

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: 106 (1925)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Hauptvorträge

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 07.03.2026

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

Eröffnungsrede
des Jahrespräsidenten
und
Hauptvorträge

Discours d'introduction
du Président annuel
et
Conférences principales

Discorso inaugurale
del Presidente annuale
e
Conferenze principali

Leere Seite
Blank page
Page vide

Leere Seite
Blank page
Page vide

Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten

von

Prof. Dr. PAUL STEINMANN (Aarau)

Hochansehnliche Versammlung!

Liebe Freunde von fern und nah!

Sie haben sich hier versammelt, um einige Tage ernster Arbeit und freundschaftlichen Gedankenaustausches in unserer Stadt zu verbringen. Ich begrüsse Sie im Namen der ganzen Aargauer Bevölkerung und hoffe, dass die kleinen und bescheidenen Verhältnisse, in denen Sie sich nun bewegen müssen, den grossen Zielen und Aufgaben keinen Abbruch tun mögen, denen die 106. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft gilt.

Viereinhalb Jahrzehnte sind vergangen seit der Zeit, da die Schweizer Naturforscher das letzte Mal in Aarau zusammentraten. Wenn wir Aargauer Naturforscher diesen Zeitraum überblicken, so tritt uns die markige Gestalt unseres unvergesslichen FRITZ MÜHLBERG vor Augen, der damals im Jahre 1881 das Amt des Jahrespräsidenten verwaltete. Sein klarer Blick, sein nimmermüder Arbeitsgeist, sein Ansehen weit über die Grenzen unseres Kantons hinaus, haben jahrzehntelang dem wissenschaftlichen Leben unserer Gegend den Stempel aufgedrückt. Er hat es verstanden, viele zur Nacheiferung zu bewegen und in weiten Kreisen Verständnis zu wecken für die Aufgaben, denen sich die Naturforschung hingibt. Dies ist es, was jedem, der als Neuling den Kreis betritt, besonders auffällt: eine altbewährte Tradition und ein waches, helläugiges Verstehen, wie man es anderwärts in weit grösseren Verhältnissen kaum antrifft. Besonders verdient das hohe Interesse hervorgehoben zu werden, das industrielle und kommerzielle Kreise an unseren Wissenschaften bekunden. Es sei gestattet, hier in besonderer Dankbarkeit die Namen von vier Männern zu nennen, die am

naturwissenschaftlichen Leben und insbesondere am Gedeihen unseres Museums Anteil haben: Unser Veteran der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Herr ANDREAS BIRCHER aus Kairo, den die Bürde seiner 87 Jahre nicht abgehalten hat, in die Heimat zu kommen und den festlichen Anlass der Eröffnung unserer Jahresversammlung mit uns zu begehen; Herr alt Nationalrat EDUARD BALLY-PRIOR, von dessen eifriger Sammeltätigkeit das Schönenwerder Museum beredte Kunde gibt; Herr RUDOLF ZÜRLINDEN-RICHNER, dessen hochherzige Stiftungen unseren Bestrebungen immer und immer wieder zu Hilfe kamen, und Herr HERMANN KUMMLER-SAUERLÄNDER, dessen Initiative und nimmermüder Arbeit die Gründung unseres neuen Museums in erster Linie zu danken ist.

Dass der Geist von FRITZ MÜHLBERG, dass Liebe zur Natur und Freude an ihrer Erforschung auch heute noch in unserem Kanton lebendig ist, das mag Ihnen insbesondere auch die litterarische Gabe bezeugen, die Ihnen heute überreicht worden ist. Beim Durchlesen der Mitarbeiterliste werden Sie auf den Namen HERMANN FISCHER-SIGWART stossen. Vor zwei Wochen haben wir diesen treuen Kämpen zur letzten Ruhe gebettet. Seine Arbeit über die schweizerische Storchenstatistik ist sein letzter Gruss an seine zahlreichen Freunde aus der ganzen Schweiz, denen er heute die Hand nicht mehr drücken darf.

Neben den beiden verstorbenen ehemaligen Jahrespräsidenten MÜHLBERG und FISCHER-SIGWART möchte ich aber auch noch einer lebenden Würdeträgerin gedenken: Fräulein FANNY CUSTER, unsere Quästorin im Zentralvorstand, die in treuer Opferfreudigkeit seit vielen Jahren ihr wichtiges Amt versieht zu Nutzen und Frommen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft; sie spricht Ihnen durch meinen Mund ihre besondere Freude darüber aus, dass sich die Gesellschaft endlich wieder einmal ihres Geschäftssitzes erinnert und Aarau als Versammlungsort gewählt hat.

Endlich wieder einmal! Viereinhalb Jahrzehnte sind inzwischen verflossen, Jahre eifrigster Arbeit, Jahre erstaunlicher Fortschritte auf allen Gebieten der theoretischen und praktischen Naturwissenschaft, Jahre unvorhergesehener Umwälzungen unserer Anschauungen, aber auch Jahre, in denen vieles von dem ins Wanken kam, was unsere Eltern auf festen Fels gegründet wähten. Der Weg zur Wahrheit, den zu suchen die Naturforscher sich mühen, ist ein Weg durch ein Labyrinth von Irrtümern.

Insbesondere die Zeit des Weltkrieges und die Jahre, die dem Friedensschlusse folgten, brachten Umwälzungen und auch viele schwere Anfeindungen. Noch heute kann man klagen hören, dass die Naturwissenschaft den Sieg der brutalen Technik durchgesetzt und damit ein Zeitalter des Materialismus heraufbeschworen habe. Man wirft den Naturforschern vor, dass sie es nicht verstanden haben, ihre Arbeit nach den allgemeinen Zielen menschlichen Geisteslebens einzustellen, dass es ihnen nicht gelungen sei, über den Stoff hinauszukommen, ihre Ergebnisse zu einer brauchbaren Weltanschauung umzuwerten. Halten wir daneben das fatale Wort WOHLBOLDS von der „Entgeistigung der Welt durch die Naturwissenschaften“, so lohnt es sich vielleicht doch, einen Augenblick stille zu stehen und über das Körnchen Wahrheit nachzudenken, das auch diese masslosen Übertreibungen enthalten mögen.

Wir müssen zugestehen, dass unser Wissensstoff und unsere literarische Produktion lawinenartig anwächst. Dadurch ist eine Zersplitterung unserer Wissenschaft in kleine und kleinste Fachgebiete bedingt, die zu beherrschen nur einem Spezialisten gelingt. Spezialisierung aber birgt die grosse Gefahr, dass der Forscher den Blick aufs Ganze, den Sinn fürs Wesentliche verliert. Dazu kommt eine allgemeine Krankheit unserer Zeit, die, wir wollen und dürfen es nicht verschweigen, auch das Schaffen vieler Naturforscher kennzeichnet: Hast und Nervosität. Konkurrenz und geschäftsmässige Eile dringen auch in manche Gelehrtenstube ein, man gehorcht dem Gebot der Mode, bearbeitet Probleme, denen sich die Zeitströmung zugewandt hat, von denen „man“ spricht. Der Charakter der Mode heisst Wechsel und verträgt sich nicht mit sinngemässer Fortentwicklung. Was unserer Generation im allgemeinen, den einen Disziplinen mehr, den andern weniger fehlt, das ist die ruhige Besinnung auf die Grundlagen unseres Denkens, die Nachprüfung der Ziele und Aufgaben, denen unser Bemühen gilt. Wir sollten weniger sammeln und mehr sichten.

Bereits hat sich in richtiger Erkenntnis dieser Sachlage ein Bestreben herausgebildet, das geschichtliche Werden unserer Probleme, die philosophischen Grundlagen, den Ideengehalt und die Erkenntniskritik der physischen Wissenschaften gründlicher als bisher zu bearbeiten. Gerade auf dem Gebiete der Biologie, wo solche Arbeit am dringlichsten schien, haben uns die letzten Jahre wertvolle Werke geschenkt. Wenn nicht alle Zeichen trügen, stehen

wir am Anfang einer neuen Zeit, die unser Interesse an den Grenzfragen zwischen Philosophie und Naturwissenschaft neu beleben wird.

Erlauben Sie mir, dass ich den Anlass der Eröffnung unserer Jahresversammlung dazu benütze, mein spezielles Arbeitsgebiet, die experimentelle Morphologie, einer kritischen Sichtung zu unterwerfen, indem ich Ihnen spreche

*Über den Ideengehalt und die Erkenntniskritik
der experimentellen Morphologie.*

Die experimentelle Morphologie, wie sie heute als Zweig der Biologie dasteht, liebt es, sich als Entwicklungsmechanik oder auch als kausale Morphologie zu bezeichnen.

Als ihr Ziel gilt die Erforschung der Ursachen des organischen Gestaltungsgeschehens.

Früher waren die Entwicklungsprozesse, die ontogenetischen Vorgänge, die aus dem befruchteten Ei einen vollkommenen Organismus werden lassen, Gegenstand rein beschreibender Forschung. Man beschränkte sich darauf, die Veränderungen zu registrieren, die der Keimling im Lauf der Zeit erfährt, und die Folge der einzelnen beobachteten Zustände als einen „Vorgang“ zu beschreiben. WILHELM ROUX in Halle hat als erster in konsequenter Weise darauf hingewiesen, dass man über das Beschreiben hinaus zu einem Erklären, d. h. zu einer Erkenntnis der Ursachen gelangen müsse, die dem Geschehen zugrunde liegen. Durch experimentelle Abänderung der Bedingungen, unter denen sich ein Entwicklungsprozess abspielt, sucht Roux Licht zu bringen in das System der „Ursachen“, die bei jedem einzelnen Vorgang am Werke sind. Die besondere Forschungsmethode der Entwicklungsmechanik ist das „kausalanalytische Experiment“. Zahlreiche Forscher haben im Lauf der letzten vier Jahrzehnte ihre ganze Kraft und Intelligenz in den Dienst der kausalen Morphologie gestellt. Mehrere Zeitschriften, die zum Teil jährlich in mehr als einem Band erscheinen, beschäftigen sich mit der Publikation der Forschungsergebnisse, und in allen Ländern wird mit grossem Eifer an den mannigfaltigen Problemen gearbeitet. So ist denn unser Wissen um die Gestaltungsvorgänge, um Regeneration und Transplantation, um den Anteil der einzelnen Eiteile am Differenzierungsprozess, um den Einfluss von Drüsen auf Wachstum und Reife gewaltig gefördert worden, und die Ent-

wicklungsmechanik darf heute als ein besonders blühender Zweig der Biologie gelten.

Die Erfolge sind gross, aber trotzdem müssen wir heute gestehen, dass das, was erreicht worden ist, eigentlich nichts bedeutet, als eine Erweiterung unserer Kenntnisse der Modalität des Entwicklungsgeschehens. Ueber die eigentlichen Ursachen der Gestaltungsvorgänge, die uns die „kausalanalytische“ Forschung zu ermitteln versprach, wissen wir eigentlich kaum mehr als vor 50 Jahren. Was sind denn überhaupt diese „Ursachen“? Was bedeutet „kausal“, was haben wir unter „Wirken“ und „bewirken“ zu verstehen? Um diese Fragen, die vielleicht im ersten Augenblick recht selbstverständlich anmuten, beantworten zu können, müssen wir einige ganz allgemein gehaltene erkenntniskritische Betrachtungen anstellen.

Das Naturgeschehen bietet sich unserer Beobachtung rein successiv dar. Wir erkennen Zustände und Zustandsänderungen. Wir erfahren, dass unter gewissen Umständen etwas geschieht, dass unter ähnlichen Umständen Aehnliches, sagen wir unter gleichen Umständen Gleiches geschieht. Diese Umstände des Geschehens d. h. die das zu untersuchende Geschehen begleitenden Vorgänge oder ihm vorangehenden Geschehnisse sollen wir womöglich so weit erforschen, dass wir in der Lage sind, vorauszusagen, was geschieht, wenn bestimmte, genau bekannte „Voraussetzungen“ gegeben sind. So kommen wir zur Formulierung von „Gesetzen“ d. h. allgemein gültigen Beschreibungen von Naturvorgängen. Zum Begriff der vom Einzelfall unabhängigen allgemeinen Beschreibung gehört die Charakterisierung der sämtlichen für die spezifische Art des Geschehens bezeichnenden Begleitumstände. Ein richtig formuliertes Naturgesetz und insbesondere ein korrektes biologisches Gesetz bezeichnet eigentlich nichts anderes als das Coinzidieren von Geschehnissen und sagt über die Art der Beziehungen zwischen dem Geschehen und dessen Begleitumständen nichts aus. Gesetze dieser Art verdienen den Namen „objektiv“. Ihnen stellt nun Roux, der Vater der Entwicklungsmechanik, die „kausalen Beschreibungen“ gegenüber, denen die Auffassung zu Grunde liegt, dass die Begleitumstände die Geschehnisse irgendwie „bewirken“, „verursachen“ oder doch zum mindesten „bedingen“. Diese Auffassung beruht auf einem philosophisch-spekulativen Glaubenssatz. Roux selber, der eifrige Vorkämpfer der kausalen Morphologie, der wie kaum ein

zweiter Naturforscher unserer Zeit unablässig die theoretischen Grundlagen seiner Wissenschaft durchdacht hat, erkennt in den letzten Jahren mehr und mehr den philosophisch-spekulativen Kern seiner Erörterungen und den subjektiven Wert seiner Gesetze. Der philosophische Kern, der unserem Denken zu Grunde liegt, der alle unsere Forschungsmethoden beherrscht, den wir als eine Selbstverständlichkeit hinzunehmen gewohnt sind, ohne uns weiter Rechenschaft zu geben, ist das *Kausalitätsprinzip*. Ihm mögen hier einige Gedanken gelten:

Das Kausalitätsprinzip ist uns deshalb so in Fleisch und Blut übergegangen, weil wir im täglichen Leben jede Stunde kausal zu denken gewohnt sind. Die Frage nach Ursache und Wirkung drängt sich uns überall auf. So kommt es, dass in Naturforscherkreisen heute fast überall die Meinung vertreten ist, nur eine kausale Betrachtung der Naturvorgänge dürfe Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erheben.

Als KOPERNIKUS die Behauptung aufstellte, die Erde bewege sich um die Sonne, schüttelte alle Welt den Kopf. Wenn in unserer Zeit jemand die Meinung vertritt, dass wir keine Veranlassung haben, im Naturgeschehen Ursache und Wirkung anzunehmen, so ist mit einem ebenso heftigen Kopfschütteln zu rechnen. Und doch haben in der letzten Zeit verschiedene Forscher ihren Hebel an den althergebrachten Begriff der Kausalität angesetzt und nicht ohne Erfolg.

Wir wollen uns zunächst in die Vergangenheit zurückversetzen und den Kausalitätsbegriff in seiner allmählichen Entwicklung kennen lernen.

Lange Jahrhunderte hindurch wurde alles Naturgeschehen unmittelbar auf eine einzige Ursache zurückgeführt. Das Kausalitätsproblem war identisch mit dem Gottesproblem. Damals gab es noch keinen Zweifel an der Identität finaler und kausaler Bestimmung: Gott als die Ursache bestimmte auch das Ziel und den Zweck des Geschehens, und auf dieser Stufe der Erkenntnis war es selbstverständlich, dass man alle Vorgänge in der Natur ursächlich und final betrachtete, ohne der einen oder der anderen Betrachtungsform den Vorrang einzuräumen. In der Beschreibung der Dinge, ihres Werdens und Wandels, sah der damalige Mensch eine Lobpreisung Gottes. Später, als man sich vom Gottesbegriff loszulösen versuchte, insbesondere zur Zeit der Blüte materialistischen Denkens,

begann man jene ursprüngliche Einheit von Ursache und Zweck zu bezweifeln und stellte die Behauptung auf, dass zwar eine ewige Kette von Ursachen zurückführe bis zum Uranfang der Lebewesen, bis zu der hypothetischen Urzeugung, dass aber dem Weltgeschehen kein Ziel, kein Zweck innewohne, dass vielmehr alles Geschehen auf blindem Spiel der Zufälle beruhe. Kausalität, strenge und ausschliessliche Kausalität wurde in das Getriebe der Natur hineingedacht. Und wie so oft verschob sich ganz allmählich die Lage: Das hineingelegte wurde wieder herausgelesen. Man glaubte Kausalität im Naturgeschehen zu erkennen, Naturbetrachtung wurde geradezu zur Quelle kausaler Erkenntnis. Und endlich begann jene Philosophie, die nur Kausalität anerkennt, der Mechanismus in seinen verschiedenen Formen, aus der Naturwissenschaft aufzublühen, wurde die naturwissenschaftliche Weltanschauung.

Aber selbst in den Reihen der vollkommen mechanistisch eingestellten Naturforscher begannen sich in der letzten Zeit ernstliche Zweifel zu regen. Man fing an einzusehen, dass der Begriff „Ursache“, der den Kern des Kausalitätsprinzips ausmacht, sich als etwas überaus Vieldeutiges und Unklares erweist.

Versuchen wir zunächst einmal, die Idee der Kausalität möglichst genau zu analysieren:

Der Fundamentalsatz, der dem Kausalitätsprinzip zu Grunde liegt, heisst nach WILHELM ROUX: „Kein Geschehen geschieht von selber, sondern durch die Wirksamkeit bestimmter Ursachen“.

Man möchte im ersten Augenblick annehmen, dass dieser Satz von einer fast kindlichen Selbstverständlichkeit sei. Und doch liegt ihm eine philosophische Spekulation, die über unsern Erfahrungsbereich und das unmittelbar Gegebene hinausgeht, zu Grunde.

Zunächst könnte man fragen: Wie ist es denn in der Welt überhaupt zu Geschehen gekommen, wenn jegliches spontane Geschehen geleugnet wird? ROUX spürt diesen Mangel seiner Deduktionen selber deutlich. Er führt aus, dass bei einer „vollständigen kausalen Betrachtung“ des Naturgeschehens die Ursachen eines jeden Vorgangs durch eine unendliche Kette aus Wirken und Folge bestehender Glieder von dem „uranfänglichen Sein und Geschehen“ abstamme. Dieses interessante Sein und Geschehen — man beachte, dass „Sein“ offenbar noch kein „Geschehen“ ist — bezeichnet ROUX mit dem spekulativen Hilfsbegriff „Chaos“. Andere würden an dieser Stelle den Gottesbegriff einführen. So spielt in die Ge-

dankenwelt eines Naturforschers, der wohl zu den objektivsten gerechnet werden darf, die spekulative Philosophie hinein. Das uranfängliche Geschehen konnte keinen Vorläufer haben, musste also spontan sein, d. h. dem Kausalitätsprinzip: „kein Geschehen ohne Ursache“ zuwiderlaufen.

Ein zweiter Einwand gegen die absolute Gültigkeit des Kausalitätsprinzips stammt von MAX VERWORN. Dieser Forscher führt aus, dass in der Natur nichts durch einen einzigen Faktor bestimmt wird. Nun liegt aber dem Sinn des Wortes „Ursache“ der Gedanke zugrunde, dass dieser Begriff nur in der Einzahl vorkommen dürfe. Dies bestätigt auch der Sprachgebrauch: „Jedes Ding hat seine Ursache.“ Der Funke ist die Ursache der Explosion des Pulverfasses, ein Lanzenstich ist die Todesursache. Jeder Vorgang ist nach der Meinung der Laien dadurch „erklärt“, dass man seine Ursache aufdeckt. Dies genügt oberflächlichem Denken. „Felix qui potuit rerum cognoscere causas.“ Wird nun aber nicht die Explosion noch durch ganz andere Faktoren bestimmt? z. B. durch die chemische Energie des Pulvers, durch dessen Menge, durch die Korngrösse, durch Temperaturen und durch viele andere Umstände? Und der Tod im zweiten Fall? Ist er nicht durch die Art der Wundinfektion, durch den Blutverlust, durch die Herz-tätigkeit, durch die Konstitution des Getroffenen mitbestimmt?

Jeder Vorgang wird von mehreren Faktoren bestimmt, und aus diesem Grund sieht man besser vom Gebrauch des unklaren „Ursachenbegriffes“ ganz ab. Jedenfalls ist es nicht ratsam, nach dem Vorgang von ROUX verschiedene Arten und Grade von Ursachen zu unterscheiden: ganze Ursachen und Teilursachen, notwendige und zureichende, mittelbare und unmittelbare. Schliesslich hat ja jede „Ursache“ wieder ihre Vorläufer: der Funke setzt einen brennenden Gegenstand, der brennende Gegenstand die Erzeugung einer Flamme voraus, und jeder dieser Vorgänge hat selber wieder einen ganzen Komplex von Bedingungen, die samt und sonders in eine vollständige „Kausalanalyse“ hineinbezogen werden müssten. In Wirklichkeit besteht, wie VERWORN sich ausdrückt, ein kontinuierlicher Zusammenhang aller Vorgänge nach allen Seiten hin. „Jeder Zustand oder Vorgang in der Welt wird in seiner spezifischen Existenz durch zahlreiche andere Zustände und Faktoren bestimmt und würde beim Fehlen auch nur eines der Faktoren in seiner spezifischen Eigenart nicht vorhanden sein.“

Die Faktoren nennt VERWORN „die Bedingungen“, seine Auffassung, die er der Kausalitätslehre gegenüberstellt, bezeichnet er als „Konditionalismus“. Bei genauem Zusehen steht aber VERWORN auf einem ganz ähnlichen Boden wie ROUX, da auch er alles Geschehen als von aussen bedingt (ROUX würde sagen: bewirkt) auffasst. Wertvoll ist meines Erachtens an VERWORN'S Konditionalismus die Ablehnung des mystischen und unklaren Ursachenbegriffes. Aber schliesslich beständen ja keine Gründe gegen eine Umtaufung der ROUX'schen Ursachenkategorien in „Faktoren eines Bedingungskomplexes“, sobald man den philosophisch-spekulativen Exkurs über die „Ursachenkette“ zum „Chaos“ unterlässt.

Was mir nun aber an beiden Auffassungen anfechtbar erscheint, das ist die Behauptung, dass alles Geschehen, auch das Lebensgeschehen, ausschliesslich von aussen bedingt sei. Die Vorstellung von „Naturnotwendigkeit“ und „Zwangsläufigkeit“, die sich als Folgerung aus der Ablehnung der Spontaneität des Geschehens ergibt, ist zwar allgemein verbreitet, beherrscht, ja tyrannisiert unser Denken, ist aber trotzdem keineswegs eo ipso richtig, beruht vielmehr auf Voreingenommenheit.

ROUX selber hat mehr und mehr erkannt, dass das Kausalitätsprinzip eigentlich nur eine subjektive anthropomorphe Betrachtungsform bedeutet. Er betont denn in neueren Arbeiten, dass uns nur die Zeitfolge der Geschehnisse gegeben ist, dass das Wirken an sich ein „schwieriger Begriff“ sei, den die Philosophie erst noch genau definieren müsse, dass es jedenfalls in allen Fällen unsichtbar bleibe und höchstens aus dem Ergebnis erschlossen werden könne. Also: Die Ursachen erkennen wir aus den Wirkungen, die Wirkungen als solche aber erkennen wir nicht. Wo bleibt da die Kausalität? Besonders bezeichnend für die neue Einstellung von ROUX ist folgender Passus:

„Es gibt „in der Natur“ keine Gesetze. Nicht einmal das Gesetz der Kausalität hat Realität. Es ist vielmehr nur eine Ableitung aus genau geprüften ausnahmslosen Erfahrungen, die daher für uns fast zu einem Gefühl des Zwanges, der Notwendigkeit geworden sind.“

„... für uns — fast ...“. Stärker lässt sich das subjektiv-anthropomorphe Element der Kausalbetrachtung wohl kaum mehr betonen.

So stehen wir denn wieder einmal mit WILHELM ROUX vor

jener Grundfrage, die über Wert und Unwert unseres Bemühens zu richten scheint. Von welcher Art ist denn jene Notwendigkeit, jene Zwangsläufigkeit, die wir in der Natur zu erkennen glauben und die wir mit dem Ausdruck „Naturgesetz“ zu umschreiben pflegen? Hat sie absolute Gültigkeit? Ja oder Nein? Roux sagt „fast“. Er spricht von einem „Gefühl“ und trifft dabei das Richtige. Dieses Gefühl ist unser Kausalitätsdrang. Wir glauben an die Notwendigkeit bestimmter Verknüpfungen. Aber wer über diese Dinge scharf nachdenkt, kommt immer wieder zum Resultat, dass ein objektiver Nachweis dieser Notwendigkeiten unmöglich ist. Schon GOETHE hat gegen jene angebliche Notwendigkeit, die dem Ursachenbegriff zugrunde liegt, scharf polemisiert: „Der Begriff von Ursache und Wirkung wird in der Anwendung die Veranlassung zu unzähligen sich immer wiederholenden Irrtümern.“ Auch HELMHOLTZ betont die Subjektivität des Ursachenbegriffes: „Dass das Prinzip der Kausalität in der Tat nichts anderes ist, als eine Voraussetzung der Gesetzmässigkeiten aller Naturerscheinungen.“ Am schärfsten formuliert ERNST MACH: „In der Natur gibt es keine Ursache und Wirkung. Die Natur ist nur einmal da.“ Selbst die bestformulierten Gesetze der Physik sind nach EXNER ohne absoluten Wert, sind nur Durchschnittsgesetze. Denken wir z. B. an die Gasgesetze. Wer beweist uns, dass diese Gesetze auch für kleine und kleinste Räume und für kleinste Zeiten Gültigkeit haben? Auf Grund unserer Vorstellungen von Raum und Zeit müssen wir sogar annehmen, dass die betreffenden Gesetze für kleine Räume und Zeiten ihre Gültigkeit verlieren. Mit EXNER müssen wir zugeben, dass wir überhaupt nicht entscheiden können, ob es Naturgesetze von allgemeiner Gültigkeit gibt.

Wenn nun schon die Physiker und Chemiker einen so hohen Grad von Skepsis der Naturnotwendigkeit und der Kausalität gegenüber entwickeln, wieviel vorsichtiger müsste da erst der Biologe sein, dem sich die Beziehungen der Geschehnisse sehr viel verhüllter und verschleierter darbieten. Die kausale Betrachtungsweise des sich uns rein konsekutiv darbietenden Geschehens ist und bleibt eine subjektive Betätigung und kann daher nie zu allgemeinen Wahrheiten führen.

Sollen wir nun, da wir die anthropomorphe und subjektive Natur der kausalen Betrachtung kennen gelernt haben, darauf verzichten, weiterhin kausalanalytisch zu arbeiten? Keineswegs!

