Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern

Band: - (1915)

Artikel: Ueber das Geschlecht in Tier- und Pflanzenreich, insbesondere im Lichte der neueren Vererbungslehre

Autor: Goeldi, E.A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-319258

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: 10.10.2025

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

E. A. Goeldi.

Ueber das Geschlecht in Tier- und Pflanzenreich, insbesondere im Lichte der neueren Vererbungslehre.

Motto: «Ingratissimum opus, scribere de iis, quae multis a natura circumiectis tenebris velata, sensuum luci inaccessa, hominum agitantur opinionibus.»
Albrecht v. Haller, Handbuch der Physiologie. Einleitungssatz zum «Kapitel über die Zeugung».

Um die Basis zu einer einigermassen abgerundeten Darlegung des Geschlechtes in beiden Reichen der Lebewelt zu schaffen, ist es unbedingt nötig, weit auszuholen, zurückzugreifen bis zu den einfachsten Organismen und dann aufsteigend die Entwicklung der mit diesem Problem verknüpften Erscheinungsreihe in ihren successiven Phasen zu begleiten. Zunächst ein kurzer historischer Exkurs.

Was eine richtige Auffassung vom Wesen und Ursprung des Geschlechtes anbetrifft, so scheint die neuere Literatur eine solche ausschliesslich ihrem eigenen Verdienstkonto gutschreiben zu wollen. Das entspricht jedoch mit nichten dem wahren Sachverhalt. Wer je sich einmal die Mühe genommen hat, z. B. bei Aristoteles Umschau zu halten, was er über diesen Gegenstand zu berichten weiss, kann nicht umhin, höchlich überrascht zu sein über die Aehnlichkeit der Gedanken, welche bei dem vor 2300 Jahren lebenden Altmeister der Naturforschung anzutreffen sind, im Vergleich zu denen, die man in heutigen Werken, etwa Weissmann's «Vorträgen über Deszendenztheorie» als Niederschlag neuester Forschung zu lesen bekommt. Aristoteles gibt eine in ihrem Kerne recht zutreffende Schilderung über die allmähliche Herausbildung der geschlechtlichen Fortpflanzung bei Tieren und Pflanzen, hebt unter anderem hervor, dass die

sessile Lebensweise bei niederen Geschöpfen der Sexualität nicht förderlich sei, dass daher im Pflanzenreich im Allgemeinen deutliche Geschlechtsdifferenzierung (ohne übrigens ihr Vorhandensein in Abrede zu stellen) zu wünschen übrig lasse, dass dieselbe indessen zunehme im Verhältnis zu der Beweglichkeit und der allgemeinen Organisationshöhe. Von der Regel, dass bei den höchsten und beweglichsten Tieren auch die grössten Geschlechtsunterschiede vorhanden seien, meint er eine Abweichung bloss bei den Insekten annehmen zu sollen, da er bei diesen kleinen Tieren nicht zweierlei Geschlechter zu erkennen vermöge.

Was ist das Geschlecht? Es ist eine Einrichtung, die bei den Lebenswesen von einer gewissen Organisationsstufe ab einsetzt, mit einer Fortpflanzungsform, deren charakteristisches Wesen darin besteht, dass es des Zusammentretens zweier gegensätzlich, aber komplementär veranlagter Individuen bedarf, um ein neues Individuum hervorgehen zu lassen. Hieraus folgert unmittelbar, dass sofern die geschlechtliche Form der Fortpflanzung in der Chronologie der Entwicklung organischen Lebens einem späteren Stadium der Vervollkommnung entspricht, ein früheres Stadium primitiverer Art vorausgegangen sein muss. Und zweifellos stellt die ungeschlechtliche Form der Fortpflanzung dieses ältere, einfachere Stadium vor.

Bei den Protisten, jenen niederen auf dem Grenzgebiet zwischen Tier und Pflanze befindlichen, sehr einfach beschaffenen Lebewesen, ist die ungeschlechtliche Form der Fortpflanzung teils die ausschliessliche, teils wenigstens die vorwiegende. Das Individuum wächst und wenn es eine gewisse Grösse erreicht hat, teilt es sich entweder quer oder längs, oder es schnürt eine bestimmte Partie ab und die Teilprodukte wachsen zu vollwertigen Individuen aus, die ihrerseits zu gegebener Zeit den nämlichen Teilungs- und Abschnürungsprozess wiederholen. In dem unbegrenzten Teilungsvermögen und der wunderbaren Schnelligkeit des Wachstums beruht hauptsächlich die grosse Gefahr, welche mit dem Auftreten jener Sorten von Bakterien oder Mikroben verknüpft sind, die als Träger von Infektions-Krankheiten erkannt wurden. Freilich erweisen sich auf der anderen Seite dieselben Eigenschaften bei anderen Arten wiederum dem praktischen Leben hervorragend nützlich; es sei

