mitsprechen, zu denen sich sehr warscheinlich auch physiologische Momente unseres Sehorgans gesellen, dessen Lichtreiz nach vollbrachter Nacht grösser ist als nach dem hellen Tage.

Der erste Vorbote der Morgendämmerung kündigt sich durch eine erhebliche Intensitätszunahme des Ostzodiakallichtes an. Eine solche Progression beobachten wir in umgekehrtem Sinne auch beim Westzodiakallichte. Sie wird hervorgerufen, weil am Abend unmittelbar nach Dämmerungsschluss zunächst noch die tiefsten und reflexionsfähigsten Schichten der Zodiakallichtsphäre von den Sonnenstrahlen tangiert werden. Am Morgen ist das Umgekehrte der Fall. Fast plötzlich wird nun die Lichtachsenbasis breiter und unbestimmter und erscheint oft um einige Grade nach Norden verschoben. Dies ist das Signal zum ersten Dämmerungsanbruch; denn unmittelbar nachher taucht in der Lichtachsenbasis oder hart an ihrer Nordseite der erste, noch äusserst zarte Dämmerungsbogen auf. Die Sonnendepression wird zu dieser Zeit bei günstigen Beobachtungsverhältnissen 18—19° betragen, und die südliche Abweichung vom Sonnenorte kann 20° Grad übersteigen. Dieser erste Dämmerungsbogen wächst nun nicht konzentrisch, sondern exzentrisch an und wandert so rückwärts dem Sonnenorte zu. Wenn die Dämmerung etwa die halbe Höhe des Zodiakallichtes erreicht hat, wird letzteres gänzlich ausgelöscht. Durch die fortschreitende Exzentrizität sucht die auftauchende Dämmerung ihre normale Lage über dem Sonnenorte. Hier angelangt, erreicht sie in wenigen Minuten Zenithöhe, und fast urplötzlich wird nun auch auf der westlichen Himmelshälfte bis hinab zum Horizonte die Gegendämmerung fühlbar, wodurch die Abgrenzung des östlichen Dämmerungssegmentes

aufhört. Die Dämmerung ist am ganzen Himmel, und die Sterne fünfter Grösse verschwinden.

Die Südverschiebung der auftauchenden Morgendämmerung in der Richtung der Zodiakallichtachse ist eine natürliche Folge der aufgetürmten Atmosphärenschichten in der Ebene des atmosphärischen Äquators. In jener Richtung werden zuerst die reflexionsfähigen Dämmerungsschichten von den Sonnenstrahlen tangiert, was in unserer Gegend bei der schiefen Lage des atmosphärischen Äquators zur Horizontebene eine Südverschiebung der auftauchenden Morgendämmerung ergeben muss. Je tiefer im weiteren Verlaufe die Sonnenstrahlen die Atmosphäre tangieren, umsomehr nähern sich ihre Schichten der Kugelgestalt der Erde, was eine allmähliche Einstellung der auftauchenden Dämmerung über den Sonnenort bedingt. Wäre unsere Atmosphärenhülle eine gleichmässige Kugelschale, so müsste der erste Dämmerungsbogen und jeder Nachtdämmerungsschein senkrecht über dem Sonnenorte liegen. Unsere Beobachtungen zeigen das Gegenteil, wodurch unsere Kenntnisse über den Aufbau unserer Atmosphärenhülle um einen mächtigen Schritt vorwärts gekommen sind und auch die Brücke zwischen Zodiakallicht und Dämmerung einwandfrei geschlagen ist. Damit dürfte endlich die lang gestellte Frage über die Natur des Zodiakallichtes ihre endgültige Lösung gefunden haben.

27. *Morgendämmerung.* Während unseren Betrachtungen hat sich bei einem Sonnenstande von zirka —13° über dem Osthorizonte ein intensives gelbes Dämmerungsband gebildet. Vermutlich tangieren die Sonnenstrahlen bereits die tieferen Schichten der Stratosphäre. Der junge Tag bricht an, der in seiner Schönheit und Erhabenheit von keiner Künstlerhand erreicht wird.