Es ist unter allen Umständen recht förderlich, die sich als simultan oder als sukzessiv darbietenden Vorgänge so zu betrachten, *als ob* sie in einem Kausalzusammenhang stünden. Diese Betrachtungsweise liegt uns. Es ist die Betrachtungsweise des täglichen Lebens. Aber wir dürfen dabei nicht vergessen, dass es nur eine Betrachtungsweise ist. Damit haben wir die ganze Entwicklungsmechanik, die ganze mechanistisch orientierte Morphologie, insofern sie auf dem Kausalitätsprinzip ruht, als eine subjektive Wissenschaft bezeichnet. Geht sie gar noch dazu über, ihren Standpunkt als den allein richtigen und wissenschaftlichen zu bezeichnen, so kann ihr der Vorwurf der Einseitigkeit und des Irrtums nicht erspart bleiben. Bleibt sie dagegen, was sie von Natur aus ist, eine anthropomorphe Betrachtungsform, so kann sie zur Erforschung — nicht des Kausalzusammenhanges, wohl aber der Folge und der Konditionen des Naturgeschehens hervorragende Dienste leisten. Sie darf dabei allerdings in letzter Linie nicht nach dem Warum? sondern nur nach dem Wie? der Vorgänge fragen, sie darf nicht erklären, sondern nur beschreiben wollen.

Wir haben die kausale Betrachtungsweise als ein dem menschlichen Denken angemessenes Mittel zur Erforschung der Modalität des Naturgeschehens kennen gelernt. Und nun werfen wir die Frage auf, ob es das einzige Mittel ist, dessen sich der Forscher bedienen kann? Wir kommen hier auf eine überaus wichtige Frage, die zunächst in programmatischer Weise ausgesprochen und dann an einem Beispiel erörtert werden soll. Ich möchte zu Ihnen sprechen über *die Berechtigung einer teleologischen Fragestellung in der Naturforschung*, ich möchte Ihnen den Nachweis zu erbringen versuchen, dass eine finale Betrachtungsweise in der Biologie neben der kausalen als gleichberechtigt gelten darf, im Sinne einer subjektiven Betrachtungsweise des an sich rein konsekutiv auftretenden biologischen Geschehens. Ich weiss, dass die Mehrzahl unserer experimentellen Morphologen mir zunächst hier nicht folgen wollen. Daher war es notwendig, zunächst ihren als einzig richtig betrachteten Standpunkt in seiner subjektiven Natur nachzuweisen. Die finale oder teleologische Betrachtungsweise ist nicht um ein Haar subjektiver als die kausale, denn sie beruhen beide auf einer Konstruktion „als ob“.

Es wird Ihnen wohl nicht ganz leicht fallen, diese Ausführungen zu verstehen, ohne dass ich Ihnen an einem Beispiel die

Einzelheiten erläutere. So will ich denn aus meinem eigenen Arbeitsgebiet einen Fall herausgreifen, der im wesentlichen als ein Paradigma aufzufassen wäre. Ich spreche Ihnen über einen Fall aus der Regenerationslehre.

Zu den Organismen, die das Vermögen der Neubildung verlorener Körperteile besitzen, gehören insbesondere gewisse Plattwürmer, die im süßen Wasser lebenden Planarien. Ihre Regenerationsfähigkeit erreicht einen erstaunlichen Grad. Selbst wenn man einen dieser Würmer in zahlreiche kleine Stücke zerteilt, so ist jedes davon imstande, einen ganzen, wohlproportionierten, wiewohl anfänglich verkleinerten Wurm aus sich hervorgehen zu lassen. Ich habe vor einigen Tagen eine Arbeit der Öffentlichkeit übergeben, in welcher die Zellvorgänge bei solchen Regenerationsprozessen beschrieben sind. Schneidet man eine Planarie vor der Rüsselwurzel, d. h. nahezu in der Körpermitte, quer entzwei, so bildet das abgetrennte Kopfstück im Verlauf von etwa drei Wochen den ihm fehlenden Rumpf neu.

Ich gebe nun zunächst eine rein konsekutive Darstellung der einzelnen Vorgänge:

Zuerst krampft sich der Wundrand zusammen. Die Zellen der Körperdecke im Bereich der Wunde stoßen ihre Rhabditen aus und verflüssigen sich zu einem zähen Schleimverschluss. Hierauf wandern die benachbarten Zellen des Körperparenchyms an die wunde Stelle aus, teilen sich und bilden einen Verschlusspfropfen. Gleichzeitig beginnt in allen möglichen Geweben des Körpers, in den Dotterzellen, den Eizellen, den Hoden, aber auch in den Drüsen, den Muskeln und im Darm ein reger Abbau von Zellen, die teils verflüssigt und in das Wundgebiet verlagert, teils zu einfacheren Zellen dedifferenziert werden. Das dedifferenzierte Zellmaterial wandert aktiv in das Gebiet der Wunde und beginnt sich dort wieder zu differenzieren. Gleichzeitig verschmälert sich der Regenerant. Es bildet sich die Haut, die den Wundbezirk definitiv schliesst, das Muskelgewebe, der Darm, der Saugrüssel und gleichzeitig streckt sich das Stück und wird zu einem verkleinerten wohlproportionierten Wurm, einem vollkommenen Ganzindividuum.

Diese ganze Folge von Vorgängen kann man beobachten. Ein zweiter, ein dritter Fall spielt sich genau gleich ab, was Art, Reihenfolge, Dauer der Einzelgeschehnisse betrifft. Dem Forscher wird es möglich, eine allgemein gültige Beschreibung zu geben,

die von den Zufälligkeiten des Einzelfalls absieht, und auf Grund deren sich sogar eine Prognose für zukünftige Fälle geben lässt. Ein biologisches Gesetz, d. h. eine allgemeingültige objektive Beschreibung ist gefunden.

Nun macht sich der Kausalanalytiker an die Arbeit. Wodurch wird die Auswanderung der Zellen nach dem Regenerat bewirkt? Welches sind die Ursachen der Verlagerung von Nahrungsmaterial? Durch welche Faktoren werden die Zellen veranlasst, sich zurückzubilden, zu vereinfachen? Welche andere Ursachen bewirken ihre Umwandlung und Verwendung im neuen Gewebe? Und erst dann ist der Kausalanalytiker befriedigt, wenn er den ganzen Prozess lückenlos kausal analysiert hat, sodass gezeigt werden kann, dass jeder Einzelvorgang mit Notwendigkeit aus den jeweiligen vorangehenden Vorgängen, aus den Zuständen und Umständen des betreffenden Momentes folgt.

In unserem Fall allerdings hat der Kausalanalytiker einstweilen wenig Aussicht auf Befriedigung seiner Wünsche. Ja, es muss gesagt werden, dass von dem ganzen Regenerationsvorgang nicht einmal eine kleine Einzelheit kausal verständlich gemacht werden konnte. Alle „Rückführungen“ auf Osmose, Druck, Oberflächenspannung misslingen. Es gehört viel Optimismus dazu, an die Möglichkeit einer kausalen Analyse doch noch zu glauben. Aber immerhin: Es ist recht interessant, über die Ursachen dieser Vorgänge nachzudenken und — jetzt kommt die Hauptsache: dem, der kausalanalytisch denkt, kommen vielleicht manche Einzelheiten zum Bewusstsein, die der einfachen Beobachtung entgangen waren. Nehmen wir einmal an, die Verlagerung des Nahrungsmaterials in die Gegend der Wunde beruhe auf Osmose. Der Kausalanalytiker variiert den Salzgehalt des Wassers im Zuchtgefäß und steigert oder vermindert dadurch die Stoffverlagerung. Er hat dadurch die letztere noch lange nicht erklärt. Wohl aber hat er einen Begleitumstand entdeckt, der durch einfache Beobachtung nicht zu finden gewesen wäre. Warum aber innerhalb des Planarienkörpers Unterschiede des Lösungsdruckes auftreten, darüber weiss der Experimentator nichts auszusagen. Hier tauchen doch im Hintergrund Probleme allgemeiner Art auf, die einer kausalen Analyse nicht zugänglich sind.

Gewiss, die kausale Betrachtungsweise, die da tut „als ob“ alles Geschehen bewirkt oder verursacht wäre, kann recht fördernd

sein. Dabei müssen wir aber immer die Möglichkeit offen lassen, dass es Formen des Geschehens gibt, die unbedingt, spontan sind, wie ja auch der Kausalanalytiker zugibt, dass mindestens das uranfängliche Geschehen, die Ursache der Ursachen als die erste nur spontan erfolgen konnte.

Kehren wir nun aber zum Gegebenen zurück: zu der konsekutiven Reihe der Geschehnisse. Wenn der Kausalanalytiker auf Grund seines subjektiven „Kausalitätstriebes“ — ein treffendes Wort, das von DU BOIS-REYMOND stammt — die Geschehnisse rückwärtsschauend verständlich zu machen sucht, so dürfen wir mit vollem Recht auch eine zweite Betrachtungsweise anwenden, die in der menschlichen Natur ebenso begründet ist wie der Kausalitätstrieb, eine vorwärtsschauende, prospektive Betrachtungsweise, die sich auf einem zweiten „als ob“ aufbaut: die teleologische oder finale Betrachtungsform. Die Frage „wozu“ liegt dem Menschen mindestens ebenso sehr im Blut wie die Frage „warum“.

Wie kommt es nur, dass wir diese so nahe liegende Frage immer zurückdrängen? Ich möchte zu zeigen versuchen, dass prospektive Betrachtung des konsekutiven Geschehens ebenso berechtigt ist wie kausal-retrospektive, deren subjektiven, ja spekulativen Charakter ich eben nachgewiesen habe.

Das Bezeichnendste an einem Vorgang, wie ihn die Wiederbildung eines abgeschnittenen Rumpfes darstellt, ist das Planmässige. Das Endziel ist klar und unzweifelhaft: die Wiederbildung des Verlorenen. Die einzelnen Phasen des Prozesses folgen sich in einer Art und Weise, die so gar nichts Zufälliges an sich hat. Man steht unter dem Eindruck — ich muss es einmal krass anthropomorph ausdrücken — einer vorbedachten Aktion. Bewusst setze ich mich hier dem Vorwurf aus, die Dinge nach menschlichem Maßstab mit der Logik zu betrachten, die im täglichen Leben üblich ist. Jeder Mensch mit gesundem Menschenverstand sieht in den Lebensvorgängen zweckmässige Reaktionen. Eine Pflanze wächst gegen das Licht, eine Blüte duftet, ein Wiesel zieht seinen Winterpelz an. Wozu? Jeder Lebensvorgang birgt solche Fragen. In der Entfaltung einer Blüte z. B. treten die einzelnen Vorgänge in einer sinngemässen Reihenfolge zutage, sie erfolgen planmässig, sind „reguliert“. Zunächst strecken sich z. B. die Kelchblätter, Turgorschwankungen treten an deren Basis auf, später dringt der Saft in die Kronblätter und lässt dort gewisse Zellen anschwellen,

deren Veränderung die Streckung und Aufblähung ergibt. Hierauf ändern die Farbzellen ihre Lage. Die Verschiebung des Saftdruckes bringt die Staubfäden zur Streckung usw. Ich habe hier den Vorgang so dargestellt, als ob alle Einzelheiten bewirkt wären, habe mich der kausalen Ausdrucksweise bedient und doch — klar und unabweislich tritt mindestens in der Reihenfolge und Anordnung der Geschehnisse ein Plan zutage. Das ist kein blindes Spiel von Zufällen. Wir lassen hier die Frage ganz ausser Betracht, ob sich diese Planmässigkeit einst durch Selektion aus einem blinden Spiel von Zufälligkeiten ergeben konnte oder nicht. Wir nehmen die Dinge einfach wie sie sich bieten und erklären: *dass eine ausreichende Charakterisierung eines biologischen Vorganges auch eine Betrachtung nach Zwecken erfordert.* Ein Biologe, der diesen Teil seiner Aufgabe vernachlässigt, der gegenwärtigen Mode gemäss das Zweckmässige in der Welt der Organismen leugnet, das doch so unabweisbar vor unsern Augen liegt, verzichtet auf die Charakterisierung des Bezeichnendsten, das biologische Vorgänge an sich tragen.

In weiten Kreisen unserer Biologen besteht eine förmliche Angst vor Gedankenreihen, die teleologisch orientiert sind. Man fürchtet, dass darin schon eine Aufgabe des mechanistischen Standpunktes erblickt werden könnte, den man als den einzig wissenschaftlichen Standpunkt betrachtet. Die Lehre von der Sinnlosigkeit des Weltgeschehens, vom Walten des blinden Zufalls, ist unserer Generation in Fleisch und Blut übergegangen. Man vergisst dabei, dass auch der mechanistische Standpunkt ein Hereintragen von Philosophie bedeutet. Dass auch ein völlig mechanistisch orientierter Biologe wie WILHELM ROUX in seinen Erörterungen über die Grundlagen des naturwissenschaftlichen Denkens zum Ergebnis kommt, dass Ordnung und Regelmässigkeit auf das Wirken „besonderer ordnender und geordneter Ursachen zurückgehen“, die einer ganz besonderen Erforschung bedürfen, mag hier nur ganz nebenbei erwähnt werden, ebenso die Annahme dieses Autors, dass in lebenden Organismen ausser dem vom Chaos abhängigen (d. h. „von unendlich vielen kettenähnlich auf einanderfolgenden Ergebnissen früherer Wirkungen verursachten“) Agentien noch eine unabhängige Instanz des Wirkens, der *Wille* mit-tätig sei. Uns kommt es hier nicht darauf an, die Richtigkeit solcher und ähnlicher vitalistischer Anschauungen zu beweisen,

die natürlich durch Naturwissenschaft ebensowenig bewiesen werden können wie die kausal-mechanistischen Anschauungen. Wir sind zufrieden, wenn uns die Berechtigung eingeräumt wird, das konsekutive Geschehen prospektiv zu betrachten und die Einzelheiten des Vorgangs als planmässig ineinandergreifend zu beleuchten.

Nach diesen Vorbemerkungen gehen wir nun dazu über, die Vorgänge der Wiedergebildung eines Planarienrumpfes, die wir konsekutiv dargestellt haben, teleologisch zu beleuchten.

Nachdem der Körper des Tieres entzweigeschnitten ist, bedeutet die grosse klaffende Wunde eine Lebensgefahr. Um sie zu verringern, krampft der Regenerant den Wundrand heftig zusammen und zieht gleichzeitig das Wundgewebe ins Innere zurück. Damit wird weiterhin das Ziel erreicht, die Wundränder einander zu nähern. Um nun den provisorischen Verschluss der Wunde rasch zu bewerkstelligen, kriechen die Epithelzellen des Wundrandes über das Wundgewebe hinweg und erzeugen zusammen mit den von den Nachbarzellen ausgestossenen Rhabditen eine Schleimhaut. Damit ist zunächst die Hauptgefahr gebannt, und der Körper kann sich auf die neue Sachlage einstellen. Er mobilisiert nun alle verfügbaren Zellen, um sie ans Wundende zu verlagern. Dort bildet sich ein Zellhaufen mit der Bestimmung, zu einem neuen Rumpf zu werden. Um dieses Ziel zu erreichen, teilen sich die Zellen des Körpergewebes. Zwischen den Lücken des Mesenchyms und sogar im Darmlumen werden Zerfallsprodukte nach dem Regenerat transportiert, um den Zellteilungsprozess aufrecht zu erhalten. Die Organe des alten Stückes, insbesondere die Dotterstöcke, die Kopulationsorgane, die Hoden und die Ovarien zerfallen, damit das Regenerat mit Nahrung versehen werden kann. Zuerst werden diejenigen Organe angegriffen, die am wenigsten lebenswichtig sind, sodass der Organismus mit einem Minimum von Schädigung ein Maximum von Nahrungsmaterial mobilisieren kann. Nun beginnen sich die Bildungszellen im Regenerat zu gruppieren und wandeln sich je nach der ihnen zukommenden Aufgabe in Drüsen-Muskel-Epithel- oder Stützzellen um. Hierauf verlagern sie sich, um den nötigen Anschluss an die entsprechenden Elemente des alten Stückes zu erhalten und ordnen sich gemäss dem allgemeinen Organisationsplan der betreffenden Planarienspezies. Gleichzeitig verlängert sich das alte Stück auf Kosten seiner Breite, damit es in seinen Proportionen zu dem neuen, nunmehr verkleinerten Organismus passt.

Dieses Ziel wird erreicht, indem in den Seitendivertikeln des Darmes Reduktionen auftreten, während gleichzeitig der in der Längsrichtung verlaufende Darm sich streckt. Damit die für den vordern Hauptdarm charakteristische Zahl der Seitendivertikel wieder erreicht wird, entstehen zwischen den alten Divertikeln neue Knospen, die seitlich auswachsen und sich verzweigen. Das kugelige Ovarium wird in einen schmalen Strang ausgezogen, die Hoden rücken näher zusammen, um so der allgemeinen Verschmälerung auch ihrerseits Rechnung zu tragen.

Die hier gegebene Darstellung eines Prozesses, der sich als einfaches successives Geschehen darbietet, enthält nun in jedem Satz eine teleologische Betrachtung. Die meisten dieser Darlegungen werden jedem ohne weiteres einleuchten. Jedenfalls sind sie in der Lage, das Verständnis des Gesamtgeschehens zu fördern. Ein Vorgang wie die Verkümmernng des Eierstockes erscheint hier in neuer Bedeutung im Hinblick auf die Ziele: Beschaffung von Nahrungsmaterial, von Bildungszellen, Verschmälerung des Körpers zum Zweck der Einbeziehung in das verkleinerte Ganze. Man lernt die Einzelvorgänge kennen, indem man überlegt, was für eine Stellung im Gesamtgeschehen ihnen zukommt. Dabei besteht die Möglichkeit, durch bestimmte Experimente mit geeigneter Fragestellung die Richtigkeit der gemachten Deduktionen zu prüfen. Wenn z. B. die Annahme richtig ist, dass verschiedene innere Vorgänge im Planarienkörper bei der Regeneration kurzer Stücke im Hinblick auf das Ziel „Streckung und Verschmälerung“ gedeutet werden, so kann man z. B. durch Halbierung in der Längsrichtung Bedingungen schaffen, die den früheren entgegengesetzt sind. Eine durch Längsspaltung gewonnene Halbplanarie wird nicht durch Streckung und Verschmälerung, sondern durch Verkürzung und Verbreiterung die Normalform erlangen. Daher werden vermutlich die Prozesse hier grundsätzlich verschieden verlaufen. In diesem Sinne, so scheint es mir, dürfen wir die Naturvorgänge getrost teleologisch betrachten. Die meisten Biologen haben es schon immer so gehalten, teils in verschämter Stille, teils auch ohne sich darüber Rechenschaft zu geben. Viele grosse Fortschritte der Wissenschaft danken wir teleologischem Denken. So wollen wir denn ruhig dazu stehen und künftig der teleologischen Betrachtungsweise den Platz einräumen, der ihr zukommt, den Platz neben der kausalen als einer gleichberechtigten Anschauungsform.

Wir haben ausgeführt, dass die sogenannte Entwicklungsmechanik prächtige Resultate zutage gefördert hat. Sie hat uns über den Modus der Gestaltungsprozesse, über dessen Bedingungen und Begleitumstände viele wertvolle Aufschlüsse gebracht. Kausal sind wir nicht weiter gegen den Kern des Lebensrätsels vorgedrungen als irgend eine andere Wissenschaft. Die erkenntniskritischen Untersuchungen über die Denkgrundlagen der Entwicklungsmechanik haben uns gezeigt, dass auch diese Wissenschaft nicht als Wegweiser zu einer bestimmt orientierten Weltanschauung taugt. Objektiv bietet sie uns nicht mehr als Erkenntnisse über das wo, wann und wie der Formentfaltung. — Subjektiv anthropomorphes Betrachten, als ob dem Gestaltungsgeschehen ein System von Ursache und Wirkung zugrunde liege oder als ob die Prozesse nach einem bestimmten Zweck orientiert wären, können der Erkenntnis recht förderlich sein, besonders wenn solche Betrachtungen zu planmässigen Experimenten führen, welche die Einzelumstände des Geschehens aufklären. Wer aber hofft, die biologischen Prozesse durch Kausalanalytik auf Physik und schliesslich auf Mechanik zurückzuführen, der wird sich getäuscht sehen. Der Kausalanalytiker gleicht einem Mathematiker, der an einer Gleichung mit mehreren Unbekannten manipuliert und sie zu lösen verspricht. Je nachdem er Werte für das x oder für das y einsetzt, erhält er neue Formeln. Sein mathematischer Geist mag sich dieser spielerischen Arbeit freuen. Er lernt dabei die Eigenschaften seiner Gleichung genau kennen. Er stellt mit Feuereifer neue Gleichungen auf, substituiert und eliminiert, was ihm unerklärlich war. So hofft er, dass doch endlich die Gleichung aufgehen werde. Wie nun aber, wenn am Ende allen seinen Gleichungen eine Wurzel gemeinsam ist? Ist dann nicht seine ganze Arbeit umsonst? Gewiss nicht; denn er wird dabei ein immer besserer Mathematiker und erreicht schliesslich einen so hohen Grad von Tüchtigkeit, dass er den mathematischen Grund seines Misserfolges einsehen lernt: jene grosse Irrationale, die in allen Lebensgleichungen die gleiche ist und die bisher das Aufgehen jeder Lebensgleichung vereitelt hat und in Zukunft das Aufgehen jeder Lebensgleichung verhindern wird: Ignorabimus! Die Kausalanalytik soll nicht mehr wollen, als sie kann. Sie soll sich umtaufen lassen auf den Namen „Konditionalanalytik“ und sie soll sich nicht weiterhin als Alleinherrscherin aufspielen, sondern ihre Schwester, die „Finalanalytik“, neben sich

dulden. Beide vereint werden uns zwar keine Lebensrätsel lösen, wohl aber immer neue Seiten des Lebenswunders offenbaren.

Zum Schluss wenden wir uns noch zu den philosophischen Konsequenzen unseres Vorschlages, die verpönte teleologische Betrachtungsweise bei morphologischen Problemen wieder zuzulassen.

Wir sollten endlich dazu kommen, die Naturwissenschaft von der Philosophie reinlich zu trennen. Mechanismus als Konsequenz ausschliesslich kausaler Einstellung ist durch Naturforschung niemals zu beweisen. Auch Vitalismus oder Psychismus, fussend auf der Annahme spontanen oder unbedingten Geschehens und zielstrebigter Agentien, lässt sich durch die Ergebnisse der Naturwissenschaft weder beweisen noch widerlegen. So wenig es einer mechanistisch orientierten Biologie von gestern gelungen ist, durch Forschung die Richtigkeit des mechanistischen Standpunktes zu beweisen, so wenig wird eine psychistische Biologie von morgen in der Lage sein, den Mechanismus zu widerlegen. Halten wir fest, dass uns die Natur als endlich Gegebenes entgegentritt und dass wir die sukzessiven Vorgänge, die sich uns darbieten, mit unsern Anschauungsmitteln nach Ursache und Zweck betrachten dürfen. Wir müssen uns aber hüten, über die Grenzen des Endlichen hinaus nach einer „Ursache“ oder nach einem „Endzweck“ zu schielen. So wenig wir bei der kausalen Betrachtung die Ursache des Geschehens, die einst am Anfang der Dinge als „Chaos“ erstes Geschehen auslöste, jemals ergründen werden, so wenig können wir durch teleologische Fragestellungen zum Endziel des organischen Werdens vordringen.

Aber auch in seiner Beschränkung ist das Lebensrätsel reizvoll und lockend. Seine Erforschung, wie jede Beschäftigung mit Problemen der Natur, bringt hohen Gewinn.

Mit dem Wunsche, dass auch unsere Jahresversammlung allen Beteiligten, Gebenden und Nehmenden, reichen Gewinn bringen möge, erkläre ich die 106. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft für eröffnet.

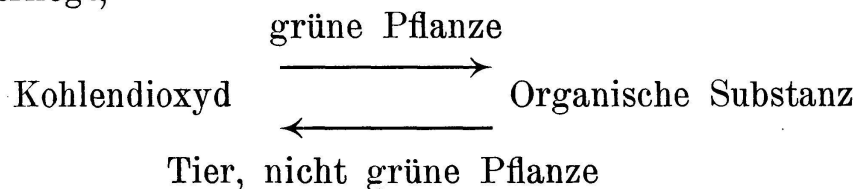
Über Cellulose und Kunstseide

von

P. KARRER, Zürich

Von allen organischen Substanzen, welche die Natur hervorbringt, ist die Cellulose der Menge nach die bedeutendste. Ihre Quantität ist natürlich nicht genau bestimmbar, aber man kann sich immerhin ein ungefähres Bild davon machen.

In dem Kreislaufprozess, dem der Kohlenstoff im organisierten Reich unterliegt,



stellt man sich häufig die Luftkohlensäure gegenüber der Menge organischer Substanz überragend gross vor. Genauere Berechnungen und Schätzungen, wie sie namentlich von SCHROEDER (1919) angestellt worden sind, lehren aber das Irrtümliche dieser Auffassung. Die Pflanzen der Erde binden jährlich etwa 13 bis 20 Billionen kg Kohlenstoff oder 46 bis 75 Billionen kg CO₂. Da der Kohlendioxyd-gehalt der Luft mit ziemlich grosser Genauigkeit auf etwa 2100 Billionen kg CO₂ veranschlagt werden darf, so beansprucht die Pflanzenwelt also jährlich zirka den 35. Teil der in der Luft anwesenden Kohlensäure. Bekanntlich ist sehr viel mehr Kohlendioxyd in freier und gebundener Form im Meereswasser und in Gesteinen gespeichert.

Der im Pflanzenreich festgelegte Kohlenstoff lässt sich aus dem Betrag der jährlichen Bindung und der mittleren Dauer dieser Bindung schätzen. SCHROEDER berechnet die in den Landpflanzen gebundene Kohlendioxydmenge auf 1100 Billionen kg, also auf die Hälfte des CO₂-Gehaltes der Atmosphäre; hievon entfallen auf das Holz allein zirka 1000 Billionen. Rund $\frac{2}{3}$ des Holzes sind Gerüst-cellulose, sodass in dieser mehr wie 600 Billionen kg CO₂, oder $\frac{1}{3}$ der in der Luft vorhandenen Menge, ständig festgelegt sind.

Es ist einleuchtend, dass unter diesen Verhältnissen die Cellulose in der Natur einer verhältnismässig raschen Zerstörung unterliegen muss, wenn der Kreislauf des Kohlenstoffs nicht eine empfindliche Störung erfahren soll, die einer Verarmung der Luft an Kohlendioxyd gleichkäme. — Den Wegen, auf denen die Gerüstcellulose wieder abgebaut wird, wollen wir zunächst nachgehen.

Diejenige Cellulosemenge, die durch den Menschen und die höheren Tiere abgebaut wird, ist verschwindend klein. Sie dürfte bei weitem nicht 1% betragen. Niedere Lebewesen, Pilze und Bakterien, zerstören den grössten Teil der Kohlenhydrate grüner Pflanzen, besonders der Wälder.