z. B. bloss an die Hefe- und Gärungspilze erinnert. Ungeschlechtliche Fortpflanzung erhält sich dann nach oben zu sowohl in der Tierreihe, als in der Pflanzenreihe noch geraume Zeit. In der Tierreihe ungefähr bis zu dem mittleren Rayon hinauf geschieht dies zumeist in Abwechslung mit dem geschlechtlichen Modus. In der Pflanzenreihe dagegen sehen wir neben demselben alternativen Zyklus auch bis zu den höchsten Phanerogamen hinauf ausgiebige Verwendung asexueller Fortpflanzungsweise, die bekanntlich vom Kulturmenschen praktisch verwertet und intensiv ausgebeutet wird. Um Landwirtschaft und Gartenbau würde es übel bestellt sein, wenn diese Möglichkeit ungeschlechtlicher Fortpflanzung bei den höheren Blütenpflanzen nicht vorhanden wäre. Man wird kaum irren, wenn man diese Möglichkeit mit der im Vergleiche zu der Körperbeschaffenheit des höheren Tieres geringeren Gewebe-Differenzierung in unmittelbare Beziehung bringt.

Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Teilung, Sprossung, Abschnürung ist jeder Abkömmling das Derivat eines und desselben Stamm-Individuums, dessen Körpermasse in beständiger Parzellierung aufgeht und sich in der Produktion von Bruchstücken erschöpft, die sowohl unter sich als in Bezug auf ihren Ahnen durchaus wesensgleich sind. Dem Vorteil rapiden Wachstums und unbegrenzter Teilbarkeit wird andererseits die Wage gehalten durch die Gefahr raschen Verbrauches nach Qualität und Quantität, der Ermüdung und begleitender degenerativer Erscheinungen und des eventuellen völligen Aussterbens ganzer Stämme. Die Natur hat diesem evidenten Misstand der Einseitigkeit abzuhelfen gesucht. Ihr Bestreben ist auf Erhaltung und Vervollkommnung des Geschaffenen gerichtet. Zu Gunsten der Art-Erhaltung und Art-Verjüngung hat sie nach einem interessanten Mittel gegriffen: zweierlei beschaffene, aber komplementäre Reproduktionsorgane hervorgehen zu lassen, dieselben auf zweierlei Individuen zu verteilen, und diesen beiderlei Individuen den Trieb einzupflanzen, sich behufs der Erzeugung neuer Individuen in eine Lebensgemeinschaft zu begeben, an deren Verausgabungen jeder Teil qualitativ die Hälfte beisteuert, während die quantitativen Beträge allerdings recht verschieden gross aus-

fallen. Die neuen Individuen sind ihrem Leibesaufbau nach aus der Substanz zweier verschiedener Elter-Individuen hervorgegangen, von denen theoretisch jedes die Hälfte lieferte. Die vorhin erwähnte Gefahr ist mithin auf die Hälfte reduziert. Das ist das Wesen der *geschlechtlichen* Fortpflanzung. Mit anderen Worten: «Als Zweck sexueller Differenzierung stellt sich heraus die Vermehrung der Chancen zur Art-Erhaltung durch natürliche «Blutverjüngung und Blutauffrischung —», sofern im Interesse der Gemeinverständlichkeit die Benützung dieser aus der Tierzuchtlehre entlehnten Ausdrücke gestattet ist. Uebrigens braucht man ja bloss die Bezeichnung «Plasma» für «Blut» einzusetzen, um die obige Formel einwandfrei zu gestalten.*)