Man neigte früher zur Ansicht, dass wenigstens ein erheblicher Teil der Pflanzencellulose der direkten Zerstörung dadurch entgehe, dass sie in Torf und Kohle umgeformt werde. Doch sind gerade in jüngster Zeit schwerwiegende Argumente gegen diese Auffassung vorgebracht worden. Von FRANZ FISCHER rührt die Theorie her, dass die Kohlen ganz oder fast ganz aus Lignin, dem zweiten Hauptbestandteil des Holzes hervorgegangen seien, und die Cellulose beim Vertorfungsprozess und der Kohlenbildung infolge bakterieller Tätigkeit allmählich vollkommen verschwinde. Diese Anschauung kann manche Tatsachen zu ihren Gunsten interpretieren. Einmal besitzt der Steinkohlenteer eine dem Ligninteer sehr ähnliche Zusammensetzung, während sich die Produkte der trockenen Destillation von Cellulose und Celluloseumwandlungsprodukten weitgehend davon unterscheiden. Ähnliche Unterschiede weisen die Vacuumdestillate von Lignin und Kohle einerseits und Cellulose andererseits auf, wie namentlich AMÉ PICTET zeigen konnte. Ein typisches Merkmal des Lignins ist der Methoxylgehalt, welcher der Cellulose fehlt. FISCHER hat beobachtet, dass in manchen Torflagern der Methoxylgehalt des Torfes mit der Tiefe der Schicht zunimmt, was sich wohl ungezwungen nur so deuten lässt, dass in diesen älteren Schichten bereits mehr Cellulose zerstört ist und der Ligningehalt infolgedessen zugenommen hat. Auch das scheint für ein Verschwinden der Cellulose während des Vertorfungs- und Verkohlungsprozesses zu sprechen. Der Gedanke, dass auch in sehr tiefen Schichten der Torflager noch bakterielle Zerstörung der Cellulose vor sich geht, ist allerdings zunächst etwas befremdend. Aber die Amerikaner WHITE und THIESSEN trafen (1913) tatsächlich noch in 9 m tiefen Torfschichten anaerob lebende Bakterien an.

So ist es kaum mehr zu bezweifeln, dass auch dort, wo Torf- und Kohlenbildung erfolgt, ein wesentlicher Teil der Cellulose infolge Zerstörung durch Mikroorganismen verschwindet, wenn man auch vielleicht nicht so weit gehen darf, der Cellulose jeden Anteil am Aufbau solcher Kohlenlager abzusprechen. Denn kürzlich noch wies WISBAS (1924) Cellulose in Form von gut erhaltenen Baumwoll- und Leinenfasern in deutscher Braunkohle nach und GOTHAN fand (1922) natürliche Cellulose im Miocän des Niederlausitzer Braunkohlenreviers.

Die chemischen Vorgänge, die sich bei der Zerstörung der Gerüstcellulose durch Mikroorganismen abspielen, also der Mechanismus des hauptsächlichsten natürlichen Celluloseabbaues, ist noch sehr wenig erforscht. Seit den grundlegenden Arbeiten von OMELIANSKY aus dem Jahre 1902 sind nur wenige neue Gesichtspunkte dazu gekommen. OMELIANSKY fand, dass die natürliche Cellulosezerstörung durch die Bakterien nach zwei verschiedenen Typen erfolgen kann, als Wasserstoffgärung und als Methangärung. Im ersteren Fall tritt unter den gasförmigen Zersetzungsprodukten Wasserstoff aus, im zweiten Fall Methan; daneben bilden sich stets Fettsäuren und Kohlendioxyd.

H-Gärung (13 Monate)	Methan-Gärung 4½ Monate
Aus 3,3171 gr Cellulose entstanden:	Aus 2,0065 gr Cellulose entstanden:
2,2402 gr Fettsäuren Essigsäure, wenig Buttersäure	1,0223 gr Fettsäuren
0,9722 gr CO ₂	0,8678 gr CO ₂
0,0138 gr H ₂	0,1372 gr Methan

Diesen Fettsäuren, die in erheblichem Betrag bei der bakteriellen Cellulosezerstörung gebildet werden, kommt wahrscheinlich ein bedeutender Einfluss auf die Aufschliessung mineralischer Bestandteile des Bodens zu.

Mit der eben erwähnten Methangärung der Cellulose sind jene Cellulosezersetzungsprozesse nahe verwandt, die sich im Verdauungstraktus von Mensch und höheren Tieren abspielen. Dass gewisse Tiere, speziell Wiederkäuer, Cellulose verdauen, hat im Jahre 1855 HAUBNER gezeigt; seither ist dieses Problem sehr viel und sehr eingehend bearbeitet worden. Wiederkäuer nützen die Cellulose im allgemeinen besser aus als Einhufer, diese wieder besser als das Schwein: dem Menschen kommt die Fähigkeit in noch geringerem Masse zu und den Carnivoren, z. B. dem Hund, scheint sie fast

ganz zu fehlen. Die Celluloseassimilation im Verdauungskanal der Säugetiere und des Menschen beruht ganz auf der Tätigkeit einer ungemein reichhaltigen Mikrobenflora; es steht heute fest — die Frage ist lange diskutiert worden — dass keine vom Säugetier sezernierten Fermente am ersten Angriff auf die Cellulose beteiligt sind. Und es ist sehr bemerkenswert, dass nach den eingehenden Untersuchungen von BOYCOTT und DAMANT, von KLEIN, KROGH u. a. die Cellulosezersetzung im Pansen des Ochsens eine reine Methangärung ist, wie sie von OMELIANSKY bei der Bakterieneinwirkung auf Cellulose in vitro beobachtet wurde und wie sie sich ständig in der Natur vollzieht, z. B. am Boden aller stehenden Gewässer, wo Cellulose in Verwesung übergeht.

Die eingangs aufgeworfene Frage, wie die Zerstörung der Gerüstcellulose unter natürlichen Bedingungen vor sich geht, ist also zunächst dahin zu beantworten, dass dieser Abbau in ganz überwiegendem Masse von einer ungemein reichhaltigen Mikrobenflora besorgt wird, von zahlreichen Bakterien- und Pilzarten — vielleicht auch Protozoen — und dass prinzipiell dieselben Prozesse auch im Magendarmkanal des Menschen und der Säugetiere abklingen.

Dagegen unterscheidet sich nun der Celluloseabbau im Verdauungstraktus der Avertebraten, der Schnecken, Würmer u. a. von dem Besprochenen. Bevor ich darauf eingehe, müssen wir einen ganz kleinen Schritt in die Cellulosechemie machen.

Unter Gerüstcellulose versteht der Chemiker — im Gegensatz zum Botaniker, der den Begriff häufig weiter fasst — eine ganz bestimmte Substanz, die in mehr oder weniger reinem Zustand in der Baumwolle, in Hanf-, Jute-, Flachsfasern vorkommt, die am Aufbau der Zellwandungen teil hat, einen wesentlichen Bestandteil des Holzes darstellt, und ganz bestimmte chemische Zusammensetzung und Reaktionen zeigt. So zerfällt sie bei der durchgreifenden Hydrolyse in Traubenzucker, bei vorsichtiger Spaltung in ein Disaccharid, die Cellobiose, das ganz besonders charakteristisch für Cellulose ist.

Nun ist in jüngster Zeit erkannt worden, dass neben der Gerüstcellulose in den Pflanzen noch ein anderes Kohlenhydrat vorkommt, das mit ihr chemisch sehr nahe verwandt ist, sich von ihr aber durch Kolloidlöslichkeit in Wasser auszeichnet. Es ist das Lichenin, das man früher als ein besonderes Polysaccharid des Isländisch-Moos anzusehen geneigt war, das aber auch in

anderen Flechten und in sehr vielen grünen Pflanzen verbreitet auftritt. Es zeigt, wie eine Gegenüberstellung der Eigenschaften von Baumwolle und Lichenin lehrt, chemisch die grösste Ähnlichkeit mit jener, dient aber in der Pflanze einem andern Zweck, es ist Reservestoff. Ich habe daher für das Kohlenhydrat, dessen Verbreitung in Pflanzen der Stärke kaum nachsteht, den Namen *Reservecellulose* vorgeschlagen.

	Baumwolle	Lichenin
Optische Drehung .	inaktiv	—
Acetolyse (118°) . .	11 % Cellobioseacetat	6,5 % Cellobioseacetat
Drehung des Acetates	— 23 bis — 24 °	— 23,8°
Kupferzahl	1,0 — 2,4	0,5—2,3
Furfurolabspaltung .	weniger wie 1 %	0,23 %
Vacuumdestillation .	Lævoglucosan	Lævoglucosan
Jodjodkalium . . .	schwarzblau	schwarzblau
Höchste Methylierungsstufe	42—43 % OCH ₃	42 % OCH ₃
Bakterielle Zersetzung	verschiedene niedere Fettsäuren	verschiedene niedere Fettsäuren

Diese Reservecellulose unterscheidet sich in einem Punkte besonders charakteristisch von der Gerüstcellulose. Während nämlich bisher kein Ferment bekannt war, das Baumwolle oder andere Gerüstcellulose in vitro mehr als spurenweise angreift, gibt es weitverbreitete Enzyme, die Lichenin (Reservecellulose) verzuckern. Solche Fermente — man gab ihnen den Namen Lichenasen — finden sich in sehr vielen pflanzenverzehrenden Avertebraten, in Schnecken, in Würmern u. a.; sie kommen aber auch überall in Pflanzen vor, und wurden beispielsweise aus Malz, keimendem Mais, Hafer, Weizen, Spinat, Bohnen, Spitzgras, treibenden Hyazinthenzwiebeln isoliert. Ihre Verbreitung gibt gleichzeitig ein Bild der Verbreitung der Reservecellulose selber, denn es darf vorausgesetzt werden, dass das Ferment nur dann in den Pflanzen gebildet wird, wenn ihm das Substrat dort zur Verfügung steht.

Besonders eingehend verfolgt wurde bisher die Verzuckerung der Reservecellulose durch das im Magendarmkanal der Wein-

bergschnecke vorkommende Enzym, die Schneckenlichenase. Sie spaltet Reservecellulose nach bestimmten, messbaren Gesetzmässigkeiten.

Die Spaltung zeigt im ersten Drittel annähernd — aber nicht genau — den Verlauf einer monomolekularen Reaktion. Nachher verläuft sie längere Zeit nach der SCHÜTZ'schen Regel, d. h. die gespaltene Substratmenge wird proportional der Quadratwurzel aus der Spaltungszeit

Spaltungszeit in Minuten	% Spaltung	$\frac{1}{t} \log \frac{a}{a-x} 10^5$	$\frac{x}{\sqrt{t}}$
45	9,6	97,2	43
105	16,7	75,4	49
225	31,5	73,0	63
345	39,3	63,0	63
465	44,2	54,6	62
1355	69,3	37,9	59
4264	79,5	15,9	—

Lässt man auf gleiche Gewichtsmengen Lichenin die 1, 2, 4, 8fachen Enzymquantitäten einwirken, so nimmt die Spaltung in gleichen Zeiten nicht im selben Verhältnis zu. Innerhalb des 10 bis 40 %igen Abbaues spaltet die doppelte Lichenasemenge nur das 1,45 bis 1,5fache desjenigen Reservecelluloseanteils, den die einfache Enzymmenge in derselben Zeit abbaut.

Spaltungszeit	% Spaltung durch die Fermentmengen				Verhältnis der gespaltenen Licheninmengen bei einfacher und doppelter Enzymkonzentration		
	1	2	4	8			
1 Stunde .	13,8	19,6	28,4	39,4	1,41	1,45	1,39
2 Stunden .	21,3	30,2	45,3	57,2	1,41	1,5	1,26
3 Stunden .	27,8	39,9	52,4	61,9	1,44	1,31	1,18

Diese Gesetzmässigkeit gestattet, verschiedene Mengen Lichenase in bezug auf ihren Gehalt an aktivem Prinzip zu vergleichen. Spaltet nämlich die Fermentmenge 1 die Licheninmenge 1, so gilt nach obigem angenähert:

Fermentmengen	1	2	4	8	2 ⁿ
Spaltung in gleichen Zeiten	1	1,45	1,45 ²	1,45 ³	1,45 ⁿ

d. h. die Fermentmenge 2ⁿ zerlegt in einer Einheitszeit das 1,45 fache der einfachen Licheninquantität.

Unter Benutzung dieser Gesetzmässigkeiten und aus ihnen abgeleiteten Masseinheiten hat man beispielsweise festgestellt, dass in 2 kg Grünmalz etwa gleichviel Lichenaseferment vorkommt wie in 35—40 Schnecken, oder dass im keimenden Maiskorn das Ferment anfangs seinen Sitz ziemlich gleichmässig im Endosperm und im Keimling hat, während der ersten Keimtage sich aber im Embryo anreichert. — Die Erkenntnis, dass ein mit der Gerüstcellulose sehr nahe verwandtes Kohlenhydrat durch Enzyme leicht verzuckert werden kann, war die Veranlassung auch das Verhalten der Baumwolle, der Gerüstcellulose, gegen Fermente nochmals genauer zu prüfen. Hierbei konnte man sich auf Erfahrungen stützen, welche die modernen physikalischen und chemischen Untersuchungen der Kunstseiden gezeitigt hatten.

Alle Kunstseide ist Umwandlungsprodukt nativer Cellulose. Das Prinzip der Kunstseidefabrikation besteht darin, dass man Cellulose oder Cellulosederivate in Lösung bringt, diese Lösungen durch die sog. Spinndüsen auspresst und durch Auffangen der aus der Spinndüse austretenden Flüssigkeitsstrahlen in geeigneten Medien für eine rasche Ausfällung der Cellulose sorgt, die so in Form eines feinen Fadens erhalten wird.

Es sind heute vier Kunstseiden praktisch in Gebrauch, die Kupferseide, die Viscose, Chardonnetseide und Acetatseide. Von diesen wird die erste in der Weise erzeugt, dass man Cellulose in Kupferoxydammoniak auflöst, und den aus der Spinndüse austretenden Flüssigkeitsfaden in einer Säure zur Koagulation bringt. Die drei anderen Kunstseiden haben das Gemeinsame, dass sie aus Cellulosederivaten, und zwar Celluloseestern erzeugt werden: die Viscose aus Cellulosexanthogenat, Chardonnetseide aus Nitrocellulose und Acetatseide aus acetylierter Cellulose. Aber sowohl der Viscosefaden als auch der Chardonnetfaden werden beim Ausfällungsprozess und der Nachbehandlung derart verändert, dass sie ihre Estergruppen verlieren; auch diese Kunstseidefaden bestehen daher aus regenerierter Cellulose. Einzig die Acetatseide, die ihre Acetylreste behält, macht hierin eine Ausnahme.

Von der Bedeutung, welche die Kunstseideindustrie heute schon

erreicht hat, kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man die jährliche Produktion verschiedener Textilfasern vergleicht:

Für 1924 wird die Weltproduktion geschätzt:

Baumwolle . . .	5,000,000 Tonnen
Wolle	1,300,000 „
Naturseide . . .	34,000 „
Kunstseide . . .	63,000 „

Es wird also schon heute nahezu doppelt soviel Kunstseide wie Naturseide produziert, allerdings ist es immer noch nicht viel mehr als 1 % des Baumwollkonsums. — Die Kunstseidefaden unterscheiden sich schon äusserlich von Baumwolle. Während das Baumwollhaar eigentümlich gedreht ist, kann man den Kunstfaden vielleicht am besten mit einer dünnen, geraden, gegossenen Stange vergleichen, in der gelegentlich ein tiefer liegender Hohlraum zu erkennen ist.

Ein viel tiefer greifender Unterschied zwischen Naturcellulose und Kunstseide besteht indessen in der inneren Struktur. Wie schon C. v. NÄGELI vor 70 Jahren vermutete, und wie die Arbeiten von AMBRONN, von P. SCHERRER, von R. O. HERZOG bewiesen, hat die natürliche Cellulosefaser kristallinen Bau. Sie besteht aus zahlreichen, kleinsten Cellulosekriställchen, die mikroskopisch nicht mehr sichtbar sind, deren Existenz AMBRONN aber durch genaue Untersuchung der Doppelbrechung der Cellulose sicherstellte, und die durch SCHERRER und später durch HERZOG auf Grund des Celluloseröntgenspektrums eine Bestätigung erfuhr.

Die Interferenz der Röntgenstrahlen an Kristallen kann zur Unterscheidung zwischen kristallisierten und amorphen Stoffen dienen. Kristallisierte Stoffe, d. h. solche, in denen sich die gleichen Bausteine (Atome, Moleküle) regelmässig wiederholen, liefern beim Durchgang von Röntgenstrahlen ein System von scharfen Interferenzen; solche Stoffe dagegen, in denen die kleinsten Bausteine regellos verworfen sind, geben einen einzigen, breiten Beugungsring.

Die natürliche Cellulose besitzt das charakteristische Röntgenspektrum einer kristallisierten Substanz; und zwar geben alle Gerüstcellulosen das nämliche Bild; sie sind also identisch.

Das Röntgendiagramm, die Lage der Interferenzen erlaubt es ausserdem, die Orientierung, die Ausrichtung der kleinsten Kristalle in der höheren Einheit, also z. B. im Baumwollhaar, kennen zu lernen. Es zeigt sich, dass in nativer Cellulose — ähnlich wie in verschiedenen anderen Naturstoffen — die stäbchenförmigen

Kristallite alle mit ihrer Längsachse parallel der Faserachse orientiert sind, so dass eine besondere Struktur zustande kommt, die man Faserstruktur heisst. Die Kristallite sind ausgerichtet. Die Aneinanderkettung der Kristallite in der eben geschilderten Art führt zum Aufbau der Faser. Sie hat aber noch einen zweiten, höchst bedeutsamen Effekt: durch diese kompakte Packung wird die aktive, nach aussen gerichtete Oberfläche der ganzen Fasereinheit auf ein Mindestmass beschränkt.

Auch die Kunstseiden haben kristallisierten Bau. Allerdings ist ihr Röntgenspektrum gegenüber demjenigen der nativen Cellulose etwas verändert; sie besitzen das Spektrum der sog. Hydratcellulose, das allen Cellulosen eigen ist, die in starken Alkalien gelegen hatten oder in irgend einer Weise umgelöst worden waren. Eine Reihe von Forschern glaubt daraus auf eine chemische Umlagerung in der Cellulose schliessen zu müssen; doch muss man abwarten, ob sich hier keine andere Deutung finden lässt. Vom chemischen Standpunkt aus wäre es jedenfalls sehr schwer verständlich, dass jeder Umlösungsprozess, finde er in neutralem, alkalischem oder saurem Medium statt, immer zu derselben Umlagerung führen sollte. Auch andere Erscheinungen stehen dieser Deutung entgegen.

Dagegen deckt das Röntgendiagramm der Kunstseide einen anderen charakteristischen Unterschied dieser Kunstfasern gegenüber Baumwolle klar auf. Die Kristallite sind meistens nicht mehr vollständig parallel der Faserachse orientiert, sondern regellos verworfen oder wenigstens in ihrer Ausrichtung stark gestört. Der Grad der Orientierung hängt von der Herstellungsweise des Kunstfadens ab; besonders massgebend ist die Intensität des Zuges, dem der Faden im koagulierenden Bad unterworfen ist. Es ist einzelnen Fabriken neuerdings gelungen, sogar eine recht weitgehende Ausrichtung der kleinsten Teilchen zu erzielen und also auch in dieser Beziehung die Natur nachzuahmen. Das Beispiel lehrt, wie wertvoll die wissenschaftliche Kontrolle (hier mit Hilfe der Röntgeninterferenzmethode) für praktische Probleme ist.

Durch die Störung des Kristallitgefüges in der Kunstfaser wird nun offensichtlich eine ausserordentlich viel grössere aktive Oberfläche erzeugt, als im Naturfaden, und diese grössere Oberfläche ist infolge der Auflockerung der Kunstfaser sicherlich auch dann vorhanden, wenn die Ausrichtung der kleinsten Teilchen

einigermassen gut gelungen ist. Daher kommt es, dass Kunstseide (von der Acetatseide sehen wir hier ab) chemisch bedeutend reaktionsfähiger ist, als native Baumwolle: sie unterliegt leichter der Spaltung durch Säuren, sie zeigt grössere Aufnahmefähigkeit für Wasser und Farbstoffe, sie wird leichter substituiert, leichter verestert. Es konnte nachgewiesen werden (KATZ), dass die Aufnahmefähigkeit des Fadens für Wasser und Farbstoffe einigermaßen parallel geht der Verwerfung der Kristallite, und dass solche Fäden, in denen die Kristallite sehr gut parallel orientiert sind, zur Adsorption der Farbstoffe und des Wassers nicht viel mehr neigen, als die Naturfaser.

Biologisch von besonderem Interesse ist ein Vergleich der natürlichen Baumwolle und der Kunstseide in bezug auf das Verhalten gegen Fermente. Man kannte bisher kein Ferment, das im Stande war, Baumwolle oder natürlichen Zellstoff mehr als zu wenigen Prozenten zu verzuckern. Ganz anders benimmt sich die umgelöste Baumwolle, die Kunstseide. Viele Invertebraten, z. B. die Schnecken, die Würmer u. a., enthalten in ihrem Verdauungskanal Enzyme, mit denen es gelingt, im Reagensglas Kunstseide quantitativ in Traubenzucker überzuführen. Der Abbau erfordert allerdings viel längere Zeit als derjenige der Reservecellulose, fast ebensoviele Wochen wie dieser Stunden. Aber er verläuft schliesslich quantitativ und — was bei der vollkommenen Unlöslichkeit der Cellulose in Wasser etwas überraschend ist — nach ganz bestimmten, messbaren Gesetzen. Es ist von höchstem Interesse, dass diese dieselben sind, die auch für die enzymatische Verzuckerung der Reservecellulose (Lichenin) Geltung haben.

So entspricht der Abbau im Anfang auf ein kurzes Stück annähernd (nicht genau) dem Gesetz der monomolekularen Reaktion, nachher wird die gespaltene Substratmenge proportional der Quadratwurzel aus der Spaltungszeit (SCHÜTZ'sche Regel).

Auch insofern besteht zwischen enzymatischer Cellulose- und enzymatischer Reservecelluloseverzuckerung Analogie, als bei beiden die doppelte Enzymquantität in gleicher Zeit etwa das 1,5fache jener Substratmenge zerlegt, die durch die einfache Fermentmenge abgebaut wird.

Aus dieser weitgehenden Übereinstimmung im Verhalten gegen Fermente ergibt sich erneut die nahe Verwandtschaft von Gerüst- und Reservecellulose.

Von sehr bemerkenswertem Einfluss auf die Schnelligkeit der Hydrolyse umgefällter Cellulose ist die Verdünnung, in der das Ferment auf Cellulose einwirkt. Konzentrierte Enzymlösungen spalten (bei gleichem Enzymgehalt) schneller als verdünnte. Die Ursache liegt in dem Umstand, dass die Adsorption des Fermentes am Kohlenhydrat sich nach der Adsorptionsisotherme vollzieht, d. h. um so grösser wird, je konzentrierter die Fermentlösung ist; proportional zur Adsorption steigt die Wirkung.

	Gleiche Fermentmenge in					
	2,5	10	20	40	80	160 cc Flüssigkeit
Von 0,2 gr Filtrierpapier abgebaut nach 4 Tagen	55,8 ‰	50 ‰	45 ‰	40 ‰	35 ‰	30 ‰

Die Erkenntnis dieses Verhaltens wies den Weg, wie die Versuche zu gestalten waren, um auch native Cellulose in vitro fermentativ zu verzuckern. In der Tat zeigte es sich, dass auch nativer Zellstoff, ja selbst Baumwolle, recht weit enzymatisch abgebaut werden kann, wenn man mit sehr konzentrierten Cellulose-Lösungen arbeitet. Da im Darm der Schnecke sehr hohe Enzymkonzentrationen vorliegen, wird es verständlich, dass hier eine relativ rasche und hohe Ausnützung der Cellulose möglich ist.

Welches ist der Grund, dass native Cellulose in vitro gegen das Enzym viel resistenter als umgefällte Cellulose ist? Es fällt schwer, anzunehmen, dass Kunstseide chemisch eine andere Substanz ist, als natürliche Baumwolle; denn wäre sie ein Kunstprodukt, so würde man in der Natur schwerlich darauf eingestellte Fermente antreffen. Dann bleibt aber kaum eine andere Deutung übrig, als die, dass die Lockerung und Verwerfung des Kristallitgefüges in der Kunstseide und die damit Hand in Hand gehende Vergrößerung der aktiven Oberfläche die Ursache der viel geringeren Enzymresistenz ist. Die Natur erzielt in der nativen Gerüstcellulose die hohe Enzymfestigkeit — die einer Gerüstsubstanz natürlich eigen sein muss — nicht durch einen besonderen chemischen Bau, sondern durch eine straffe und kompakte Packung der kleinsten Teilchen; wird diese gestört, so verschwindet auch die relative Enzymfestigkeit.

Es ist übrigens erwähnenswert, dass in der Verbreitung der Reservecellulose spaltenden und der Gerüstcellulose spaltenden Fermente ein Unterschied zu bestehen scheint. Die Reservecellulose spaltenden findet man im Tier- und Pflanzenreich, die Gerüstcellulose spaltenden bisher nur beim Tier (Avertebraten); in den Pflanzen scheinen sie zu fehlen, oder kommen in sehr geringer Menge vor, vielleicht weil die Pflanzen ihre Gerüstsubstanz (im Gegensatz zur Reservecellulose) nicht mehr abzubauen brauchen.

Das reichliche Vorkommen der Gerüstcellulose spaltenden Fermente bei den Invertebraten beweist, dass diese Tiere Cellulose ganz oder grösstenteils durch direkte Fermentation verdauen und assimilieren; hier fällt die Rolle des Zerstörers nicht Bakterien und Pilzen zu, wie im Verdauungskanal des Säugetiers oder wie auf dem Ackerboden. Die Gerüstcellulosezerstörung durch Avertebraten ist ein prinzipiell anderer Weg des Cellulosezerfalls, und derjenige, der chemisch heute am besten bekannt ist.

Kann die Erforschung des biologischen Celluloseabbaues Aussicht auf irgend welche praktisch verwertbaren Ergebnisse bieten? Dass man auf diesem Wege jemals technisch Holz in Zucker verwandeln wird, ist wohl ziemlich ausgeschlossen; dazu verläuft der Prozess zu langsam, sind die notwendigen Fermentmengen zu gross. Dagegen kann die fermentative Celluloseverzuckerung vielleicht auf andern Gebieten, besonders zu diagnostischen Zwecken, nützlich sein. So gelingt es z. B., gewisse fehlerhafte Viskosesiden, sog. „milchige“ Stellen, die einen andern Glanz als gutes Material haben, von dem letzteren durch das Verhalten gegen Schneckenferment zu unterscheiden, indem das schadhafte Gewebe viel schneller als das fehlerfreie verzuckert wird. Auch für die Begutachtung von Futtermitteln kann die Methode möglicherweise verwertbar werden.

Die vorstehenden Ausführungen zeigen einen kleinen Ausschnitt aus dem Komplex von Problemen, welche die Cellulose bietet, und die heute intensiver denn je bearbeitet werden. In andern Ländern gibt es besondere Institute, deren alleinige Aufgabe die Erforschung dieses Kohlenhydrates in wissenschaftlicher und technischer Hinsicht ist. Die Cellulose ist einer der wenigen Grundstoffe, die auch bei uns, wenigstens in speziellen Qualitäten, zur Verfügung stehen, und es könnte daher auch für uns nützlich sein, die Bearbeitung dieses Kohlenhydrates nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten im Rahmen des Möglichen zu fördern.

La Physionomie biologique des cours d'eau de montagne

par

le Prof. L. LÉGER (Grenoble)

Mesdames et Messieurs,

L'honneur est grand pour moi d'être appelé à prendre la parole au terme de vos savantes assises dans ce beau pays d'Argovie que je vois pour la première fois. Et hier, en admirant vos plaines, vos lacs et vos montagnes, je ne pouvais me défendre de comparer leur physionomie heurtée et majestueuse avec celle de nos régions des Alpes françaises, en pensant que, ici comme là-bas, le naturaliste a devant lui des champs d'étude identiques, les mêmes problèmes économiques à résoudre, les mêmes difficultés à vaincre. Animés d'un même idéal, souffrant les mêmes peines mais goûtant les mêmes joies, ne sommes-nous donc pas frères de cœur et d'esprit? Et de notre collaboration étroite et continue n'est-il donc pas certain que jaillira plus vivement la force et la lumière? C'est dans cette pensée, Messieurs, que j'ai accepté l'invitation si flatteuse de votre Président central et, en vous exprimant mes remerciements, j'apporte aujourd'hui à votre puissante association le salut fraternel des naturalistes des Alpes françaises.

Parmi les questions d'ordre à la fois économique et scientifique qui sont de toute actualité, une des plus intéressantes sinon des plus importantes pour le biologiste est bien celle des eaux de nos montagnes, source de vie par les êtres variés et parfois singuliers qu'elles hébergent et dont le terme le plus élevé, le poisson, intéresse si directement l'économie humaine, mais aussi source de force par la puissance aveugle et souvent formidable de leurs chutes.

Le haut intérêt des eaux de montagne comme milieu vital, devait attirer de bonne heure l'attention des biologistes dans un

pays comme la Suisse et on peut dire tout à son honneur, que la biologie pure des eaux de montagne y est née à l'aurore de notre siècle sous l'impulsion des travaux de ZSCHOKKE (1900) et y fut consacrée pour la première fois par la remarquable étude d'ensemble de P. STEINMANN (1907), notre savant Président actuel, étude qui devint dès lors le point de départ de travaux ultérieurs parmi lesquels il faut remarquer ceux de THIENEMANN (1912). Toutes ces recherches poursuivies dès lors avec soin et tenacité par des spécialistes des divers groupes, ne devaient pas rester longtemps dans le domaine de la science pure en raison des relations étroites qu'elles présentent avec la production piscicole des eaux de montagne.

Et ainsi dans tous les pays alpins, une nouvelle phalange de chercheurs dont je m'honore de faire partie, partant de vos travaux fondamentaux, étudie les relations de la faune et de la flore des eaux courantes alpestres avec les diverses conditions de milieu et surtout avec la nutrition des poissons. De l'hydrobiologie pure naissait ainsi une science appliquée dont l'importance et l'utilité ne sont plus aujourd'hui à démontrer.

C'est qu'en effet, le cours d'eau de montagne, par sa puissance mécanique devait bientôt être convoité puis utilisé par l'industrie qui l'emprisonne ou le mutile, ou bien encore l'intoxique en y versant ses résidus. Et sa santé de robuste montagnard, fortement ébranlée par places, ne lui permet plus toujours d'abriter, comme jadis, la faune variée qui vivait dans ses flancs et d'apporter à l'homme avec la même prodigalité les poissons savoureux qui contribuaient souvent pour une large part à sa nourriture. Il serait bien superflu d'en citer ici les innombrables exemples et tous les techniciens s'accordent aujourd'hui à reconnaître que pour parer à l'atteinte grave portée à la vie des cours d'eau par leur tronçonnement industriel, il n'y a que deux moyens : le rétablissement partiel de leur continuité par des échelles ou des passes à poissons et le repeuplement rationnel des eaux appauvries.

* * *

Pour nos cours d'eau de montagne, le repeuplement rationnel est de beaucoup le plus intéressant et, dans la plupart des cas, le seul applicable. D'autre part, sa mise en œuvre est d'un intérêt général pour toutes les eaux appauvries, industrialisées ou non.

C'est dire toute son importance. Il a fait et continue à faire ses preuves et s'il a encore aujourd'hui quelques rares détracteurs, ce ne peut être que parmi ceux qui l'ont appliqué sans souci de la biologie, ne se basant que sur la notion de surface ou de volume de l'eau, comme si l'eau suffisait à elle seule pour nourrir le poisson.

Tout repeuplement piscicole ne doit être entrepris qu'après une étude approfondie du cours d'eau comme le faisait remarquer avec tant de raison votre savant Inspecteur général SURBECK et j'ajouterai qu'il doit être avant tout basé sur la teneur de l'eau en éléments nutritifs pour le poisson, c'est-à-dire sur sa capacité productrice de vie, ce que j'ai appelé sa « *Capacité biogénique* ».

Et nous voyons ainsi quels liens étroits rattachent ce grand problème économique de la mise en valeur des eaux à l'hydrobiologie pure d'où nous sommes partis, et le programme des recherches qu'il a fallu poursuivre à cet effet.

* * *

Les cours d'eau qui nous occupent ici sont essentiellement des cours d'eau à Truite. Il a donc fallu d'abord déterminer les éléments variés qui entrent dans l'alimentation de la Truite et cela pour chaque type caractéristique de cours d'eau. Or, la Truite, essentiellement carnassière, trouve d'une part la majeure partie de sa nourriture dans les éléments qui composent la faune du cours d'eau, c'est la nourriture endogène; et, d'autre part, en quantité variable, dans les insectes venus des bords; c'est l'apport exogène. Le premier est donc une production directe du cours d'eau, le second dépend de la végétation et de la nature des rives plus ou moins propices au développement des insectes ailés. Il en résulte que nous avons toujours, pour l'appréciation de la valeur nutritive et par conséquent piscicole d'un cours d'eau, ces deux éléments à considérer: le cours d'eau lui-même et les rives. Et comme c'est la nourriture endogène qui constitue le fond de l'alimentation du poisson, c'est d'abord l'étude qualitative et quantitative de la faune qui doit attirer notre attention car, à part les Planaires qui m'ont toujours paru dédaignées et sans doute aussi les Spongilles, la Truite mange avec plus ou moins d'entrain tous les représentants de la faune des eaux courantes.

Mais pour que cette faune-nourriture puisse prospérer, il faut

qu'à son tour elle trouve ses aliments dans le dit cours d'eau, et ceci nous conduit forcément, de mangeurs à mangés, aux formes phytophages dont la présence est liée au fond végétal du cours d'eau. Il en résulte, comme l'a fait remarquer avec juste raison le prof. STEINMANN, qu'une relation étroite doit exister entre le développement de la végétation aquatique et la quantité de faune, c'est-à-dire la capacité biogénique. L'abondance et la nature de la flore aquatique constituent donc un élément objectif de première importance dans l'appréciation du cours d'eau.

Nous avons poussé l'analyse jusque dans ses derniers retranchements, dans des eaux de haute altitude sans végétation visible et où cependant on trouve une faune bien réduite et parfois même encore de la Truite. A part quelque nourriture exogène, l'estomac de ces Truites renfermait des larves de *Liponeura*, de *Melusina*, de *Rhithrogena*, de *Boetis*, toutes formes hautement alpines que je retrouvais sur ou sous les pierres du ruisseau. Or, l'étude de l'alimentation de ces larves m'a montré qu'elle était, dans ces régions élevées, uniquement constituée par des Diatomées, c'est-à-dire par la flore microscopique de l'eau, nourriture endogène. Un peu plus bas, la Truite trouvait un menu plus substantiel avec *Ecdyurus*, *Iron* et des larves de *Phryganides*, *Potamorites*, larves dont la nourriture était encore constituée en majeure partie de Diatomées et d'algues inférieures, mais en outre de débris végétaux, Lichens, feuilles mortes et radicules de Graminées des rives. Et il est remarquable de voir que déjà dans l'alimentation de ces termes faunistiques inférieurs herbivores, il faut distinguer comme pour la Truite, terme supérieur, l'élément endogène (Diatomées, algues) et l'élément exogène issu des rives (débris végétaux).

Plus bas encore, la faune varie et s'accroît bientôt de formes carnivores: *Perla*, *Plectrocnemia*, *Rhyacophila*, etc., à nourriture forcément endogène; mais l'aspect du problème n'a pas changé et toujours la capacité biogénique du cours d'eau, quel que soit l'élément faunistique considéré, reste à la fois en étroite relation avec le caractère du fond et la nature des rives.

Que ces caractères du fond et des rives des cours d'eau alpins soient par ailleurs fonction de la déclivité (vitesse du courant) et de la nature des roches cela est évident, mais pour nous qui restons dans le domaine de la biologie, il est non moins certain qu'ils synthétisent en une expression vivante, la valeur du cours

d'eau comme source de vie, qu'ils déterminent en un mot sa véritable « Physionomie biologique ».

* *

Nous devons pouvoir, dès lors, dans les diverses physionomies biologiques des cours d'eau de montagne, distinguer des types représentatifs des principales valeurs de capacité biogénique, cette donnée essentielle qui doit présider au peuplement et à la connaissance de la productivité des eaux.

C'est ainsi qu'en nous basant d'abord sur les caractères du fond, nous divisons les cours d'eau de montagne en trois grands groupes: Cours d'eau pauvres dans lesquels le fond est apparemment stérile et monotone; cours d'eau de valeur moyenne à fond comportant par places de la végétation cryptogamique apparente (Mousses, Hépatiques) et cours d'eau riches où apparaît en outre la végétation phanérogamique.

Il importe de remarquer dès maintenant que les trois groupes ainsi conçus ne doivent pas être confondus avec les grandes régions ou zones piscicoles aujourd'hui classiques établies dans les cours d'eau ou dans un même cours d'eau considéré de sa source à son embouchure, d'après la composition de la faune ichthyologique en rapport avec la température, l'allure du courant, la structure du fond et qu'on désigne comme zones ou rivières à Truites, à Ombre, à Barbeau et à Brème en prenant pour chacune d'elle le poisson qui la caractérise.

Cette distinction, d'un intérêt majeur en géographie piscicole est tout à fait indépendante de notre division en valeurs biogéniques qui n'intéresse que les cours d'eau ou parties de cours d'eau à Truite. Elle ne se superpose donc pas à la précédente, et cela d'autant mieux qu'il arrive souvent que le cours d'eau à Truites n'est pas toujours de valeur progressivement croissante de sa source à son embouchure comme on est porté à le croire théoriquement. Nous en avons des exemples remarquables dans le Vercors où, pour n'en citer qu'un, la rivière la Bourne dans les hauts pâturages où elle prend sa source rentre indiscutablement dans le troisième groupe par sa richesse de faune et son abondante végétation, alors que dans son cours moyen escarpé, elle appartient au deuxième groupe pour s'étaler en un lit de cailloux roulés très pauvre (1^{er} groupe) dans son cours inférieur.

De telles inversions si l'on peut dire, sont si fréquentes dans les Alpes calcaires qu'elles justifient pratiquement la nécessité d'une classification des cours d'eau ou de leurs parties constituantes, exclusivement en rapport avec leur valeur nutritive ou leur richesse faunistique et non plus en fonction de leur topographie et de leur composition piscicole, cette dernière relevant encore de l'hydrobiologie pure, la nôtre se rattachant plus spécialement à l'hydrobiologie appliquée à la pisciculture.

Remarquons que la division des lacs en oligotrophes et eutrophes correspond à la même idée, mais je crois qu'on peut estimer avec beaucoup plus de certitude la capacité biogénique d'un cours d'eau d'après sa physionomie biologique que celle d'un lac. Celui-ci est un monde fermé où la lutte pour la vie entraîne des variations incessantes et parfois profondes dans la composition biologique, tandis que le cours d'eau, monde ouvert à milieu sans cesse renouvelé, élimine ses déchets au fur et à mesure et conserve ainsi un caractère biologique beaucoup plus constant. Ainsi le lac marche lentement vers la vieillesse et la mort, le cours d'eau reste éternellement vivant et sa mobilité est l'image même de la vie.

* *

Mais notre classification biologique des cours d'eau peut et doit être poussée plus loin, car nous avons montré la nécessité de tenir compte de la nature des rives en même temps qu'il nous faut envisager avec plus de précision, la faune du cours d'eau au point de vue qualitatif et quantitatif. Selon l'importance de ces deux facteurs, il devient alors possible d'établir dans chacun de nos trois grands groupes, des subdivisions ou degrés de capacité biogénique. Et ceci nous a conduit, au point de vue des applications à la pisciculture, à la conception d'une échelle de capacité biogénique allant progressivement des eaux les plus pauvres aux eaux les plus riches et dont les degrés, de I à X, sont ainsi répartis: les 3 premiers (I, II, III) dans le groupe des eaux pauvres; les 3 suivants (IV, V, VI) dans celui des eaux moyennes; les 3 autres (VII, VIII, IX) pour les eaux riches et enfin le dernier (X) pour les eaux exceptionnellement riches.

En pratique, chacun de ces degrés constitue le facteur principal de formules de repeuplement et de rendement kilométrique qui comportent en outre, bien entendu, mais comme facteur secondaire, la largeur mouillée moyenne du cours d'eau.

A titre d'exemple voici la formule de peuplement indiquant le nombre N d'alevins de Truite de 6 mois nécessaire pour la mise en valeur d'un kilomètre de cours d'eau dont la capacité biogénique β est exprimée par les chiffres de l'échelle de I à X et d'une largeur mouillée moyenne de L.

$$N = 10 \beta (L + 5)$$

Formule dans laquelle le correctif $+ 5$ est en relation avec le fait que la faune du cours d'eau est toujours plus riche vers les bords que dans la partie médiane.¹

Mais ce n'est pas ici, Messieurs, le lieu de vous parler de ces formules et des mesures et calculs qui m'ont permis de les établir. Elles sont essentiellement du domaine de la technique piscicole et nous les appliquons journellement en France pour l'estimation des dommages causés par l'industrie et la détermination de l'importance des repeuplements.

Ce que je voudrais simplement vous montrer aujourd'hui par quelques exemples, ce sont les relations étroites des divers types de physionomie biologique ainsi définis de nos eaux courantes, avec les degrés de l'échelle de capacité biogénique et vous montrer qu'il est facile d'estimer rapidement cette capacité avec une approximation suffisante pour la pratique sans qu'il soit toujours nécessaire de poursuivre de longues et minutieuses recherches qualitatives et quantitatives réservées seulement aux initiés encore trop rares de l'hydrobiologie pure. C'est comment, de l'hydrobiologie pure qui s'accommode encore bien mal des mathématiques en passant par l'hydrobiologie appliquée qui les supporte souvent avec peine, la nécessité des temps nous a conduit, si j'ose dire, à une biologie industrielle qui les exige pour la prompte défense de nos intérêts économiques.

Groupe des eaux pauvres. A la base de l'échelle, le I^{er} groupe ou groupe des eaux pauvres à courant le plus souvent très rapide, se distingue de suite par son fond uniquement rocheux ou pierreux, monotone et apparemment stérile, soit en raison de la violence du courant qui le remanie constamment, soit à cause du colmatage par le limon minéral de charriage, toutes causes qui empêchent la vie végétale même inférieure de s'y accrocher.

¹ Au sujet de l'établissement et de la justification de cette formule, voir L. LÉGER, «Principes de la méthode rationnelle du peuplement des cours d'eau à Salmonides». *Trav. du Lab. de Pisciculture de l'Université de Grenoble* 1910.

Ce groupe nous montre son terme le plus faible (I) lorsque les rives elles-mêmes sont à peu près azoïques, c'est-à-dire sans végétation, d'où : extrême rareté ou absence d'apport exogène. Une végétation herbacée, Graminées ou Cypéracées, relève sa valeur d'un degré (II) et l'apparition, par places, de rives boisées ou de mousses rivicoles nous conduit à III avec un apport exogène plus important.

Mais il n'est pas douteux que toutes ces eaux à fond dénué de végétation et dans lesquelles ne peuvent vivre que quelques larves phytophages, Simulies, Ephémérides et quelques Perlides carnassières, sont des eaux médiocres qui ne peuvent nourrir qu'un faible contingent piscicole, et livrables sans grand dédommagement à l'industrie. L'application de la formule pour leur mise en charge piscicole ne demandera qu'un nombre restreint de sujets de peuplement.

Groupe des eaux moyennes. Au-dessus, vient le groupe des eaux moyennes qui comprendra des eaux encore rapides mais à fond stabilisé au moins par places, non colmaté et sur lequel s'accrochent les mousses hydrophiles et les hépatiques. Par cela même la faune endogène y devient plus riche par l'apparition de larves de Diptères bryophiles, de larves d'Ephémérides phytophages et carnassières, de quelques Mollusques et souvent de la Crevette d'eau douce (*Gammarus*) apport si précieux pour la Truite. Nous pouvons de même, dans ce groupe, distinguer progressivement trois degrés (IV, V et VI de l'échelle) selon l'abondance de la végétation cryptogamique, la composition faunistique et surtout la nature et l'importance de la végétation des rives (apport exogène).

Au sujet de ce deuxième groupe se rattache plus particulièrement la question de la nature minérale du fond au sujet de laquelle la plupart des auteurs admettent que les fonds calcaires qui seraient plus propices aux algues sont plus pauvres en faune que les fonds cristallins plus riches en mousses. Nos observations dans les Alpes dauphinoises n'ont pas toujours confirmé cette manière de voir ; et, notamment, dans les massifs de la Chartreuse et du Vercors, entièrement calcaires, les eaux, souvent plus riches en mousses (*Cinclidotus*, *Fontinalis*, *Rhynchostegium*, etc.) que celles ordinairement plus froides de nos massifs cristallins, abritent aussi une faune alimentaire plus nombreuse et plus variée, notamment beaucoup de *Gammarus* et je crois que la quantité de faune de

fond des cours d'eau du deuxième groupe n'est pas, toutes choses égales d'ailleurs, tant liée à la nature de la roche qu'à sa morphologie et à sa stabilité et aux caractères du courant.

Groupe des eaux riches. Et enfin nous atteignons le groupe des eaux riches, à cours souvent encore assez rapide mais plus régulier, avec l'apparition d'un fond alluvionnaire à Phanérogames. Nous y distinguons les degrés supérieurs de l'échelle de VII à X, selon les qualités et l'importance de leur faune, de leur flore et de la valeur des rives en tant qu'apport exogène.

Tout le monde s'accorde en effet à reconnaître que les eaux à Truites les plus productives sont bien celles qui avec un cours plus régulier mais encore assez rapide, montrent déjà un lit plus profond tapissé par places de Potamots, Renoncules, Elodea, Callitriches, etc., abritant en grand nombre, larves et larvules de Diptères, d'Ephémérides, de Trichoptères, d'Odonates, etc., si propices au développement des alevins et des Truitelles, et où Vers et Mollusques apportent encore, avec les Gammarus un sérieux appoint. Qu'à cela vienne s'ajouter la présence de ces petits poissons montagnards, Cottus (Chabot), Phoxinus (Vairon) et Nemachilus (Loche) si recherchés par la Truite dont ils constituent la meilleure des pâtures, et nous approchons du sommet de l'échelle de capacité biogénique pour l'atteindre enfin lorsque, par surplus, le caractère des rives, par un mélange harmonieux de prairies et d'arbustes, sera de nature à apporter au cours d'eau le maximum d'éléments nutritifs exogènes représentés surtout par les insectes les plus variés.

Telles sont les diverses physionomies biologiques des excellentes rivières à Truite. Eaux de la montagne déjà assagies dans les vallées ou les hautes plaines aux rians pâturages, elles portent avec elles le charme de la vie et la fécondité. Plus que toutes les autres, elles méritent notre attention, nos soins et notre protection car, mises en valeur et exploitées rationnellement, elles représentent une véritable richesse nationale.

Nous avons ainsi parcouru les degrés successifs de l'échelle de capacité biogénique, des eaux les plus pauvres aux eaux les plus fécondes et nous avons remarqué en outre, surtout dans les chaînes subalpines que, pour un même système hydrographique et même pour un seul cours d'eau de long trajet, les régions les plus pauvres ne sont pas toujours forcément les plus élevées. Et ceci

justifie la nécessité, lorsqu'il s'agit d'un long cours d'eau de montagne, d'étudier avec soin les diverses physionomies biologiques qu'il peut présenter sur son parcours, avant de le mettre en valeur piscicole.

* * *

Sans doute, Messieurs, ces images fugitives qui évoquent quelques unes de nos vallées les plus caractéristiques des Alpes dauphinoises sont elles bien incomplètes et trop peu nombreuses pour vous donner une idée exacte de la valeur biogénique de tous les cours d'eau si variés de vos belles montagnes de la Suisse. Mais elles auront suffi, je l'espère, à vous montrer les étroites relations qui existent entre les diverses physionomies biologiques de nos eaux à Truite et la capacité biogénique, c'est-à-dire, en somme, la productivité piscicole qui leur correspond.

Même pour un esprit non averti et un technicien non rompu aux délicates recherches hydrobiologiques, une appréciation suffisante de la valeur piscicole d'une rivière devient plus facile que celle de la valeur agricole d'un terrain; l'une et l'autre étant indispensables pour l'exploitation rationnelle du patrimoine national. Et il est dès lors permis d'espérer que, grâce à la diffusion de ces données de biologie pratique, la nombreuse phalange de ceux qui s'intéressent aujourd'hui à si juste titre à la mise en valeur piscicole de nos eaux, pourra désormais travailler, en toute connaissance de cause, de la façon la plus rationnelle, la plus économique et la plus productive, au plus grand bien de nos pays de montagne.

Die Thermalquelle von Schinznach

von

AD. HARTMANN (Aarau)

Schinznach, der Kurort am Aarestrand, inmitten der schönen Auenwälder, wo schon Tausende von Menschen Heilung und Erholung gefunden haben, wo edelste Männer im Schosse der Helvetischen Gesellschaft über die Landesgeschicke beraten haben, verdankt seine Vergangenheit und Zukunft der Thermalquelle. Diese ist das chemische und geologische Analogon der Therme von Baden und tritt im Aarequertal an der Stelle aus, wo die Linnberg-Habsburg-Lägern-Antiklinale in ihrem tiefsten Kern von der Aare angeschnitten wird. Die Quelle muss schon seit vielen Jahrtausenden fliessen, war vermutlich schon den frühesten Bewohnern der Gegend bekannt und wurde sehr wahrscheinlich von den Römern benutzt. Dafür sprechen die in der Quellnähe liegenden Überreste römischer Bauten, ferner der Fund einer römischen Statuette der Hygieia im Kies der Aare oberhalb Brugg. Die reissende, früher noch wildere Aare hat die Badeanlagen immer gefährdet, mehrmals zerstört und die Entwicklung des Kurortes gehemmt. Die ältesten urkundlichen Dokumente gehen auf das Jahr 1657 zurück. Damals wurde die Quelle auf dem linken Aareufer gefasst, ein Badehaus und ein Gasthaus errichtet, die aber schon 1670 einem Hochwasser zum Opfer fielen. 20 Jahre lang war die Quelle unsichtbar, d. h. sie floss in den Kies der Aare und den Grundwasserstrom, trat 1690 auf einer mitten in der Aare liegenden Kiesinsel wieder auf und wurde durch einen Steg zugänglich gemacht. Der Fluss verlegte seinen Weg immer mehr nach links, füllte den rechten Arm mit Kies und Sand und 1694 erhoben sich die ersten, bis 1860 erhaltenen Gebäude des Bades auf dem rechten Aareufer, an der Stelle, wo heute die Kuranstalt liegt. Ohne Zweifel trat die Quelle immer am gleichen Ort aus dem Muschelkalkfelsen heraus; die Aare hat nur ihr Bett von Ost nach West verschoben.

1827 ist die erste fachmännische Fassung der Quelle ausgeführt worden. Der heute noch vorhandene, aus Buchenholzriemen bestehende, damals 6 m tiefe Schacht hatte elliptischen Querschnitt von 4,56 m² Fläche, reichte jedoch nicht bis auf die Felsunterlage und schützte gegen Grund- und Tagwasser zu wenig. 1882 fand unter der Leitung von Prof. ALB. HEIM im gleichen Schacht eine Neufassung statt. Der Schacht konnte bis auf die Felsunterlage vertieft werden. Das Thermalwasser floss in zwei armsdicken Löchern aus dem Dolomittfelsen heraus, daneben aber auch Wildwasser. Es gelang, die Wildwasserzuflüsse zu verstopfen und den Schacht bis auf die Holzwandung hinauf mit einer Zementauskleidung zu versehen. Bei dieser Fassung wurde konstatiert, dass der Erguss der Quelle zirka 1400 Minutenliter beträgt und dass die Quelle nicht direkt mit der Aare, sondern nur mit dem Grundwasser in Verbindung steht. Erguss, Temperatur und Mineralstoffgehalt schwanken auch heute noch mit dem Stand des Wasserspiegels im Schacht und dieser ist wieder abhängig vom Grundwasser. Steigt der Wasserspiegel im Schacht, so geht der Erguss zurück, Temperatur und Mineralstoffgehalt nehmen zu; das Umgekehrte tritt ein beim Absenken des Wasserspiegels. Die Aare fliesst zirka 60 m westlich der Quelle vorbei; ihr Bett scheint gut gedichtet zu sein; denn sie hat direkt keinen Einfluss auf die Quelle, sondern nur auf das Grundwasser. An mehreren Stellen in der Quellnähe ist das Grundwasser schwefelwasserstoffhaltend.

Das Thermalwasser ist schon mehrmals analysiert worden; doch haben die früheren Analysen wenig Bedeutung, weil sie alle weit überholt sind durch die 1912 mit äusserster Präzision ausgeführte Analyse von Prof. F. P. TREADWELL in Zürich.¹ Die wichtigsten Bestandteile des Wassers sind in Ionenform: Natrium, Calcium, Magnesium, Chlor, Sulfatrest, Kohlensäurerest, in Salzform ausgedrückt: Calciumsulfat, Natriumchlorid, Calcium- und Magnesium-Bikarbonat. Der auffälligste und für die Heilwirkung wohl wichtigste Bestandteil ist Schwefelwasserstoff, der teils gebunden, teils frei im Wasser vorkommt und total 56,4 cm³ bei 0° und 760 mm im kg Wasser beträgt. An seltenen Elementen sind vorhanden: Brom, Jod und Borsäure. Das Wasser zeigt eine Radio-

¹ Vgl. AD. HARTMANN, „Die Mineral- und Heilquellen des Kantons Aargau“, *Mitt. Aarg. Naturf. Ges.*, Heft XVII, 1925, S. 255—320 (Festgabe zur 106. Jahresversammlung der S. N. G. in Aarau, 1925).

aktivität von 4,52 Mache-Einheiten, eine Temperatur von 34,8°, einen Totalmineralstoffgehalt von 3,1209 gr im kg Wasser. Es ist eine radioaktive Schwefelwasserstoff-Gips-Kochsalz-Therme.