---

*) Der verdiente Zoologe und Entwicklungsforscher Weismann in Freiburg hat für dieses partielle oder völlige Verschmelzen der Plasmaleiber von einzelligen, und von den Keimzellen der vielzelligen Organismen den Ausdruck «Amphimixis» eingeführt. Er wehrt sich dabei aber ausdrücklich dagegen, dieselben etwa als eine unerlässliche Entwicklungs-Notwendigkeit anzuerkennen und will ihr bloss Entwicklungs-Vorteilhaftigkeit zugestehen, insofern, als sie den Rayon der individuellen Anpassungsmöglichkeiten auf das Doppelte erhöhe und damit die Chancen für den Existenzkampf vermehren, erweitern und vergrössern helfe. Mit andern Worten: die Amphimixis wäre namentlich dazu dienlich, den Betrag charakteristischer Eigenschaften und Entwicklungsmöglichkeiten zweier Einzelindividuen abzurunden und zu vervollständigen durch Zusammenlegen, Addieren ihrer beiderseitigen Vermögen an formativen Fähigkeiten zu einem gemeinschaftlichen Unternehmungskapital. Wir können uns mit dieser Begriffsabklärung umso eher einverstanden erklären, als wir überhaupt die Sache nie anders als in diesem Sinne aufgefasst haben (also nicht in jenem älteren Sinne, gegen den sich Weismann mit Beharrlichkeit verwahren zu müssen glaubt). Auf die kürzeste Formel gebracht, würde die Weismann'sche Ansicht lauten: Das Einsetzen der Amphimixis und der geschlechtlichen Fortpflanzung sei zur Ausgestaltung und Erhaltung der Organismenwelt vorteilhaft, aber nicht absolut notwendig gewesen.

Bemerkenswert ist sodann die Interpretation, welche der Bedeutung des Geschlechtes unterlegt wird seitens des in neuerer Zeit durch originelle Forschungswege bekannt gewordenen österreichischen Zoologen Kammerer. Danach ist das Geschlecht eine Natureinrichtung, die ins Gebiet der *Symbiose* gehöre, wobei spezieller Zweck und Ziel der beiden Allianzbeteiligten in gemeinschaftlicher Ausbeutung

Von der ungeschlechtlichen Fortpflanzung bei den niederen Protisten ab bis hinauf zur völlig entwickelten geschlechtlichen Form mit individueller Geschlechter-Trennung bei den höheren Tieren besteht eine lange Reihe von Abstufungen und verbindenden Zwischengliedern. In derselben hebt sich ein Stadium als besonders wichtig ab, dasjenige des *zwittrigen* oder *hermaphroditischen* Zustandes. Vom zwittrigen Zustande sind jedoch zwei Abarten zu unterscheiden: die primäre und die sekundäre. Primärer Hermaphroditsimus ist eine im Tierreich und wohl in der gesamten organischen Natur viel allgemeiner verbreitete Erscheinung, als man von vorneherein annehmen würde; sie fehlt als entwicklungsgeschichtliches Uebergangsstadium eigentlich gar nirgends und davon macht auch der Mensch keine Ausnahme. Sekundärer Hermaphroditismus tritt mehrfach namentlich als Begleiterscheinung von Parasitismus auf. Zwittrigkeit ist bei genauerem Zusehen eine so verbreitete Einrichtung, dass es eine bis zur vollständigen Unterdrückung hermaphroditischer Anzeichen und Ueberbleibsel gesteigerte Eingeschlechtigkeit überhaupt nicht gibt in der Natur.

Sexualität beruht auf dem Vorhandensein zweier gegensätzlicher, aber komplementärer Geschlechtsveranlagungen, die teils bloss in ihrem spezifischen Apparat, teils aber in bestimmter Beeinflussung des gesamten Aussehens und der ganzen äusseren Form ihren Ausdruck finden. Das *weibliche* oder mütterliche Individuum repräsentiert das receptive Prinzip, dessen Aufgabe es ist, das passiv ruhende, quantitativ weit überlegene Ei zu liefern, zur Befruchtung bereit zu halten und es nachher zur ausgereiften Frucht herangedeihen zu lassen. Das *männliche* oder väterliche Individuum hingegen repräsentiert das fertilisierende Prinzip, dessen sexuelle Aufgabe in Hervorbringung und Uebertragung der aktiven, beweglichen Samenzelle, welche jedoch quantitativ durchaus unscheinbar dasteht, umschrieben ist. Die Keimprodukte

---

eines besonderen Fortpflanzungsweges geboten werde. Konsequenterweise lautet denn auch die einer seiner neuesten Veröffentlichungen vorangestellte Dedikation an seine Frau als «Widmung an seine tapfere Symbiontin».

beider Geschlechter machen etliche Reifungsprozesse durch, deren Parallelismus füglich als eines der grössten Naturwunder bezeichnet werden darf. Um die Ueberführung der männlichen Befruchtungs-Elemente zu den weiblichen Keimzellen zu ermöglichen, existieren zahllose, in ihren Einzelheiten mehr oder weniger stark abweichende Spezialeinrichtungen: prinzipiell wichtig ist jedoch, sich bewusst zu werden, dass die einfachsten Vorgänge geschlechtlicher Fortpflanzung in der niederen Tier- und Pflanzenwelt die Gegenwart des Wassers zur Voraussetzung haben. Fortpfanzung und Befruchtung ausserhalb des Wassers, an der Luft erscheint als eine deutlich spätere Anpassung, die ihre eigenen, zum Teil erheblichen Modifikationen in Lage der Geschlechtsorgane und äusserer Beschaffenheit ihrer Produkte im Gefolge hatte.