Ein oft diskutiertes Problem bildet die Frage der *Herkunft des Schinznacher und Badener Thermalwassers*.

Nach der Ansicht von Prof. ALB. HEIM stammt das Wasser aus den Alpen, sickert in der Triaszone am Nordrand des Aarmassives ein, folgt unter hydrostatischem Drucke den Triasschichten unter der Synklinale des schweizerischen Mittellandes hindurch, erwärmt und mineralisiert sich, steigt im Südschenkel der südlichsten Juraantiklinale wieder empor und tritt dort aus, wo die Flüsse den Muschelkalk durch Erosion entblösst haben. Nach der Ansicht von Prof. FR. MÜHLBERG ist das Einzugsgebiet im Aargauerjura westlich der Thermen zu suchen; er stützt sich unter anderm auf vergleichende Erguss- und Niederschlagsmessungen. Dr. A. AMSLER, Prof. H. SCHARDT und Dr. G. SENFTLEBEN schliessen sich dieser Ansicht an. A. AMSLER betont, dass eine kommunizierende Leitung zwischen Alpen und Jura aus tektonischen Gründen nicht möglich sei, weil der Muschelkalk oder Rötidolomit im subalpinen Gebiet unbedingt zerrissen sein müsse, da die Abscherungsfläche, auf welcher Mittelland und Jura bei der Bildung von Alpen und Jura vorwärts geschoben wurden, im Alpengebiet über dem Mesozoikum, im Juragebiet in der untern Trias liegen müsse. Die für die Wasserbewegung treibende Kraft sieht A. AMSLER nicht im System kommunizierender Röhren wie A. HEIM, sondern in der sogenannten „thermischen Konvektion“ oder im „Thermosyphon“, welchen Ausdruck Prof. SCHARDT für unterirdische Wasserläufe im Simplongebiet gebraucht hat. Das irgendwo eindringende kalte Wasser erwärmt sich in der Tiefe und steigt dann infolge des geringern spezifischen Gewichtes an einem andern Ort wieder empor. Seine Bewegung ist derjenigen des Wassers in einer Zentralheizung vergleichbar.

Ausser Zweifel steht die Frage, dass die Jurathermen nicht juveniles, aus dem Magma stammendes, sondern vadoses, durch Versickerung der Niederschläge entstandenes Wasser besitzen; denn sehr viele, seit bald 100 Jahren ausgeführte, recht genaue Ergussmessungen der Therme von Baden beweisen, dass Niederschlagsschwankungen mit zehn- bis zwölfmonatlicher Verspätung sich ausgeglichen, im Quellerguss widerspiegeln. Der starke Aus-

gleich und die grosse Verspätung sprechen für ein langes Verweilen im Boden und einen weiten Weg des Wassers.

Gegen die Herkunft aus dem Jura oder Schwarzwald, also für eine alpine Herkunft, sprechen besonders die hohen Temperaturen, die chemischen Verhältnisse und die lokalen Austritte der Thermen. Es seien die in Frage kommenden Temperaturdaten und Angaben über Ursprungstiefe der drei aargauischen Thermen zusammengestellt:

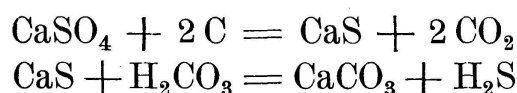
	<i>Baden</i>	<i>Zurzach</i>	<i>Schinznach</i>
Temperatur an der Bodenoberfläche	48,2	38,3	34,3
Mittlere Temperatur des Ortes	8,2	8,3	8,3
Thermalität der Quellen in Cel.	40,0	30,0	26,0
Minimale Tiefe bei einer geothermischen Tiefenstufe von 30 m, in m	1200	900	780
Mutmassliche Abkühlung des Wassers beim Aufstieg in Cel.	10	5	7
Mutmassliche Tiefe, aus der Wasser emporsteigen muss .	1500	1050	1000

Die Abkühlung während des Aufstieges muss bei einer kleinen, heissen Quelle gross, bei einer grossen, weniger heissen kleiner und bei einer in geschlossenem Rohr fliessenden ein Minimum sein. Die hohe Temperatur obiger drei Quellen kann unmöglich durch chemische Prozesse im Quellauf erklärt werden; als solche kämen in Frage die Oxydation von Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen, die Hydratation von Anhydrit zu Gips und Prozesse, die mit der Bildung von Schwefelwasserstoff im Zusammenhang stehen. Eine thermochemische Prüfung dieser Prozesse ergibt, dass sie die Temperatur des Wassers kaum zu beeinflussen vermögen. Die Wärme der Thermen ist also ureigene Erdwärme tiefer Erdschichten. Es beträgt die Gesamtmächtigkeit der Schichten von der obern Juraformation bis zur Anhydritgruppe der Trias nach MÜHLBERG und SENFTLEBEN 630—660 m; rechnet man dazu noch zirka 300 m Tertiär am Jurarand, so reicht die Erdschicht noch nicht aus, um dem Wasser die hohe Temperatur zu geben. Die Zurzacher Therme tritt in nur 416 m Tiefe auf der Granitoberfläche ins Bohrloch ein und muss aus viel grösserer Tiefe stammen, sofern man nicht im Untergrund einen magmatischen Wärmeherd annehmen will, wofür

man keine weiteren Anhaltspunkte hat. Es seien in folgender Tabelle auch die chemischen Verhältnisse der wichtigsten Muschelkalkquellen des östlichen Kettenjuras zusammengestellt:

	Erguss in M. L.	Tempe- ratur in Cel.	Gesamt- mineral- stoff- gehalt gr i. kg	H ₂ S cc i. kg	NaCl gr i. kg	CaSO ₄ gr i. kg
Baden	700	48,2	4,942	Spur	1,834	1,750
Schinznach	1400	34,3	3,121	56,42	0,953	1,327
Lostorf	zirka 10	14,8	3,656	55,2	1,622	0,198
Warmbach Schinznach . .	1200	12,6	0,648	—	0,007	0,326
Dorfbrunnen Asp . . .	100	12,6	0,712	—	0,010	0,430
Dorfbrunnen Densbüren .	100	—	0,856	—	0,014	0,630
Quelle „im Tal“ Densbüren	150	12,2	1,348	—	0,011	1,026
Fischbach Benken . . .	300	14	0,610	—	0,013	0,302
Laurenzenbad	—	17	0,445	—	0,007	0,325

Diese, in den Klusen austretenden Muschelkalkquellen, lassen sich nach ihrem chemischen und geologischen Charakter in zwei scharf zu unterscheidende Gruppen trennen. Die erste Gruppe (Baden, Schinznach, Lostorf) enthält sehr viel Mineralstoffe, viel Natriumchlorid, Schwefelwasserstoff und tritt aus dem Südschenkel der südlichsten Triasantiklinale am Ostrand der Kluse aus. Der Schwefelwasserstoff ist ohne Zweifel aus Gips durch die reduzierende Wirkung anaerober Bakterien entstanden nach dem Schema:



Die zweite Gruppe enthält viel weniger Mineralstoffe, nur Spuren von Natriumchlorid, keinen Schwefelwasserstoff und umfasst typische Juraquellen, die das einst vorhandene Steinsalz längst ausgelaugt und heute nur noch etwas Gips herauslösen. Die 4–8° betragende Thermalität dieser Quellen entspricht der Schichtüberlagerung von 150 bis 200 m. Die meisten dieser Juraquellen, wie Warmbach Schinznach, Dorfbrunnen Asp, Fischbach treten am Westrand der Klusen heraus.

Die Austrittsorte der beiden Thermen von Baden und Schinznach liegen nicht an den tiefsten Stellen der Durchbruchstäler, sondern am Ostrand derselben im Antiklinalsüdschenkel. In Baden ist westlich des heutigen Limmatbettes noch eine zweite, nicht

weniger tiefe, mit Kies gefüllte Rinne nachgewiesen, die den Muschelkalk direkt anschneidet und der Therme einen viel leichteren Austritt gestatten könnte, wenn sie von Westen käme. In Schinznach ist westlich der Therme in der Streichrichtung des Muschelkalkes ein 20—24 m tiefer, mit Kies gefüllter Aarelauf, der den Muschelkalk tiefer anschneidet. Diese beiden, früher nicht bekannten, nun durch Bohrungen festgestellten, tieferen, westlichen Flussrinnen sprechen gegen eine westliche Herkunft des Wassers.

Die grossen Differenzen im Schwefelwasserstoffgehalt der drei Quellen Baden, Schinznach und Lostorf erklären sich durch die geologischen Verhältnisse des Austrittsortes unter der Annahme, dass das Wasser aus den Alpen stammt, nicht aber bei westlicher Herkunft. In Baden besteht der Jura nur aus einer Antiklinale; das von Süden kommende Wasser steigt auf kurzem Wege rasch empor, kühlt sich wenig ab und die hohe Temperatur erschwert den sulfatreduzierenden Bakterien die Tätigkeit. Der Schwefelwasserstoffgehalt des Wassers ist gering und der Gips noch meist unzersetzt. In Schinznach und Lostorf besteht der Jura aus mehreren, hintereinanderliegenden Antiklinalen. Der Thermalwasser führenden Falte ist jedesmal noch eine südliche, nicht geöffnete Malm-Antiklinale vorgelagert, so in Schinznach die Kestenberg- und in Lostorf die Born-Engelberg-Kette. Das von Süden kommende Wasser muss in diesen Vorfalten in die Höhe steigen, kühlt sich ab und bietet dann der Bakterientätigkeit günstige Bedingungen. Der Gipsgehalt dieser Quellen ist geringer infolge teilweiser Umsetzung, dafür der Schwefelwasserstoffgehalt viel grösser. (Die Fassungen der Schinznachertherme, die chemischen und geologischen Verhältnisse der drei Thermen wurden vermitteltst Lichtbildern, an Tabellen und farbigen geologischen Profilen erläutert.) Die Frage der Herkunft der Heilquellen von Baden, Schinznach und Lostorf ist noch nicht mit Sicherheit entschieden; doch ist durch diese Untersuchungen die Herkunft aus den Alpen nach der Hypothese von Prof. HEIM wahrscheinlicher gemacht.

Neuere Ergebnisse der Vererbungsforschung in der Medizin

von

Prof. A. VOGT

Direktor der Universitäts-Augenklinik Zürich

(Mit 17 Figuren)

Hochgeehrte Versammlung!
Meine Damen und Herren!

Die Biologie des verflossenen Jahrhunderts stand im Banne des Darwinismus, der Lehre DARWINs von der Evolution der Arten. Mit der Jahrhundertwende setzt der Mendelismus ein, der die Erforschung der Erbgesetze zum Ziele hat.

Im Zentrum des Darwinismus stand die Variation. Variation ist Abweichung der Eigenschaften des Nachkommen von denjenigen des Elters. Nach DARWIN kann die Variation für Individuum und Art entweder günstig oder nachteilig oder endlich indifferent sein. Ist sie günstig, so ist die Folge Auslese, ist sie ungünstig, so bedingt sie Ausmerzung. Grundbedingung für die Gültigkeit dieser Lehre ist die Vererbbarkeit der Variation. Mit dieser Vererbbarkeit steht und fällt der Darwinismus. Denn wie sollte eine Variation auslesend oder ausmerzend wirken können, wenn sie nicht vererbbar wäre? Aber gerade diese Voraussetzung der DARWINschen Lehre, die Vererbbarkeit der Variation, ist weder von DARWIN noch von seinen Schülern jemals genauer untersucht worden. Es fehlte also der Evolutionslehre ein wichtiges Fundament. Und als zu Ende des verflossenen Jahrhunderts die Stimmen des Zweifels an der Richtigkeit des von der ganzen biologischen Welt eingeschlagenen Weges sich mehrten, als man bemerkte, dass die vielen Hypothesen und Hilfhypothesen, die sich auf den Darwinismus stützten, die Forschung nicht mehr weiter zu bringen

vermochten, als jene Lehre LAMARCKS von der Vererbung erworbener Eigenschaften sich als trügerisch erwies, da begann man zu den Ausgangspunkten des Darwinismus zurückzukehren.

Die Vererbbarkeit der Variation, dieses Fundament jeder Entwicklungslehre, fand ihre erste Prüfung. Diese Rückkehr hat sich in der Folgezeit als ungeahnt fruchtbar erwiesen. Eine neue, bald unübersehbare Wissenschaft ist seit 1900 entstanden, die experimentelle Vererbungs-Physiologie und -Pathologie. Hatte der Darwinismus im Studium der Evolution, der Weiterentwicklung, gegipfelt, so hatte die neue Richtung umgekehrt zunächst die Ermittlung jener Ursachen zum Ziel, welche die Konstanz der Arten garantieren, also letzten Endes die Erforschung der Erbgesetze. Ohne ihre Kenntnis ist Evolution als Wissenschaft nicht denkbar.

Ein erstes, wichtiges Ergebnis war das, dass die Variation nicht, wie der Darwinismus angenommen hatte, eine Wesenseinheit darstellt, sondern sie entpuppte sich bald als ein Sammelbegriff, zusammengesetzt in der Hauptsache aus drei verschiedenen Faktoren, erstens aus der nichterblichen, durch äussere Einflüsse entstehenden sogenannten Paravariation, zweitens aus der durch die geschlechtliche Mischung bedingten, erblichen Mixovariation und drittens aus der ebenfalls erblichen Keimvariation, auch Mutation oder Idiovariation genannt. Nur die erblichen Variationen konnten für die Erhaltung der Art in Betracht fallen, und es ergab sich infolgedessen sofort die Frage nach den Gesetzen ihrer Weiterleitung. Sie wissen, meine Damen und Herren, dass hier in aller Stille und unbeachtet von der wissenschaftlichen Mitwelt, noch zu Lebzeiten DARWINS, ein ebenso bescheidener als genialer Forscher, GREGOR MENDEL,¹ vorgearbeitet und ein Werk geschaffen hatte, das in der biologischen Wissenschaft einzig dasteht. MENDEL ist der Begründer des wissenschaftlichen Zuchtversuches, durch welchen er als erster die erbliche Selbständigkeit des Einzelmerkmals, die Spaltung und die freie Kombination der Merkmalsanlagen erkannte. Mit der Genauigkeit des physikalischen Experiments bewies MENDEL die für die ganze folgende Vererbungsforschung grundlegende Tatsache, dass der in bezug auf ein Merkmal Bastardige in bezug auf dieses Merkmal verschiedenerlei Geschlechtszellen bildet,

¹ GREGOR MENDEL, *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins in Brunn*, 1865, 1866, 1869 und 1870. Neuausgabe durch E. v. TSCHERMAK, W. Engelmann Leipzig 1913. (3. Aufl.)

im Gegensatz zum Reinrassigen. Die Genauigkeit seiner Versuchsbedingungen ermöglichte ihm gleichzeitig die Entdeckung von Dominanz und Rezessivität, die bisher das erbliche Geschehen besonders verschleiert hatten. Und eines der ältesten Probleme der Menschheitsgeschichte, das der Geschlechtsbestimmung, erfasste MENDEL als erster mit der Erkenntnis, dass die Eier sowohl wie die Pollenzellen seiner Pflanzen in bezug auf die geschlechtliche Anlage verschieden seien. Wie sein ganzes Forschungsergebnis, so blieb auch diese Entdeckung in den Zeiten des Lamarckismus und Darwinismus unbeachtet.

Wenn die spätere Forschung ergab, dass viele Merkmale nicht selbständig, wie die von MENDEL untersuchten, sich fortleiten, vielmehr häufig mit andern zusammengekoppelt, so sind auch hier die Mendelgesetze wegleitend gewesen und für das Verständnis dieser komplizierteren Erbformen unerlässlich.

Parallel mit dem Zuchtversuche der verflorenen zwei Jahrzehnte, aber unabhängig von ihnen, ging die Zellforschung, eingeleitet vor allem durch die Untersuchungen EDMUND B. WILSONS an den Chromosomen der Körper- und Geschlechtszellen. In den Chromosomen wurden die Träger der Vererbung und damit das morphologische Substrat der letztern erkannt. Ihre Erforschung hat sich, besonders was die Geschlechtsvererbung und die Kopplung betrifft, als heuristisch fruchtbar erwiesen.

Die durch den Zuchtversuch an Pflanze und Tier gewonnenen Vererbungsgesetze bezogen sich zunächst vor allem auf die Vererbung normaler Eigenschaften. Wird doch in erster Linie das Normale vererbt. Vom normalen zum pathologischen Merkmal bestehen aber kontinuierliche Übergänge, und es darf als ein wesentliches, für die medizinische Forschung besonders wichtiges Ergebnis des Vererbungsexperimentes hingestellt werden, dass die pathologischen Merkmale denselben Hereditätsgesetzen unterstehen, wie die normalen. Die Anwendbarkeit der in dieser Richtung am Tier gewonnenen Erfahrungen auf den Menschen kann durch die Untersuchungen der letzten Jahre als gesichert gelten.

Meine Damen und Herren! Wenn in nachstehender Übersicht über die neueren Ergebnisse der Vererbungsforschung am Menschen die Befunde am *Auge* eine bevorzugte Stellung einnehmen, so liegt das vor allem daran, dass gerade in der Augenheilkunde eine besonders grosse Zahl von Erbkranken mannigfachster Art aufgedeckt und im

letzten Jahrzehnt genauer studiert worden sind. Einzelne Erbtypen solcher Leiden waren schon lange bekannt, doch hatte man ihr Wesen und ihre Bedeutung noch nicht erfasst. Man konnte bloss Tatsachen registrieren. Ein Verständnis für sie fehlte. Erst der Zuchtversuch beim Tier hellte das Dunkel auf, das über dem Geschehen lag.

Dem systematischen Studium der Vererbung beim Menschen stellen sich vor allem zwei Hindernisse in den Weg. Zunächst fehlt beim Menschen die Möglichkeit absichtlicher Kreuzung bestimmter Merkmale. Wir sind auf zufälliges Zusammentreffen solcher angewiesen. Zweitens vermag der einzelne Forscher meist nur zwei, höchstens drei Generationen persönlich zu überblicken, es steht ihm nicht, wie bei der Zucht mancher Tiere, eine fast beliebig lange Generationenreihe zur Verfügung. Diese beiden Hindernisse lassen sich nur teilweise korrigieren. Über das erstere hilft bis zu einem gewissen Grade die Durchmusterung grosser Individuenreihen hinweg. Das zweite Hindernis, das in der Lebensdauer der Menschen liegt, kann teilweise durch exakte Stammbaumforschung und ihre Weiterführung durch spätere Autoren-generationen gemildert werden.

Meine Damen und Herren! Es liegt in der Natur gerade dieser letzteren Schwierigkeit, dass die vererbten Merkmale des *Alters*, mit denen wir uns im Nachstehenden befassen wollen, etwa der Altersstar, oder die senile Arteriosklerose, usw., vom einzelnen Autor nicht selten nur in einer einzigen Generation überblickt und studiert werden können. Denn die Eltern eines von senilen Veränderungen Betroffenen pflegen meist schon verstorben zu sein, seine Kinder dagegen sind noch nicht befallen. Gewiss liesse sich hier durch die Tierforschung ausserordentlich vieles ergänzen und sicherstellen, was beim Menschen unübersehbar ist, aber wir müssen heute gestehen, dass gerade auf diesem praktisch wichtigen Gebiet der senilen Veränderungen die Tierforschung noch sozusagen fehlt. Ein unabsehbares Arbeitsfeld ist hier noch unerschlossen, und das Wenige, was wir von senilen und präsenilen Vererbungsmerkmalen heute schon wissen, bezieht sich fast ausschliesslich auf den Menschen.

Die vererbten Altersveränderungen, die sogenannten senilen und präsenilen Degenerationszeichen, können wir in die weite Gruppe der *homochron* vererbten Merkmale einreihen. Homochron

Fig. 1

Vererbung der Irisfarbe beim Menschen

Braun (Br) ist dominant über Blau (Bl)

Br Br homozygot braun

Br Bl heterozygot braun

Bl Bl blau

Kreuzungen:

1) Br Br $\times$ Bl Bl

F₁: Br Bl + Br Bl + Br Bl + Br Bl

2) Br Bl $\times$ Br Bl

F₁: Br Br + Br Bl + Br Bl + Bl Bl

(Mendel'sches Spaltungsgesetz)

3) Br Br $\times$ Br Bl

F₁: Br Br + Br Br + Br Bl + Br Bl

(1. Mendel'sche Rückkreuzung)

4) Bl Bl $\times$ Br Bl

F₁: Bl Bl + Bl Bl + Br Bl + Br Bl

(2. Mendel'sche Rückkreuzung)

nennen wir jene Erbmerkmale, die nicht schon bei der Geburt, sondern erst im Laufe des Lebens zutage treten. Als Beispiel schon frühzeitig auftretender homochroner normaler Merkmale nenne ich die Farbe der Augen und die Farbe der Haare. Das Neugeborene ist fast immer blauäugig, auch dann, wenn es von braunäugigen Eltern abstammt. Erst im Laufe des ersten oder

zweiten Lebensjahres tritt die ererbte braune Augenfarbe auf, die sogar oft erst mit dem 8. oder 10. Jahre endgültig wird.

Es sei ganz allgemein die Vererbung der *Augenfarbe* des Menschen an diesem Schema (Fig. 1) demonstriert. Es zeigt Ihnen, dass Braunäugigkeit dominant, Blauäugigkeit rezessiv ist.¹ Kinder von reinrassig braunäugigen Eltern bekommen also immer braunäugige Kinder; ist dagegen das Braun bei beiden Eltern bastardig, so tritt bei einem Viertel² der Kinder, nach MENDELSchem Gesetz, Blauäugigkeit auf. So kann also der Grossvater seine Blauäugigkeit durch den braunäugigen Sohn auf seinen Enkel vererben.

Weniger einfach sind die Verhältnisse bei der Kreuzung mischfarbiger Augen. Solche Kreuzungen waren bis jetzt nicht untersucht worden. Ich konnte dieses Jahr an einer grössern Beobachtungsreihe feststellen, dass die Kreuzung gleicher Mischfarben meist nicht wieder zur Entstehung derselben Mischfarben führt, sondern zu einer Art Aufspaltung Anlass gibt, indem bei den Kindern neben vereinzelt ähnlich mischfarbigen häufiger dunklere, weniger häufig hellere Augen auftreten.³

Wie erwähnt, ist auch die *Haarfarbe* homochron vererbt. Sie ändert sich im Laufe des Wachstums und erreicht oft erst mit der Pubertät die Farbe der Elternhaare. Oder nehmen wir als anderes Beispiel homochroner Vererbung die endgültige Konfiguration des Gesichts, z. B. die endgültige Form der *Nase*. Nicht schon beim Kinde, sondern erst in der Pubertätszeit gewinnt sie ihr vererbtes, endgültiges Gepräge.

Ganz besonders rein und genau messbar tritt die homochrone Vererbung in der *Architektur des Auges* zutage, also in der Normalsichtigkeit, Übersichtigkeit und Kurzsichtigkeit. Leider ist auch hier auf dem Gebiete der Tierzucht erst sehr wenig gearbeitet. Ich selber habe die Hornhautbrechung und die Gesamtrefraktion einer grösseren Zahl von wachsenden Kaninchen und von wachsenden Hunden verfolgt und festgestellt, dass die Refraktion des jugendlichen Tiers von Monat zu Monat sich verändert, und zwar im Sinne einer Zunahme der Gesamtrefraktion.⁴ Ähnliches gilt vom

¹ DAVENPORT, *American Naturalist* 44. 1910, A. LUTZ, *Arch. O. G.* 79. 393. 1911, und andere.

² Ein Viertel im Sinne grosser Nachkommenszahlen.

³ Die ausführliche Mitteilung wird durch Herrn cand. med. BOLLAG erfolgen.

⁴ Befunde bei wachsenden Kaninchen hat soeben aus meiner Klinik Herr Dr. PLANGE veröffentlicht. (*Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* 1925. 74. Bd., S. 700.)

Menschen. Der neugeborene Mensch ist häufig stark übersichtig. Nach wenigen Jahren schon ist die Übersichtigkeit geringer, schliesslich ist als endgültige Refraktion leichte Übersichtigkeit, Normalsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit da. Die Kurzsichtigkeit kann bis zum Abschluss des Körperwachstums fortschreiten, indem schon normalerweise bis zu diesem Alter die Achsenlänge des Auges mehr oder weniger zunimmt.¹ Eine ganz ähnliche Zunahme kommt auch beim Affen vor. Bei vielen Affenarten finden wir, wie beim Menschen, Kurzsichtigkeit, und sie nimmt anscheinend auch hier, soweit die Untersuchungen bis jetzt reichen, bis zum Abschluss des Körperwachstums zu.

Normalsichtigkeit (Emmetropie), Übersichtigkeit (Hyperopie) und Kurzsichtigkeit (Myopie) sind streng vererbt. Übersichtige Eltern bekommen übersichtige Kinder, normalsichtige bekommen normalsichtige, und die Kinder kurzsichtiger Eltern werden, wie diese selber, auch wieder kurzsichtig.

Es ist merkwürdig, wie oft diese Tatsachen homochroner Vererbung der Refraktion bis jetzt von Augenärzten ignoriert und

¹ Gemeint ist hier die bis zum Abschluss des Körperwachstums progressive Form der Kurzsichtigkeit, nämlich die durch relativ lange Augenachse bedingte, sogenannte *Achsenmyopie*, nicht aber die auf relativ starker Krümmung der Cornea beruhende Hornhautmyopie, die von ersterer biologisch grundverschieden ist. (Die Myopiestatistiker sprachen bisher meist ganz einfach von Myopie, vermengten also die beiden genetisch differenten Refraktionszustände willkürlich.) Der Achsen- und Brechungsmyopie stehen Achsen- und Brechungs-emmetropie und Achsen- und Brechungshyperopie gegenüber, welche selber wieder durch Achsenlänge und Krümmungsradius der Hornhaut gegeben sind. Wir ersehen, dass die Begriffe Hyperopie, Emmetropie und Myopie nur physikalisch-optische, nicht aber biologische sind. Kann doch dieselbe Refraktion durch ganz verschiedene Konstanten zustande kommen, z. B. eine Emmetropie durch mittellange Achse und mittlere Hornhautkrümmung, aber auch durch übermittellange Achse und flache Hornhaut oder endlich durch untermittellange Achse und übermittelstarke Hornhautkrümmung. Analoges gilt natürlich auch für Hyperopie und Myopie, z. B. braucht bei 4 D Myopie die Achse nicht über mittellang zu sein.

Die Achsenlänge ist die Resultante der Hintereinanderreihung einer Reihe heterogener ektodermaler und mesodermaler Organteile und insofern biogenetisch kein einheitlicher Begriff. Auch erbbiologisch scheint sie von mehreren, zum Teil rezessiven Faktoren abhängig zu sein, nach meinen Untersuchungen unter anderem von der Grössenanlage der Netzhaut, die entwicklungsgeschichtlich einen Teil des Gehirns darstellt. (Siehe A. Vogt, *Ber. d. ophth. Ges. Heidelberg* 1924.)

Brachte ich die Netzhaut bei Kaninchen frühzeitig zur Atrophie (durch Optikusdurchschneidung), so blieb der hintere Bulbusabschnitt, soweit die Netzhaut reicht, in der Entwicklung zurück; die Achse solcher Augen

durch gekünstelte Hypothesen zu ersetzen versucht wurden. Es ist mir nicht möglich, in dieser Stunde auf alle derartigen, oft beinahe komisch anmutenden Hypothesen einzutreten, welche die Entstehung insbesondere der Kurzsichtigkeit erklären sollten, doch ist Ihnen ja bekannt, dass seit fünfzig Jahren vor allem die Schule als Ursache dieser letzteren angeschuldigt wird: Die Nahearbeit, das Lesen und Schreiben in der Schule sollen die Kurzsichtigkeit erzeugen. Die Augenärzte und Forscher, die solches behaupteten, beachteten allerdings nicht, dass gerade analphabete Völker, z. B. Unteritaliener, Ägypter, Ungarn, Russen, bei denen kein obligatorischer Schulbesuch besteht, nicht weniger häufig, und vor allem auch nicht weniger stark kurzsichtig wurden, wie die Bewohner von Ländern mit Schulzwang.

Das Merkwürdigste aber ist, dass die betreffenden Augenärzte ihre eigene, tagtägliche Erfahrung übersahen, nach welcher sehr viele Menschen nur auf dem einen Auge kurzsichtig, auf dem andern aber normalsichtig oder übersichtig sind, trotzdem die beiden Augen beim Lesen und Schreiben unter den gleichen Bedingungen

blieb kürzer als die Achse des Kontrollauges, während die Hornhautgrösse und -refraktion durch den Versuch nicht beeinflusst wurde. Beim Menschen beobachtete ich dasselbe (z. B. nach einseitiger Geburtsverletzung des Sehnerven). Auf dem verletzten Auge entstand Achsenübersichtigkeit.

Es trägt also der wichtigste Teil des Auges, die Netzhaut, zur normalen Ausweitung des hinteren Bulbusabschnittes bei, so dass eine gross angelegte Netzhaut eine grössere Achsenlänge als eine kleinangelegte bedingen wird.

Ganz analog liegt die „formbildende Kraft für den Schädel im Gehirn“ (LANDAU), wie die Untersuchungen von LUDWIG FICK, GUSTAV SCHWALBE, STRASSER, BLUNTSCHLI, LANDAU und anderen dargetan haben. Die breiweiche Gehirnsubstanz drückt dem Schädelknochen die Impressiones ein, und BLUNTSCHLI zeigte am Affenschädel, dass die Schädelwand Hirnwindungen gegenüber zur papierdünnen Lamelle werden kann unter Schwund der Diploe, während diese gegenüber den Furchen erhalten bleibt! Und diese Wirkung übt das Gehirn durch die Hirnhäute hindurch aus!

(Derartige Beobachtungen lassen es nicht ohne weiteres als ausgeschlossen erscheinen, dass die bis jetzt rätselhafte Aderhaut- und Skleraverdünnung bei hoher Achsenmyopie Wirkung der Netzhaut ist, um so mehr als diese Verdünnung gerade nur im Bereiche der Netzhaut auftritt.)

Wie im Pflanzenreiche der Samen über die Gestalt der Hülle und der ihn stützenden Teile entscheidet, und nicht umgekehrt, so formt beim Tier das Ektoderm die es ernährenden, schützenden und stützenden Mesodermgewebe, und analog wird auch der ektodermale Teil des Auges, die Netzhaut, für die Gestalt ihrer Umhüllung entscheidend sein.

Wir dürfen nach den genannten Befunden die Netzhaut zum mindesten als einen jener Faktoren betrachten, von denen die Achsenlänge des Auges abhängt.

stehen.¹ Häufig kommt es dabei sogar vor, dass das kurzsichtige Auge schon frühzeitig abgelenkt und von der Arbeit gänzlich ausgeschaltet wird, trotzdem nimmt seine Kurzsichtigkeit zu, während das allein arbeitende, normale Auge normalsichtig bleibt. Oder ein anderes Beispiel. Unter den Tieren sind erwachsene Affen und Kühe besonders häufig kurzsichtig. Natürlich läuft auch diese Tatsache der Lehre von der Bedeutung der Schule für die Kurzsichtigkeit zuwider. Aber ein spitzfindiger Augenarzt hat sich zu helfen gewusst. Die Affen, sagt er, werden kurzsichtig, weil sie öfters Jagd auf gewisse kleine Tierchen machen, und die Kühe werden es, weil sie das Futter in der Krippe immer so sehr aus der Nähe betrachten müssen.

Neuerdings wieder behauptet ein schwedischer Augenarzt, FRITZ ASK, dass Sport und Turnen die Kurzsichtigkeit in Schweden vermindert haben, wobei er sich auf allerdings sehr anfechtbare Statistiken stützt. Es ist auch hier nicht einzusehen, wieso gerade Leibesübungen die Architektur des Auges verändern sollten, abgesehen davon, dass uns das Beispiel der Affen, die Unübertreffliches in Gymnastik leisten, lehrt, dass solche Übungen für den Bau des Auges bedeutungslos sind.

Fast noch schöpferischer ist die Phantasie zweier Berliner Augenärzte der neuesten Zeit, deren seltsame Lehren ich Ihnen nicht vorenthalten will. Der eine, Herr HIRSCH, überrascht uns mit der Behauptung, dass die Kurzsichtigkeit eine Tuberkulose sei (wofür sich gewiss viele der verehrten Anwesenden bedanken werden). Der andere, Herr LEVINSOHN, erblickt in der Kurzsichtigkeit ganz einfach eine Wirkung — der irdischen Schwerkraft. Die Kurzsichtigkeit, sagt er, ist durch das Kopfhängen bedingt. Indem man beim Lesen und Schreiben den Kopf hängen lässt, zieht die Schwerkraft am Auge, dadurch geht letzteres in die Länge und die Kurzsichtigkeit ist da. Der ebenso sonderbare Beweis LEVINSOHNS für diese Hypothese bestand darin, dass er als Versuchstiere Affen, Cynocephalusarten, wählte, die im Laufe ihres Wachstums sowieso vielfach kurzsichtig werden. Um das Kopfhängen bei der Arbeit nachzuahmen, fixierte er den Tieren den Kopf monatelang, durch mehrere Stunden des Tages, nach unten, damit, wie er meinte, die Schwerkraft die Augen in die Länge ziehe. Die Affen

¹ Die *Anisometropie* (ungleiche Refraktion beider Augen) ist der Prüfstein jeder Myopietheorie, die Klippe, an der alle bisherigen Theorien scheiterten.

wurden natürlich kurzsichtig, was sie ja auch geworden wären, wenn er ihren Kopf umgekehrt, nach oben, statt nach unten, fixiert hätte.

Meine Damen und Herren! Dass trotz der klaren Tatsachen der Vererbung von Ärzten immer wieder solche Irrwege gegangen werden, hängt wohl nicht nur damit zusammen, dass die Errungenschaften der Vererbungsforschung noch viel zu wenig im Propädeutikum des Arztes Einzug gehalten haben, sondern auch mit der bekannten Neigung des Arztes zu rein mechanistischer Auffassung alles vitalen Geschehens. Auch will der Arzt heilen, vererbte Merkmale widerstreben ihm schon deshalb, weil sich da seine ganze Therapie auf den bekannten Rat beschränkt, in der Auswahl der Eltern vorsichtig zu sein. Wir werden natürlich Erbmerkmale, wie den Bau des Auges, ebensowenig jemals mechanistisch erklären können, wie in den obigen Beispielen die homochron vererbte Farbe der Iris oder der Haare, wie die homochrone Form der Nase oder alle andern zahllosen Merkmale, welche zwar vererbt, aber bei der Geburt noch nicht vorhanden sind. Sie alle sind vital bedingt; sie mechanistisch erklären zu wollen, wäre gleichbedeutend mit dem Versuch, das Leben mechanistisch zu erklären.

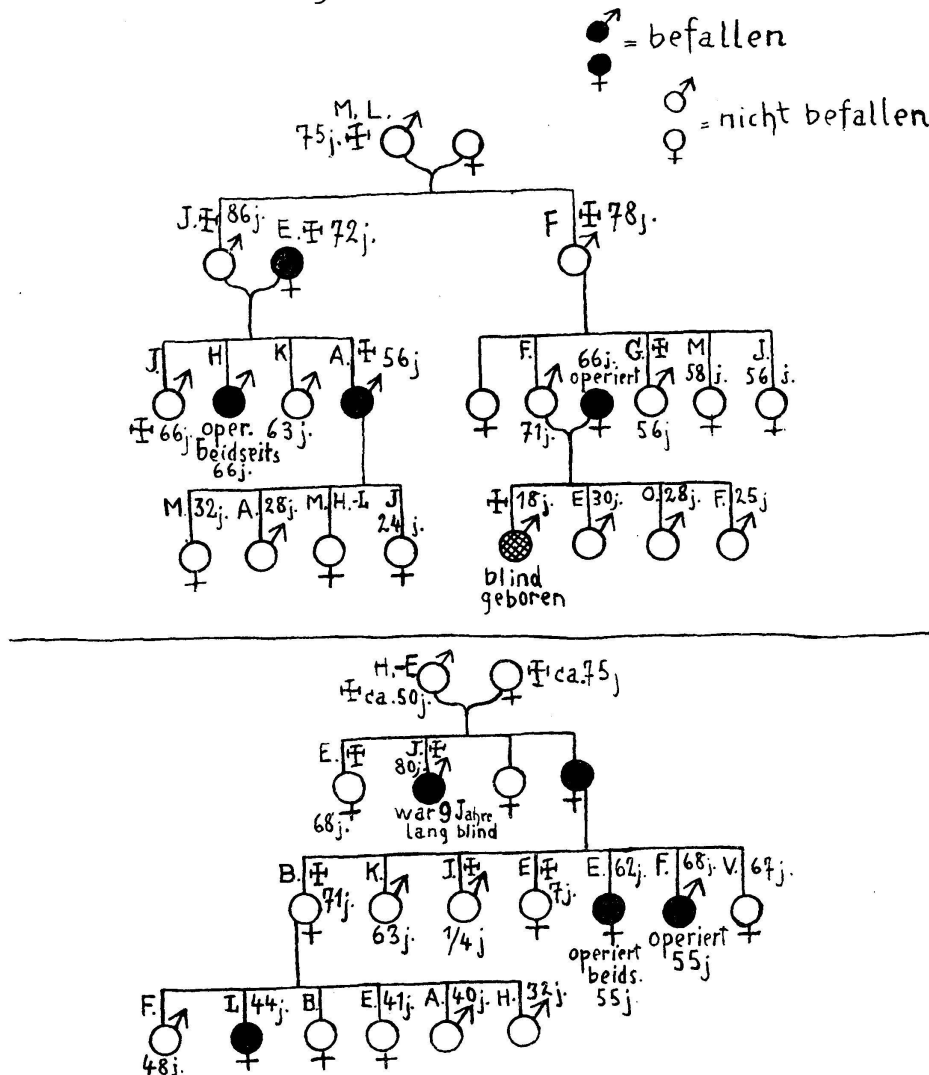
Hypothesen, wie für die Genese der Refraktionen, sind auch für die Genese der präsenilen und senilen Merkmale immer wieder aufgestellt worden. Es würde zu weit führen, sie hier aufzuzählen. Je später ein homochrones Erbmerkmal auftritt, um so schwerer wird, wie schon oben gezeigt, der Nachweis seines Erbcharakters. Nach den bis jetzt vorliegenden Stammbäumen kann aber kein Zweifel bestehen, dass auch die zahlreichen senilen Merkmale, jene Altersveränderungen, die den physiologischen Lebensabschluss einleiten, die psychischen, wie die körperlichen, durch Vererbung von Generation zu Generation weitergeleitet werden. Wesentlich augenfälliger, als die Vererbung seniler Merkmale, ist die der präsenilen, denn sie treten im frühern Alter, meist etwa zwischen dem 20. bis 50. Jahre, auf, so dass hier häufig zwei Generationen gleichzeitig übersehbar sind.

Es scheint, dass jedes senile Merkmal auch präsenil auftreten kann. Wenigstens machen dies meine eigenen Untersuchungen am Auge wahrscheinlich. Welchem Laien wäre nicht, um von augenfälligen präsenilen Merkmalen zu sprechen, das frühzeitige

Ergrauen der Haare geläufig, oder die Glatze des Mannes, welche letztere sich nicht nur nach zeitlichem Auftreten, sondern auch nach dem örtlichen Beginn und nach der Form vom Vater auf den Sohn forterbt, bzw. durch die Mutter als Überträgerin? Zu

Fig. 2

Vererbung des Altersstars



diesen selben Altersmerkmalen gehört am Auge der Greisenbogen der Hornhaut, ferner die als grauer Star mit Recht so gefürchtete Trübung der Linse (Fig. 2 gibt zwei von mir beobachtete Stammbäume dieses Leidens wieder¹), im Augenhintergrund die senile und präsenile Makulaerkrankung, die Degeneration der Fundusperipherie

¹ Sie sind aus einer grösseren Stammbaumreihe herausgegriffen, welche aus meiner Klinik Herr Volontärassistent Dr. GARFUNKEL im *Arch. d. Julius Klaus-stiftung für Vererbungsforschung* veröffentlicht (Zürich, Orell Füssli).

und der Sehnervenumgebung, die für das Alter und besonders für die Kurzsichtigkeit bezeichnend sind. Es scheint mir notwendig, dass das Gebiet der präsenilen Erbdegenerationen in der gesamten Medizin eine Erweiterung erfahre, und dass in dasselbe u. a. eine Reihe von sogenannten konstitutionellen Erbkrankheiten einbezogen werde, wie gewisse Formen von Diabetes, von Fettleibigkeit, Gicht usw. und eine Reihe von Erbpsychosen.

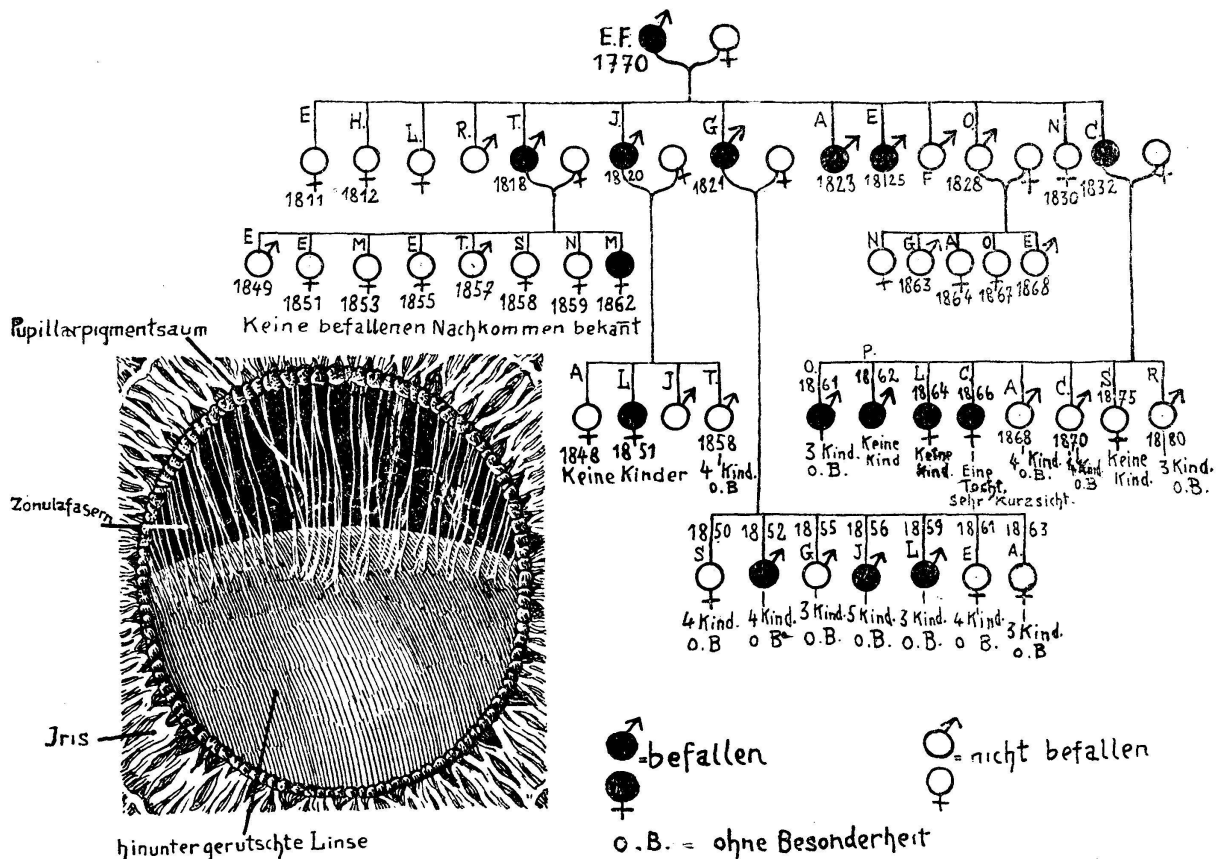
Meine Damen und Herren! Ich zeige Ihnen hier ein besonders instruktives Beispiel einer im mittleren Lebensalter auftretenden homochronen Augenkrankheit, die meiner Ansicht nach in das Gebiet der präsenilen Degenerationen gehört, nämlich einen einzigartigen Stammbaum von spontaner Verschiebung der menschlichen Linse, von spontaner Linsenluxation (Fig. 3). Ich habe über diesen Stammbaum schon einmal vor 20 Jahren berichtet¹ und seither die weitere Descendenz dieser Familie verfolgt. Bei dieser in Süddeutschland lebenden Familie, die sich bis in den Anfang des vorigen Jahrhunderts verfolgen lässt, sind von 46 Descendenten 16 vom genannten verhängnisvollen Leiden betroffen, nämlich von einer ohne irgend eine äussere Ursache auftretenden Linsenverschiebung. Zwischen dem 20. und 70. Jahr bekommen die Befallenen, deren Augen bisher völlig normal gewesen waren, schwere Sehstörungen. Ihre Augenlinse beginnt allmählich nach unten zu rutschen, weil das Aufhängeband der Linse, die Zonula, abnorm dehnbar und zerreisslich wird (siehe die Abbildung Fig. 3). Viele der Betroffenen bekommen infolge der nun eintretenden Zirkulationsstörung grünen Star und erblinden, wenn es nicht gelingt, die Linse rechtzeitig zu entfernen. Erst vor wenigen Wochen habe ich bei einem Mitgliede dieser Familie eine solche nach unten in den Glaskörper gerutschte Linse ohne Glaskörperverschüttung entfernt und damit das Auge noch rechtzeitig vor Erblindung bewahrt. Welches ist die Ursache dieses ganz sonderbaren Krankheitsbildes? Bekannt ist, dass das Aufhängeband der Linse mit fortschreitendem Alter schon normalerweise schwächer und zerreisslicher wird, so dass es hin und wieder, in seltenen Ausnahmefällen, vorgekommen ist, dass im höchsten Alter die Linse eines normalen Auges spontan nach unten sich senkte. Hierin scheint mir aber auch die Erklärung der geschilderten

¹ *Zeitschrift für Augenheilkunde*, 14. Bd., 1905.

Erbdegeneration zu liegen. Wie etwa in einer anderen Familie frühzeitiges Ergrauen der Haare, also frühzeitiges Absterben der pigmentliefernden Zellen, erblich auftritt, so ist in unserem Stammbaum ein anderes seniles Merkmal, frühzeitiger Zerfall der Zonula, erblich und leitet sich dominant, nach MENDELSchem Gesetz, weiter. So bietet uns hier, wie in zahlreichen anderen Krankheitsfällen, die senile Erbdegeneration eine naturwissenschaftliche Erklärung

Fig. 3

Hereditäre spontane Linsenverschiebung (zwischen dem 20. u. 70. J.)



für einen Vorgang, der bisher unserem Verständnis verschlossen geblieben war.

Wohl auf keinem Gebiete der Vererbung finden wir einen solchen Reichtum an Variationen, wie gerade in der Reihe prä-seniler und seniler Zerfallsprozesse. Als ich vor drei Jahren eine grössere Zahl von senilen Geschwistern auf Altersmerkmale durchmusterte, fiel mir auf, dass die einen Geschwistergruppen vorwiegend Degenerationen z. B. der Hornhaut oder der Bindehaut, andere solche der Iris oder der Linse oder des Fundus aufwiesen,

während in wieder anderen Gruppen, trotz des hohen Alters, auffallend klare und intakte Medien oder guterhaltene Regenbogenhäute und Aderhäute vorhanden waren.¹ Diese letzteren Gruppen also zeichnete gewissermassen lange Lebensdauer der einzelnen Organe aus, langes Erhaltenbleiben derselben. Schon der Laie weiss, dass beim einen die Haare mit 50 Jahren ergrauen, beim andern aber mit 80 Jahren noch beinahe dunkel sind. Also nicht nur die senile Degeneration, meine Damen und Herren, ist bei den untersuchten Geschwistergruppen vererbt, sondern vor allem auch das relative Verschontbleiben vom senilen Zerfall muss als ein Erbmerkmal gelten. Und da ja das Senium letzten Endes den normalen Lebensabschluss einleitet, so führen uns solche Untersuchungen und Überlegungen zu einem anderen vitalen Problem, zu dem Problem der Lebensdauer und ihrer Vererbung.

Halten wir Umschau in der Tier- und Pflanzenwelt, so erkennen wir, dass in jeder Art und Rasse die Lebensdauer streng vom Keimplasma festgehalten wird, von Generation zu Generation sich forterbt. Beträgt sie bei der einen Art Hunderte von Jahren, so bemisst sie sich bei anderen nach Monaten, Wochen oder gar Tagen. Aber überall sind es, wie beim Menschen, die senilen Degenerationen der Einzelorgane, die den Lebensabschluss vorbereiten und einleiten. Als ich letzten Winter die Augen von etwa 120 ausgewachsenen Hunden des Zürcher Tierspitals refraktometrisch durchging, konnte ich an den senilen 12—15jährigen Tieren ganz ähnliche Altersveränderungen der Augen feststellen, wie beim sechs- bis siebenmal älteren Menschen.² Die senilen Veränderungen leiten also auch hier den Lebensabschluss ein.

Natürlich ist es aussichtslos, nach Mitteln zu forschen, die die senile Degeneration verhüten und das Leben gewissermassen ad infinitum verlängern sollen. Wir können höchstens, wie das heute wieder STEINACH zu tun versucht, die Sekrete gewisser, im Zerfall begriffener innerer Drüsen vorübergehend durch Einspritzungen

¹ Vgl. auch eine Mitteilung von A. VÖGELI aus meiner Klinik, Med. Dissert. Zürich 1923 („Über Altersveränderungen des vordern Bulbusabschnittes bei Geschwistern“.)

² Die Ergebnisse werden von einem meiner Schüler, Herrn cand. med. KISTLER, veröffentlicht werden. Dem Vorsteher des Tierspitals, Herrn Dr. SCHEITLIN, sei auch an dieser Stelle für die Überlassung der Tiere bestens gedankt.

ersetzen, aber den Zerfall selbst, der vital, durch die Keimesanlage, gegeben ist, verhindern wir dadurch nicht. Merkwürdigerweise sind diese vital bedingten Zerfallsvorgänge immer wieder mit exogenen Schädigungen identifiziert worden. So wenig es irgend jemand gelingen kann, das Auftreten der vererbten Augenfarbe oder Nasenform in unsern oben erwähnten Beispielen zu verhindern, so wenig kann es möglich sein, den senilen Zerfall zu vermeiden. Der Umstand, dass äussere Schädlichkeiten den senilen

Fig. 4

Vererbung des vorderen Polstars

N = in bezug auf vorderen Polstar normale Linse

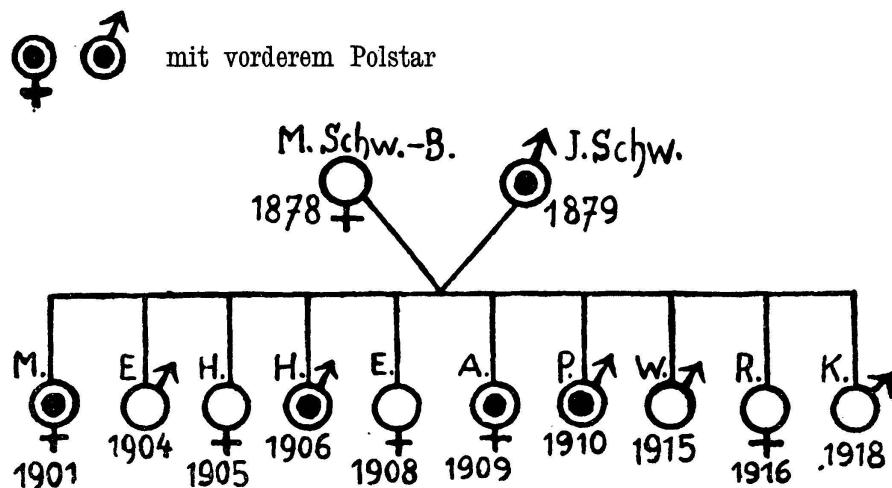
S = Linse mit vorderem Polstar

S ist dominant über N

$$N N \times N S$$

$$F_1: N N + N N + N S + N S$$

(Mendelsche Rückkreuzung, die Hälfte der Kinder zeigen Polstar)



Veränderungen ähnliche Krankheitsbilder hervorrufen, sollte niemals ein Grund dafür sein, die beiden prinzipiell verschiedenen Ursachen, die vitale und die exogene, miteinander zu verwechseln.

Weit besser erforscht, als die hier geschilderten homochronen sind die angeborenen Erbmerkmale. Am wenigsten zu verkennen ist ihre Erbnatur, wo es sich um Dominanz handelt. Denn da liegen sie gleichzeitig bei Eltern und Kind zutage. Als Beispiel (Fig. 4) zeige ich Ihnen diesen Stammbaum mit vorderem Polstar: Bei einer in Binningen wohnenden Familie mit 10 Kindern fand ich den Vater und vier Kinder betroffen, entsprechend dem MENDEL-gesetz.

Komplizierter schon ist der Erbgang rezessiver, also verdeckt fortgeleiteter Leiden. Diese haben überhaupt erst durch den Zuchtversuch der letzten 20 Jahre ihre Aufklärung gefunden. Während nämlich bei den dominanten Leiden krank dominant ist über gesund (gesund ist rezessiv), ist bei den rezessiven Leiden umgekehrt gesund dominant über krank, krank ist also rezessiv. Ein Ihnen geläufiger rezessiver Defekt ist der *Albinismus universalis*. Sie kennen ja doch die weissen Kaninchen und die weissen Mäuse mit ihren rotleuchtenden Augen. Vielleicht haben Sie auch schon albinotische Menschen gesehen.

Bezeichnen wir die normale Anlage für Pigmentierung mit P (Fig. 5), so bekommt ein Individuum, das diese normale Anlage von seinen beiden Eltern übernommen hat, den Ausdruck PP (oder, nach der Chromosomenlehre ausgedrückt: beide, zu einem Paar gehörige, d. h. homologe Chromosomen, welche Träger der Pigmentierung sind, sind reinrassig normal, PP). Die Anlage für Albinismus, d. h. für Fehlen des Pigments, sei p. Hat also ein Individuum diese Anlage von dem einen Elter übernommen, vom anderen aber normale Anlage, so können wir diesen unpaarigen, bastardigen Zustand durch Pp ausdrücken. (Während im ersteren Falle beide homologe Chromosomen für Pigmentanlage in sämtlichen Körperzellen, also auch in den Urgeschlechtszellen des Individuums normal sind, ist im zweiten Falle das eine Chromosom Träger für Albinismus.) Aber trotzdem hat ein solches in bezug auf die Pigmentanlage bastardiges Individuum Pp völlig normale Pigmentierung. Denn krank (p) ist hier rezessiv, gesund (P) ist dominant über krank. Der Albinismus macht sich in keiner Weise bemerkbar. Er wird erst dann manifest, wenn beide Anlagen für Pigmentierung, die vom Vater und die von der Mutter übernommene, krank sind, Albinismus vermitteln, was wir durch pp (reinerassig krank) ausdrücken können. Scheinbar gesunde, sogenannte Überträger sind also die Individuen Pp, sie leiten die Krankheit latent, verdeckt weiter auf ihre Nachkommenschaft, sie sind in bezug auf die Pigmentanlage bastardig, heterozygot, im Gegensatz zu den reinrassigen, homozygoten Individuen PP und pp. Solche äusserlich gesunde Überträger, die den Defekt bastardig enthalten, also Pp, werden nach MENDEL zweierlei Geschlechtszellen in gleicher Zahl bilden, solche mit P und solche mit p. — Wir finden in jedem menschlichen Volksstamm und auch bei den Säugetieren

und Vögeln in allen Sippen solche Überträger rezessiver Merkmale, z. B. des Albinismus. Kreuzen zufällig zwei Individuen Pp miteinander, so tritt die berühmte MENDELSche Aufspaltung ein, $Pp \times Pp$ ergibt durch freie Kombination der Geschlechtszellen P und p: $PP + 2 Pp + pp$, also ein Viertel der Nachkommen ist manifest betroffen, grosse Nachkommenzahlen vorausgesetzt.¹

Fig. 5

Schema rezessiver Leiden

P = normal p = krank
P = dominant p = rezessiv
PP = reinrassig normal
Pp = bastardig normal
(gesunder Überträger)
pp = krank

$$\begin{array}{c} Pp \times Pp \\ \hline PP + Pp + Pp + pp \end{array}$$

Dieses am Tier gefundene Gesetz gilt, wie eine Reihe von menschlichen Stammbäumen, auch von mir aufgestellte, beweisen, ebenso für den Menschen.

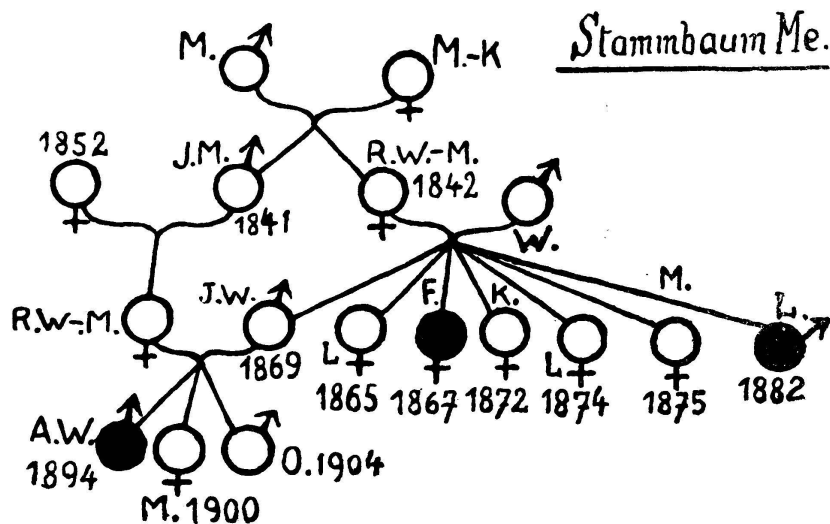
Das Überraschende bei diesen rezessiven Erbgängen ist also, dass die sämtlichen Vorfahren der Befallenen gewöhnlich völlig gesund erscheinen, wie wir das nach dem Vorhergehenden erwarten müssen. Auffallend ist ferner, dass besonders oft Blutsverwandtenheirat in der Aszendenz vorhanden ist. Das letztere wussten schon die Gesetzgeber alter Zeiten, als sie die Blutsverwandtenehe verboten, in der bis vor kurzem herrschenden Annahme, dass solche Ehe die rezessiven Krankheiten, also z. B. den

¹ Die Kreuzung: bastardig mit reinrassig, die sogenannte MENDELSche Rückkreuzung, ergibt Bastardige und Reinrassige in gleicher Zahl (Pp mal PP ergibt Pp + PP, oder: Pp mal pp ergibt Pp + pp).

Albinismus, dann die so gefürchtete Nachtblindheit, die totale Farbenblindheit und viele andere rezessive Leiden erzeugen. Der Zuchtversuch hat demgegenüber einwandfrei dargetan, dass die Blutsverwandtenkreuzung lediglich die Möglichkeit steigert, dass zwei mit demselben Defekt behaftete Individuen zusammenkommen. Denn wenn sie vom selben Vorfahren abstammen, also blutsverwandt sind, ist es wahrscheinlicher, dass sie identische Eigenschaften aufweisen, also auch identische Defekte, als Individuen, die nicht miteinander verwandt sind.

Fig. 6

Bedeutung der Inzucht für rezessive Leiden
(Retinitis pigmentosa)



Als Beispiel eines anderen rezessiven Leidens sehen Sie hier die so verhängnisvolle *Pigmentdegeneration der Netzhaut* (Fig. 6), die wieder besonders oft bei Kindern von blutsverwandten Eltern auftritt (Beobachtung des Verfassers in Basel). Die Betroffenen werden, meist schon im Kindesalter, nachtblind, ihre Netzhaut schrumpft allmählich im Laufe von Jahrzehnten und im Alter tritt nicht selten völlige Erblindung ein.

Hier (Fig. 7) ein von mir in Basel gefundener Stammbaum von *totaler Farbenblindheit*, die ebenfalls rezessiv vererbt wird und dementsprechend sehr oft Blutsverwandtenehe in der näheren Aszendenz zeigt (z. B. in Fig. 7). Die Betroffenen sehen die Welt grau in grau, ihre Sehschärfe ist stark reduziert. Der Tagesapparat

der Netzhaut fehlt ihnen, dagegen ist der Dämmerungsapparat wohl entwickelt, sie sehen im Dunkel sogar besser als Normale.

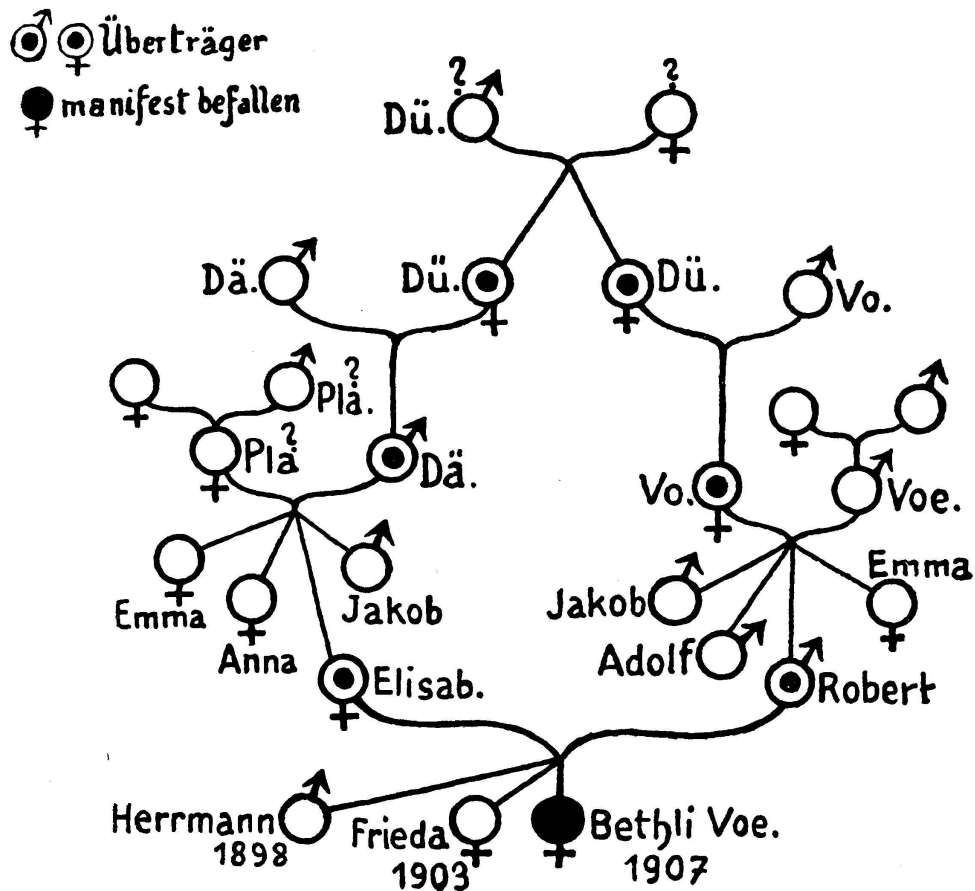
Rezessiv sind endlich auch die interessanten sogenannten geschlechtsgebundenen Leiden. Als Beispiel eines solchen, an das Geschlecht geknüpften Defektes ist Ihnen die *Bluterkrank-*

Fig. 7

Totaler Farbenblindheit

(Bethli Voe.)

Bedeutung der Inzucht: 2 Urgrossmütter (Dü.) sind Schwestern



heit oder Hämophilie bekannt, deren Verhängnis eine poetische Schilderung durch ERNST ZAHN in seinem Roman: Die Bluter von Tanno, gefunden hat. Die Bluter gehen bekanntlich an unbedeutenden Verletzungen durch Verblutung zugrunde. Nur Männer werden befallen, aber gesunde Mütter leiten den Defekt auf ihre Söhne weiter. Auch in dieses merkwürdige Erbgesetz, das seit hundert Jahren¹ bekannt war, brachte erst der Zuchtversuch dieses

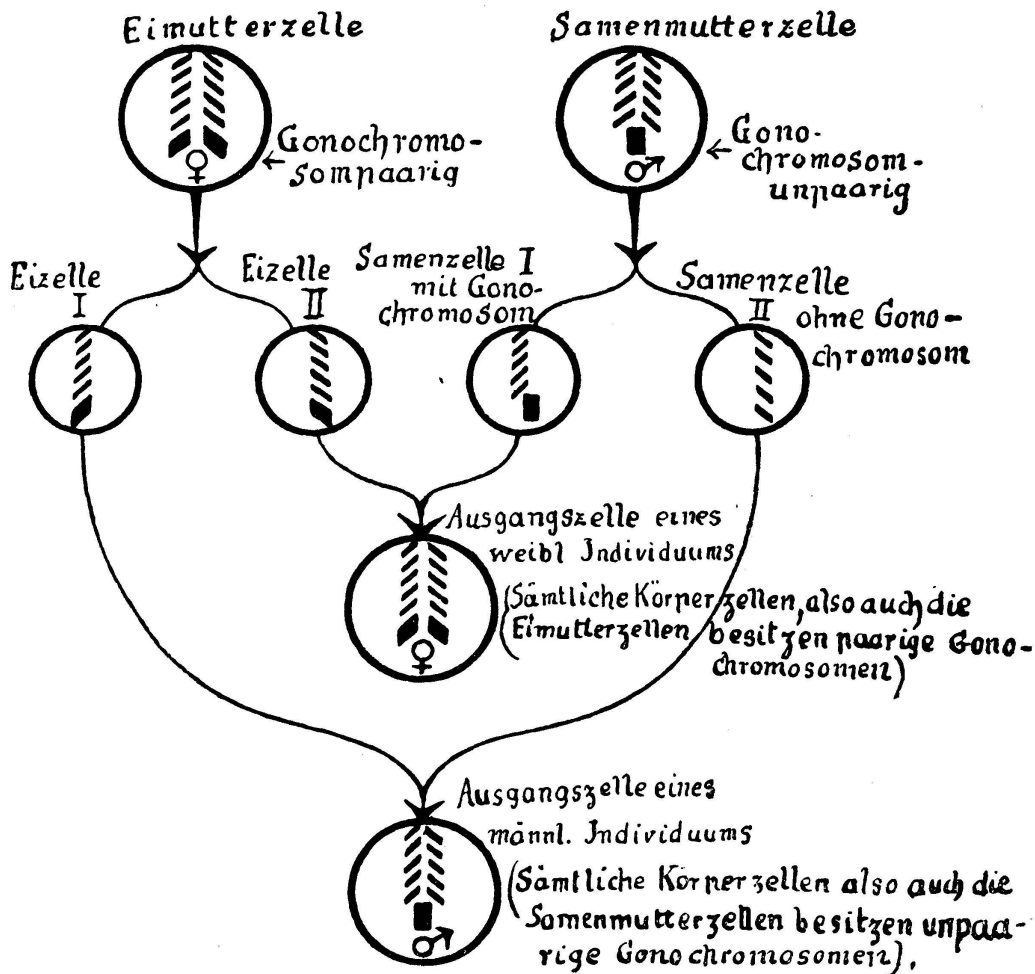
¹ NASSE, *Arch. f. med. Erfahrung* usw., Jahrg. 1820. Über ältere Literatur siehe VOGT, *Schweiz. med. Wochenschrift*. 1922, Nr. 4.

Jahrhunderts Licht, dann aber auch unabhängig vom Zuchtversuch die Chromosomenforschung EDMUND B. WILSONS. Was der Genius MENDELS vorausgesehen hatte, wurde von DONCASTER, BATESON, R. GOLDSCHMIDT u. a. im Tierversuch, später auch an der Pflanze

Fig. 8

Einfaches Schema der Geschlechtszellenbildung

Die Gonochromosomen sind durch fettere Striche ausgezeichnet
Die Polkörperabstossung bei der Bildung der Eizelle ist der Vereinfachung halber nicht berücksichtigt



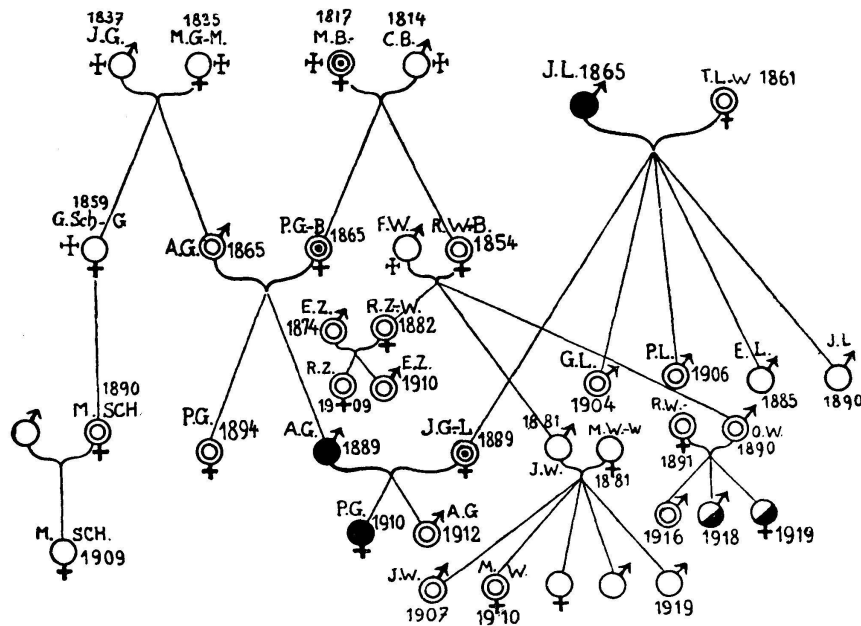
exakt bewiesen: Beim einen Geschlecht sind die geschlechtsbestimmenden Faktoren bastardig, beim andern reinrassig vorhanden. Und zwar sind beim Menschen und den meisten Tieren die männlichen Geschlechtschromosomen bastardig, d. h. unpaarig vorhanden¹, die weiblichen dagegen reinrassig, paarig. Wie diese schematische Darstellung (Fig. 8) veranschaulicht, entstehen somit beim männ-

¹ Unpaarig, indem die eine Paarhälfte rudimentär ist oder fehlt.

lichen Geschlecht zweierlei Geschlechtszellen (die zytologisch schon vor diesen Forschungen bei gewissen Tieren bekannt gewesen waren, aber nicht gedeutet werden konnten), nämlich solche mit und solche ohne Geschlechtschromosom, während beim weiblichen

Fig. 9

Die Entstehung weiblicher, manifest affizierter Dichromaten durch Kreuzung zwischen affiziertem Mann und Konduktor ♀



- ⊕ (male symbol) unsicheres Prüfungsergebnis, bzw. wegen Jugend noch nicht prüfbar
- (male symbol) nicht untersuchter Mann
- (female symbol) nicht untersuchte Frau
- ⊕ (male symbol) untersuchter gesunder Mann
- ⊕ (female symbol) untersuchte gesunde Frau
- ⊕ (male symbol) untersuchter, manifest befallener Mann
- ⊕ (female symbol) untersuchte, manifest befallene Frau
- ⊕ (male symbol) nicht untersucht, aber nach Erwarten manifest befallen
- ⊕ (female symbol) latent befallene Frau (Konduktor)

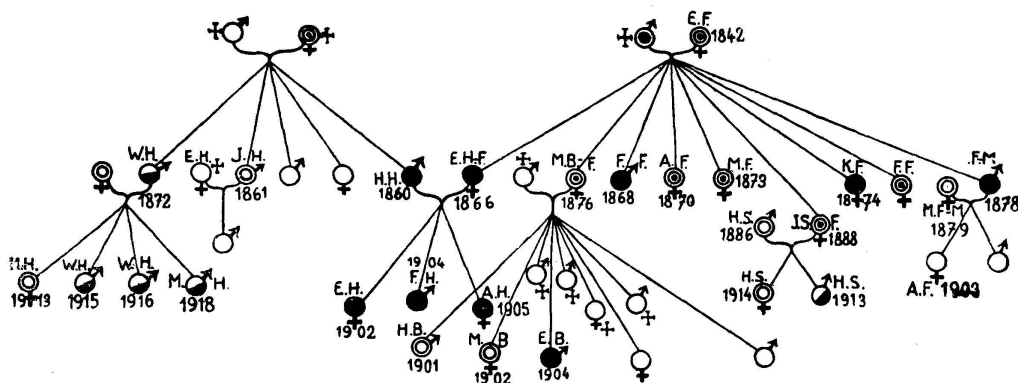
Geschlecht nur einerlei, gleichartige, geschlechtschromosomhaltige Geschlechtszellen zustande kommen.

So ist also die Geschlechterkreuzung nichts anderes als Rückkreuzung im MENDELSchen Sinne. Damit ist aber auch die geschlechtsgebundene Vererbung erklärt, wie sie uns in der Bluterkrankheit und in allen anderen rezessiv-geschlechtsgebundenen

Leiden entgegentritt. Ist nämlich das männliche Geschlechtschromosom befallen, so kann die Krankheit nur manifest sein; denn ein zweites Chromosom, das gesund und dominant wäre, fehlt ja (Fig. 8). Beim Weibe dagegen ist die Krankheit dann latent, wenn nur ein Geschlechtschromosom affiziert ist. Das zweite gesunde ist dominant über das kranke. Manifest wird sie nur in dem relativ seltenen Fall, in welchem beide Chromosomen betroffen sind. Das Zustandekommen dieser weiblichen Manifestation wurde beim Menschen erst vor kurzem zum ersten Male nachgewiesen, nämlich dadurch, dass es uns möglich wurde, einen besonders häufigen geschlechtsgebundenen Defekt, die sogenannte

Fig. 10

Die Entstehung weiblicher, manifest affizierter Dichromaten durch Kreuzung manifest affizierter Eltern



Rotgrünblindheit, in einer Anzahl von Stammbäumen (vgl. z. B. Fig. 9 und 10) mit weiblicher Manifestation zu verfolgen,¹ wobei uns regelmässig der Nachweis gelang, dass Rotgrünblindheit beim Weibe nur dann auftritt, wenn von beiden Eltern die Anlage

¹ Vgl. A. Vogt, Über geschlechtsgebundene Vererbung von Augenleiden, *Schweiz. med. Wochenschr.* Nr. 4, 1922. Ferner A. VOGT und R. KLAINGUTI, Weitere Untersuchungen über die Entstehung der Rotgrünblindheit beim Weibe, *Arch. f. Rassen- und Gesellschaftsbiologie*, 14. Bd., pag. 1, 1923.

Die geschlechtsgebundene Vererbung der Rotgrünblindheit ist zum ersten Male von dem Zürcher Ophthalmologen FRIEDRICH HORNER erkannt worden. (Amtlicher Bericht über die Verwaltung des Medizinalwesens des Kantons Zürich, 1876). Die Arbeit wurde erst im vorletzten Jahrzehnt der Vergessenheit entrissen, nachdem sie von den Lehrbüchern der Augenheilkunde übersehen worden war.

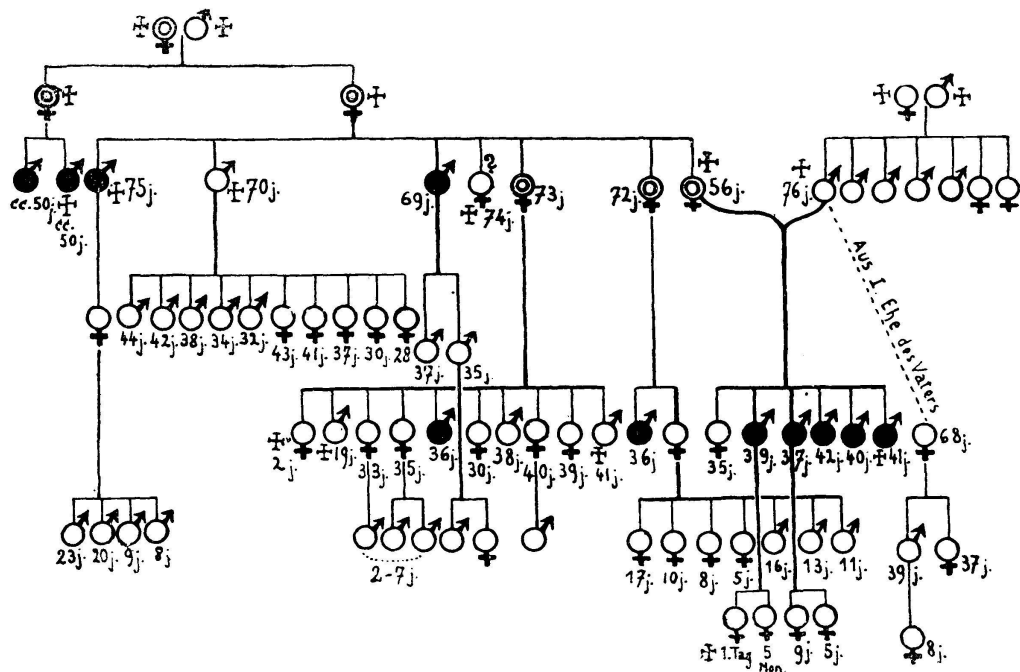
Rotgrünblindheit kommt bei etwa 4% aller Männer Mitteleuropas vor. Schwäche des Rotgrünsinns (Rotschwäche und Grünschwäche) ist ähnlich häufig.

auf die Tochter übertragen wird, wie das nach den zitierten Tierversuchen über Geschlechtsvererbung erwartet werden musste. Beim Weibe ist dementsprechend die Rotgrünblindheit etwa zehnmal seltener als beim Manne,¹ welche Erscheinung man noch vor kurzem in Lehrbüchern auf die etwas naive Art zu erklären suchte, dass die Mädchen im Gegensatz zu den Knaben in die Arbeitsschule gehen müssen und daher dort die Farben besonders gut kennen lernen.

Fig. 11

Lebersche Krankheit (Hereditäre Opticusdegeneration)

- ♂ Befallener Erwachsener
- ♀ Weiblicher Konduktor
- ? Nach Amerika ausgewanderte Linie



Dieser geschlechtsgebundene Defekt hat praktisch keine grosse Bedeutung. Immerhin sind schon Eisenbahn- und Schiffsunglücksfälle durch rotgrünblindes Personal verursacht worden. Rotgrünblinde Lithographen werden kaum ein Fortkommen finden können, während heute rotgrünblinde Kunstmaler recht guten Erfolg haben können. Während somit dieser Defekt höchstens be-

¹ Über die Abhängigkeit dieser Häufigkeit von der Häufigkeit beim Manne siehe die Berechnungen des Mathematikers R. FUETER, „Über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens geschlechtsgebundener Leiden“, *Arch. f. Ophth.*, 114, 593 (1924).

ruhlich auslesend wirkt, gibt es andere, schwerere geschlechtsgebundene Leiden von geradezu ausmerzendem Charakter. Sie sehen hier einen Stammbaum (Fig. 11) von erblicher Sehnervendegeneration, den ich im Kanton Bern fand. Befallen wurden auch hier wiederum die Söhne; sie erblinden plötzlich und zwar fast durchwegs zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr, nachdem sie vorher tadellose Sehschärfe gehabt hatten. Es bleibt nur ein peripherer Gesichtsfeldrest erhalten. Die die Krankheit übertragenden Mütter haben ihr Leben lang normale Augen.¹

Sie sehen, es handelt sich hier wieder um *homochrone* Vererbung, wie wir sie eingangs in den Refraktionen und in den präsenilen oder senilen Degenerationen kennen lernten.

Angeboren ist dagegen der geschlechtsgebundene Defekt in diesen von mir gefundenen Stammbäumen (Fig. 12 und 13) eines vorher nicht bekannten Leidens, das ich als *Makulalosis*² bezeichnet habe. Den Betroffenen fehlt die Differenzierung des wichtigsten Teils der Netzhaut, der Macula centralis retinae, wodurch ihre Sehschärfe von Geburt an hochgradig vermindert ist. Die eine der von mir gefundenen Familien lebt in Gebenstorf, die andere in den Kantonen Schaffhausen und Zürich. Besser als jede Schilderung veranschaulichen Ihnen das Leiden diese vier befallenen Brüder, die alle hochgradig sehschwach sind und deren Augen ausgesprochen zittern, und ihre gesunde Schwester mit ihrem

¹ Vereinzelt ist Manifestwerden bei heterozygoten Frauen beobachtet, so in einem neuen, von mir beobachteten Stammbaum, den SCHÖNENBERGER mitteilen wird.

Eine Übersicht über die bisher veröffentlichten Stammbäume von geschlechtsgebunden-rezessiver Opticusatrophie ergab mir, dass die Frauen wesentlich häufiger sich als Konduktoren erweisen, als dies theoretisch zu erwarten wäre. Ähnliches fand ich bei der ebenfalls geschlechtsgebundenen, weiter unten erwähnten Makulalosis. Eine sichere Erklärung für diese Erscheinung fehlt noch.

Die von LOSSEN 1876 und 1905 aufgestellte, nach ihm benannte und in die Literatur übergegangene Regel, nach welcher befallene Männer den Defekt nicht weiter leiten, beruht lediglich auf unrichtiger Deutung der bis jetzt veröffentlichten Stammbäume, siehe A. VOGT, *Schweizerische medizinische Wochenschrift* Nr. 4, 1922.

² Vielleicht gehören Beobachtungen NETTLESHIPS von auf den Augapfel beschränktem Albinismus hierher (Literatur und ausführliche Schilderung des Krankheitsbildes siehe A. VOGT, „Die Ophthalmoskopie im rotfreien Licht“, Handbuch Graefe-Saemisch, 3. Auflage, Untersuchungsmethoden, III. Band, S. 61 ff., 1925).

Fig. 12. Stammbaum von isoliertem Bulbusalbinismus mit Makulaloseigkeit

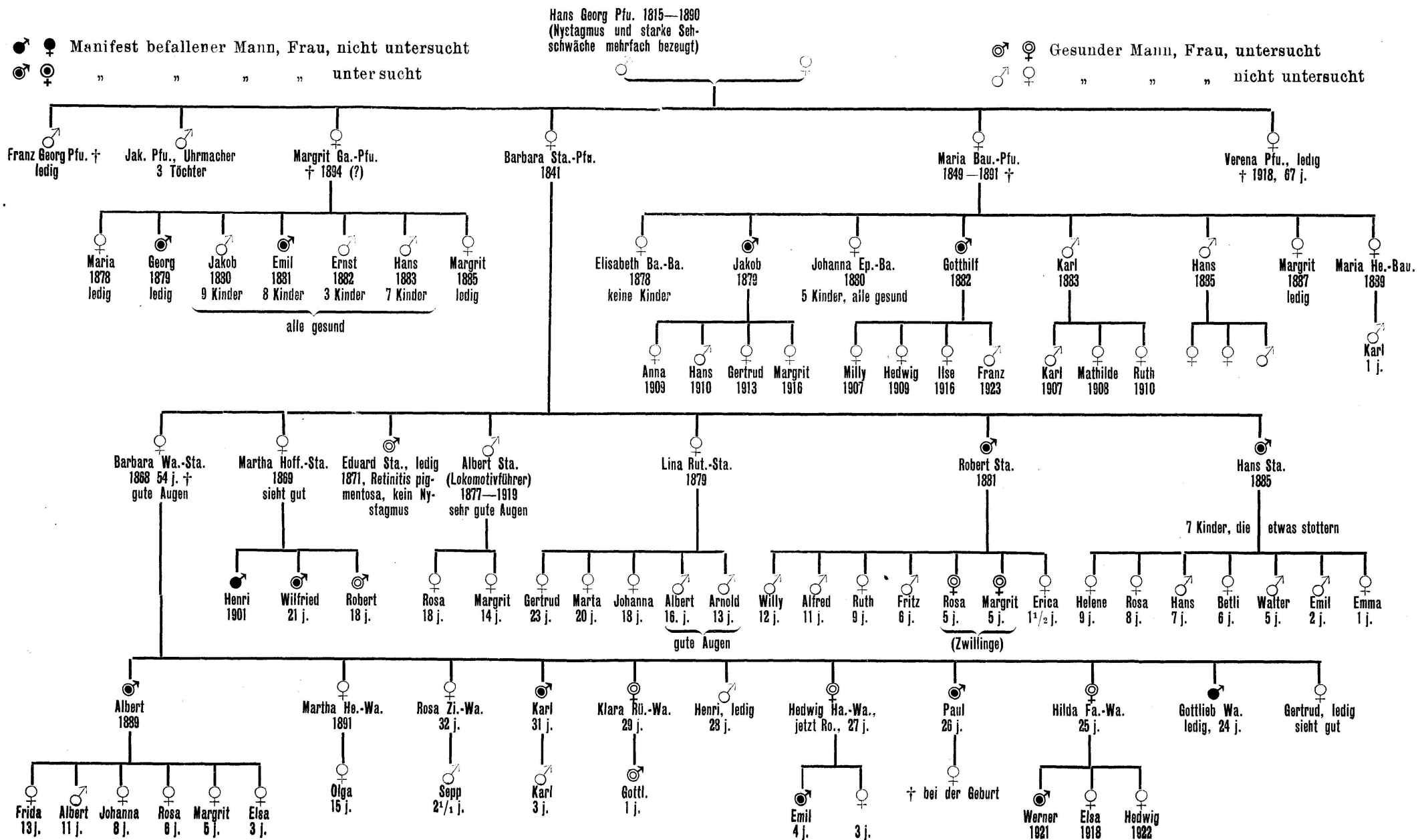
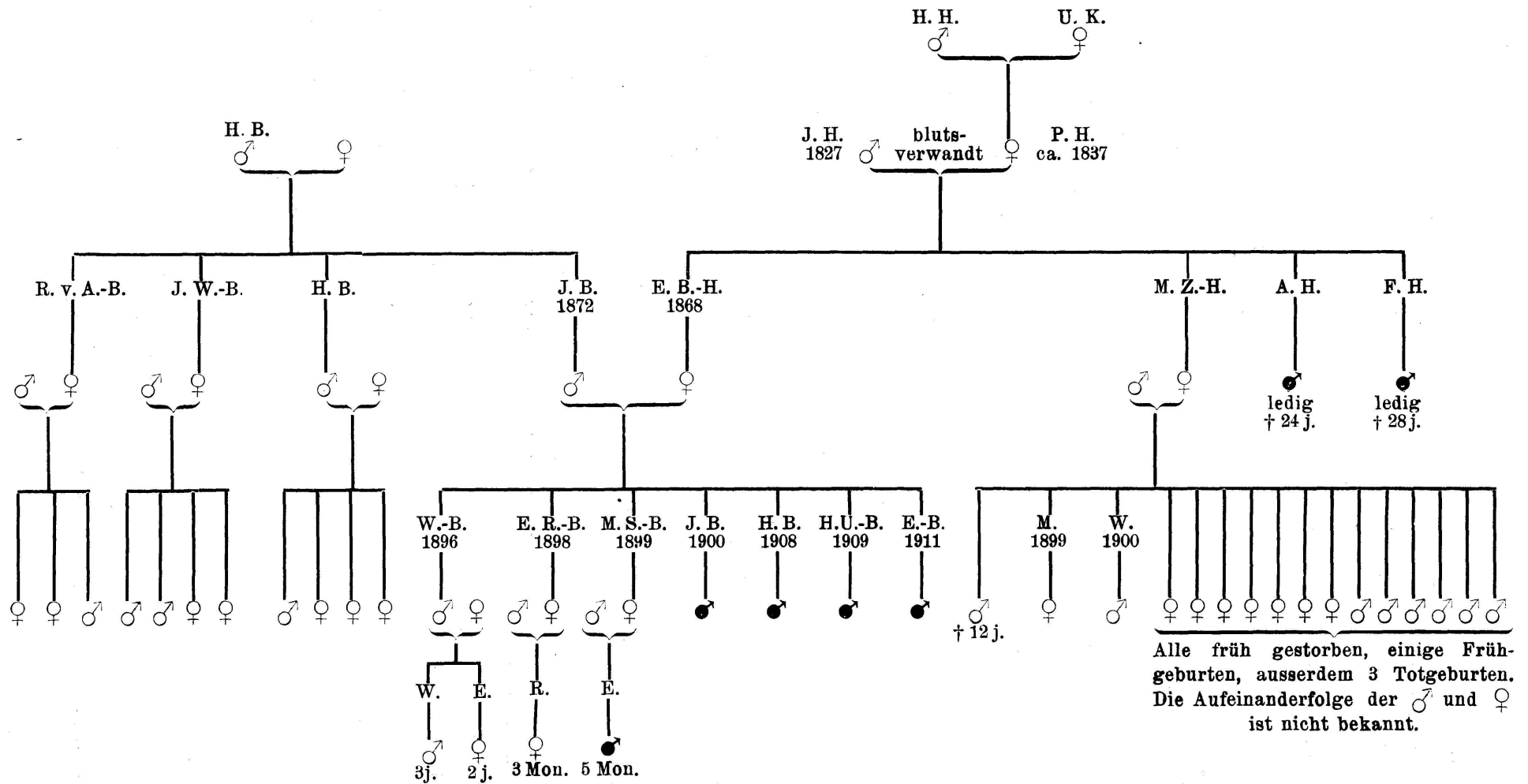


Fig. 13

Stammbaum Binder. Geschlechtsgebundene Vererbung von Makulalosis.



einzigem Knäblein (Fig. 14). Das Knäblein ist, wie Sie schon am Zittern seiner Augen erkennen, wie alle seine vier Onkel ebenfalls von dem Leiden betroffen. Die Mutter mit ihren normalen Augen hat die Krankheit latent, verborgen weiter geleitet, ein Bild, das sich in diesen zwei Stammbäumen mehrfach wiederholt. Untersuchte



Aus: A. Vogt, Die Ophthalmoskopie im rotfreien Licht, in: Graefe-Sämisch's Handbuch d. ges. Augenheilkde. 3. Aufl. Untersuchungsmethoden, III. Bd. Verlag Julius Springer, Berlin, 1925.

Fig. 14

Die 4 befallenen Brüder mit ihrer gesunden Schwester (Konduktor ♀) und deren befallenen Söhnchen

ich die Augen der Betroffenen mit genaueren Methoden, so konnte ich noch etwas Besonderes finden, nämlich einen auf das retinale Pigmentepithel des Augapfels beschränkten Albinismus. Es bestehen also gleichzeitig zwei ganz verschiedene Defekte: Pigmentlosigkeit und Makulalosität der Augen. Wir stehen hier vor einem weiteren Erbgesetz von grösster Tragweite, das allerdings erst beim Tier, bei Menschen noch kaum erforscht ist, nämlich vor dem Erbgesetz der Koppelung. Die

Koppelung zweier oder mehrerer Merkmale ist meist keine absolute und sie kann durch Bastardierung gesprengt werden. Vorbildlich wurde und wird die Koppelung zurzeit noch erforscht von der MORGANSchen Schule in New York. Ich zeige Ihnen hier Exemplare der *Drosophila*, Taufliege, mit ihren von MORGAN gefundenen und gezüchteten Idiovariationen, die ich der Freundschaft MORGANS verdanke.

Eine andere hübsche Koppelung beim Menschen ist in diesem wiederum einzigen Stammbaum (Fig. 15) von an *Achsenmyopie gekoppelter Nachtblindheit* zu sehen, der sich über die ganze Nordschweiz ausbreitet und dessen heutige Descendenz kürzlich mein Schüler KLEINER untersuchte.¹ Eine wieder etwas andere Form desselben Leidens, und zwar einen rein rezessiven, nicht-geschlechtsgebundenen Typus fand ich letztes Jahr im Alptal des Kantons Schwyz (Fig. 16). Wieder ist hier Nachtblindheit mit Achsenmyopie gekoppelt und Sie sehen hier besonders schön die Bedeutung der Blutsverwandtenehe für das Manifestwerden. Kusinen- und Vetternheiraten lassen den Defekt immer wieder zutage treten.² Die herabgesetzte Dunkeladaptation dieser Nachtblinden habe ich auf dieser Kurventafel (Fig. 17) logarithmisch dargestellt. Sie zeigt, dass die Fähigkeit der Betroffenen, sich herabgesetzter Beleuchtung anzupassen, auf weniger als ein Hunderttausendstel der normalen herabgesetzt ist.

Meine Damen und Herren! Ich konnte Ihnen heute lediglich eine gedrängte Übersicht über neuere Ergebnisse der Vererbungsforschung in der Medizin bieten, aber sie gibt Ihnen vielleicht einen Begriff von der ungeahnten Fruchtbarkeit und Tragweite der von MENDEL eingeleiteten Forschungsrichtung nicht nur für die Physiologie und Pathologie, sondern auch für die Rassenhygiene, und in diesem Sinne ganz allgemein für die menschliche Gesellschaft. Die Ergebnisse des Zuchtversuchs und der Chromosomenforschung gewähren uns einen ersten Einblick in jenes wunderbare, streng gesetzmässige Geschehen, das die Konstanz

¹ WILH. KLEINER, *Arch. f. Rassen- und Gesellschaftsbiologie*, Jahrg. 1923, Bd. 15, H. 1. PFLÜGER sen. hat schon 1881 über die Familie berichtet, 1898 hat E. AMMANN den Stammbaum nochmals selbständig veröffentlicht.

² Die ausführliche Schilderung dieses neuen Krankheitsbildes erfolgt durch Herrn med. pract. GASSLER im *Archiv der Julius Klaus-Stiftung für Vererbungsforschung*, Bd. I, Heft 3/4. Orell-Füssli-Verlag, Zürich.

Fig. 15. Der schweizerische Stammbaum von mit Achsenmyopie kombinierter angeborener Nachtblindheit

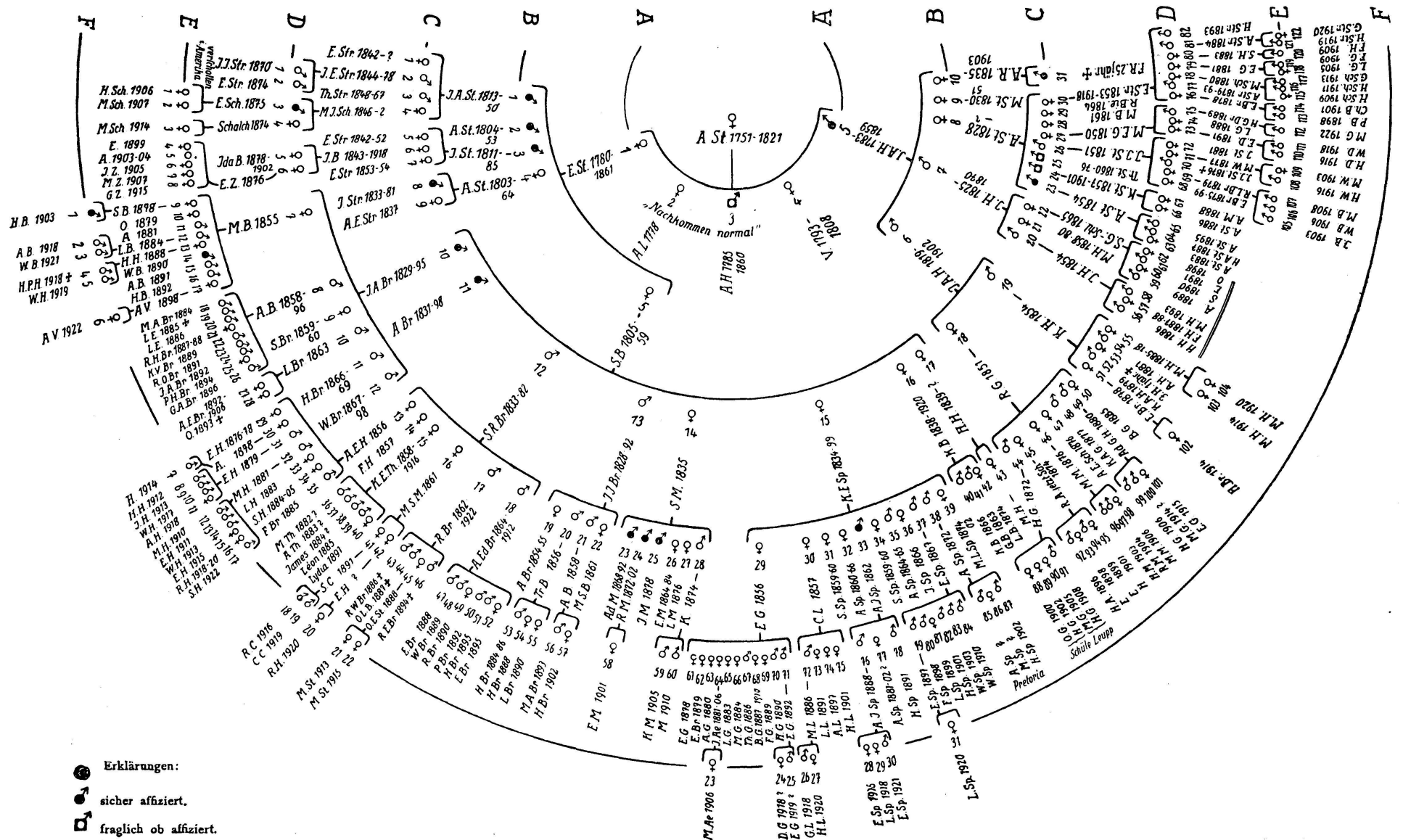


Fig. 16. Stammbaum der im Kanton Schwyz gefundenen, rezessiven, mit hoher Axenmyopie gekoppelten Hemeralopie

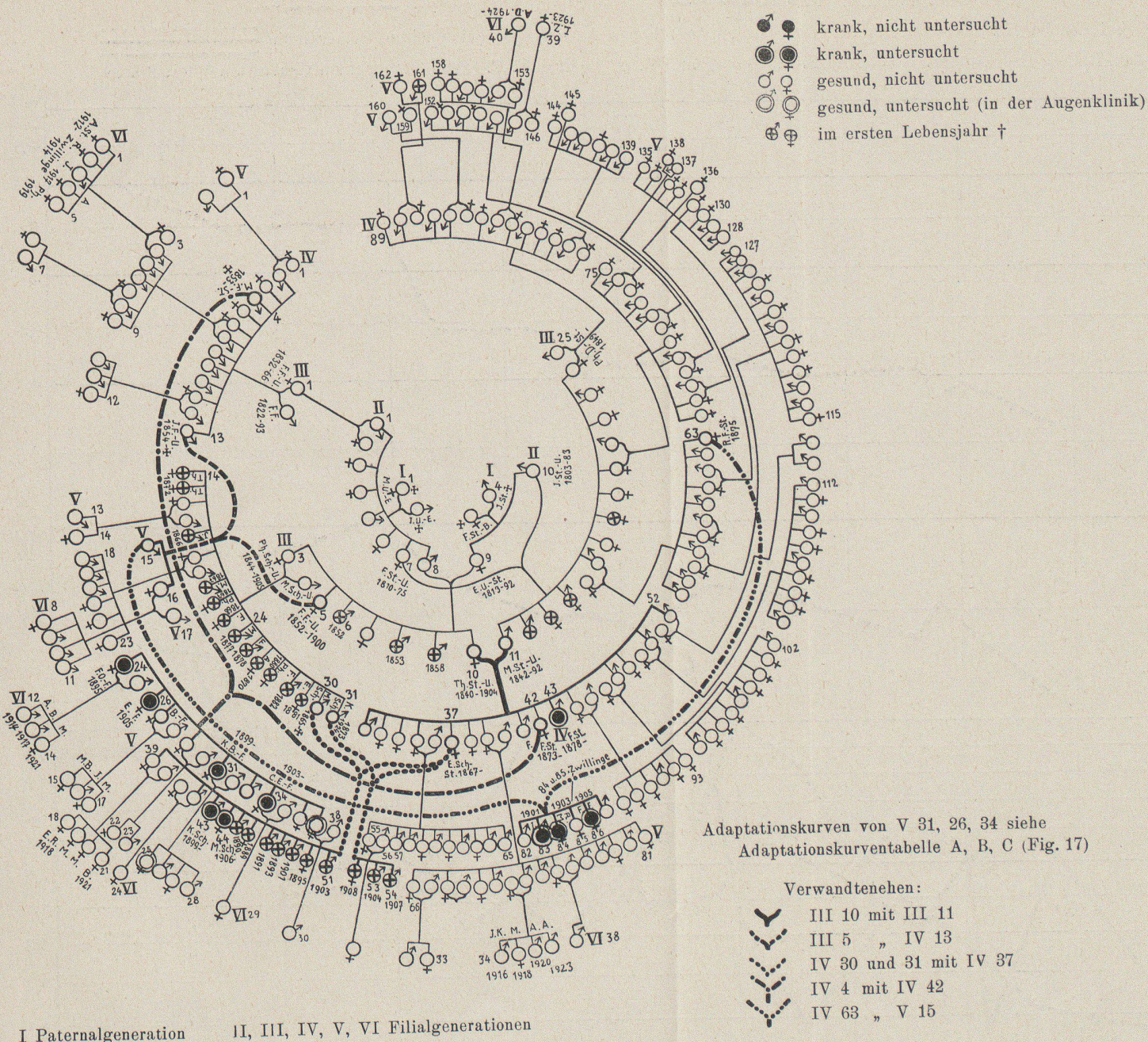
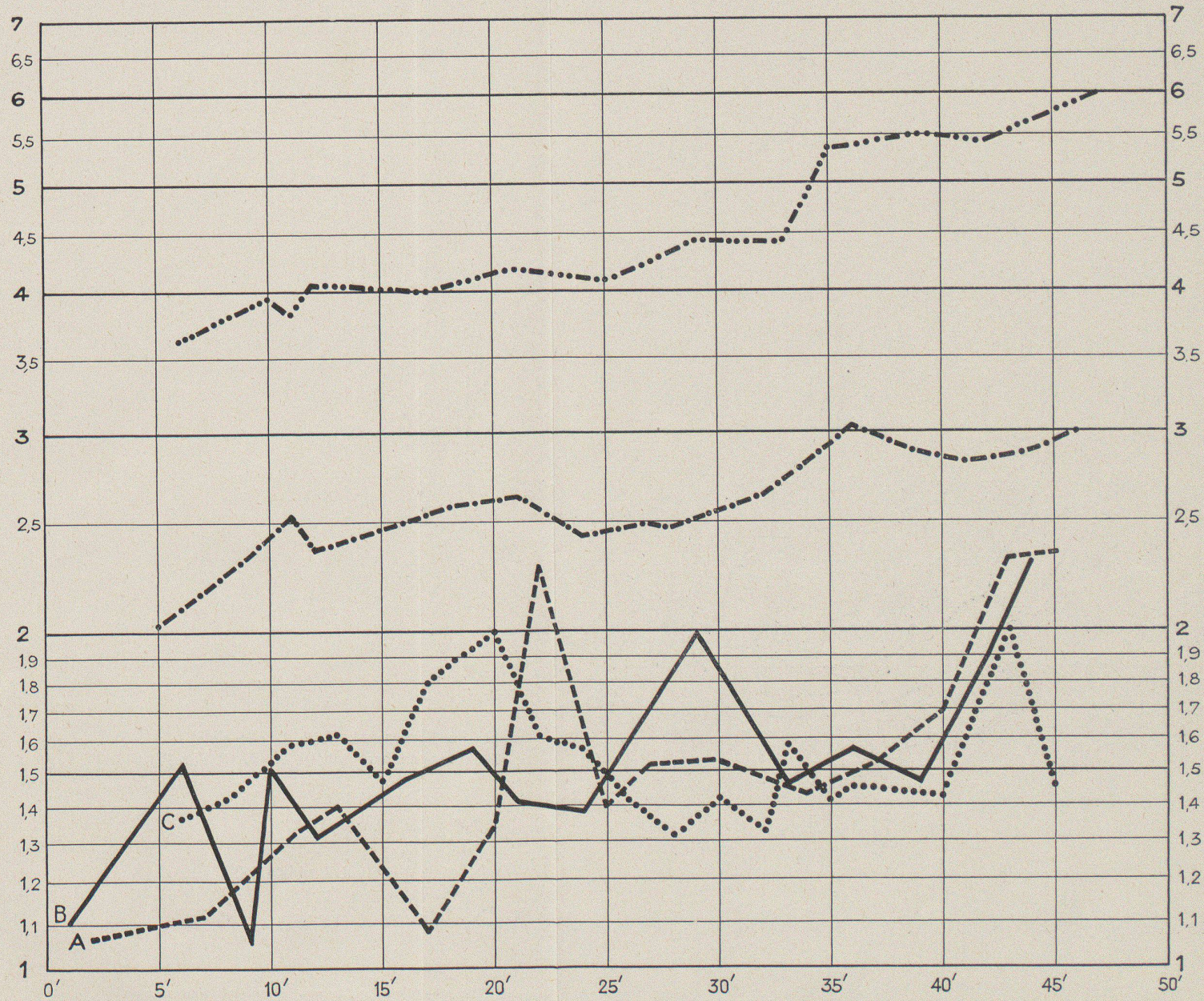


Fig. 17. **Adaptationskurven** (logarithmisch dargestellt)

Beim normalen Auge — ····· — Bei Retinitis pigmentosa — ····· —
 Bei der im Kt. Schwyz gefundenen recessiven, mit hoher Axenmyopie gekoppelten Hemeralopie — ····· —
 A, B, C = Geschwister. A = Frau B.-F., B = Emma F., C = Frau E.-F. (Siehe Stammbaum Generation V 31, 26, 34)



von Rasse und Art erhält, indem es die zahllosen körperlichen und geistigen Merkmale des Einzelindividuums weiterleitet, bald sichtbar, bald aber verhüllt, Generationen scheinbar überspringend, auf dem Wege einer einzigen Zelle, ein Geschehen, das schon vor einem Jahrhundert der treffliche FRIEDRICH RÜCKERT in einem reizvollen Gedichte, betitelt: „Die blauen Augen“, geahnt und poetisch verklärt hat:

Die blauen Augen

Zwei Paar schwarze Augen haben
Wir gebracht zusammen,
Wie sie uns die Mütter gaben,
Denen wir entstammen.

Und so ist es nun kein Wunder,
Dass auch diese Knaben
Mit den Feuerblicken zunder-
schwarze Augen haben.

Nur dem einen sind die Sterne
Hell in Blau erglommen,
Und du möchtest wissen gerne,
Wo er's hergenommen.

Wiss' es denn! Von meinem Vater,
Der sie einst so hatte.
Freu' im Himmel ihn sein spater
Widerschein und Schatte!

Tröstlich ist's und lasset ahnen
Irdisch-ew'ges Leben,
Wie in Enkelzügen Ahnen-
Bilder fort sich weben.

Wenn ich selbst vom Vater habe
Wen'ger miterhalten,
Freut's mich mehr nur, dass der Knabe
Mehr hat von dem Alten.

Und wie ich mich selbst vor Augen
Hab' in meinen Knaben,
Will in einem ich vor Augen
Meinen Vater haben.