Auf das Wesen der Befruchtung selbst können wir uns hier nicht einlassen; das ist ein eigenes Forschungskapitel, von dem auch nur das Allerwichtigste beizubringen, allein schon mehr Zeit in Anspruch nehmen würde, als uns heute für das gesamte Geschlechtsproblem zu Gebote steht. Wir wollen uns nur andeutungsweise mit dem Satze begnügen, dass es sich um subtile, chemisch-physikalische Vorgänge zu handeln scheint.

* * *

Unter den verschiedenen körperlichen Eigenschaften, die väterlicher und mütterlicher Elter dem zu erzeugenden Individuum als Erbteil unwillkürlich auf den Lebensweg mitzugeben bestrebt sind, tritt eine auf, bei der sich die Konkurrenz besonders fühlbar machen muss, — es ist das Geschlecht. Mancherlei Fragen tun sich da auf vor dem forschenden Menschengeiste. Es ist kaum übertrieben, wenn wir schätzungsweise annehmen, dass all' die Literatur, welche zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Völkern über das angeschnittene Problem der Geschlechtsbetimmung und Geschlechtsvererbung zusammengeschrieben worden ist, wahrscheinlich keinen kleinen Teil von diesem Saale einnehmen würde. Unter den vielen Fragen knüpft sich eine gewiss berechtigte, z. B. an den Zeitpunkt, in welchem die Geschlechtsbestimmung stattfindet. Theoretisch sind da dreierlei Möglichkeiten denkbar: 1. Der Ausfall

des Geschlechts könnte zum voraus bestimmt und die Vereinigung der beiderseitigen Geschlechtszellen ohne jede spätere Rolle sein. Das wäre in dem Falle denkbar, in welchem die Keimzellen des einen oder anderen Geschlechtes einfach ausschlaggebend wären. Dieses Verhältnis wird als das *progame* bezeichnet. 2. Die Würfel über das Geschlecht des Nachkommen fallen im Augenblicke des Zusammentreffens der beiderlei elterlichen Keimzellen. Dieses Verhältnis, das ohne weiteres als das wahrscheinlichste erscheint, wird mit dem Namen des *syngamen* belegt. 3. Sofern die definitive Entscheidung im Augenblicke der Zeugung noch nicht vorläge, sondern erst nachträglich erfolgte, eventuell unter Beeinflussung durch tiefeinschneidende Aussenfaktoren während des Jugendzustandes, käme das *epigame* Verhältnis heraus.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass das progame und das syngame Verhältnis eben dadurch sich zum epigamen gegensätzlich verhalten, dass sie sowohl innere Anlagen, als äussere Einflüsse voraussetzen lassen, während letzteres bloss unter der Wirkung von Aussenfaktoren entstehen wird.

In welcher Richtung die Dinge liegen, darüber lässt sich allgemein Gültiges heute noch nicht sagen. Jede hat ihre Verfechter und soweit das bisherige experimentelle Aktenmaterial überhaupt eine Prognose erlaubt, scheint es, dass sich für jede der drei Modalitäten bald hier, bald dort im Pflanzenreich und im Tierreich günstige Auslegungen auftun.

Mannigfaltiger Art sind die Aussen- und Innenfaktoren und verschieden ist der Grad, bis zu welchem sie das Geschlecht zu beeinflussen im Stande sind. Darunter kommt sogar der Parasitismus in mehreren Fällen in Betracht. Wir werden auf etliche hieher gehörige Punkte noch zurückzukommen haben. Vorerst aber dürfte es sich empfehlen, eine andere Seite des Geschlechtsproblemes einer vergleichenden Prüfung zu unterwerfen, die Frage nach der Herausbildung des Geschlechtsapparates, seiner allmählichen Auftrennung nach Raum und Funktion, seiner Lokalisierung in beiden Reichen der belebten Natur, als Folge vorgeschrittener Arbeitsteilung. Manche Etappen gibt es, welche beiderseits sich einschieben zwischen das Einfachste und das Kompliziertesteste. Aber besonders lehrreich

durch die Mannigfaltigkeit ihrer Gliederung ist die schön abgestufte Entwicklungskette geschlechtlicher Verhältnisse im Pflanzenreiche. Es verlohnt sich reichlich, derselben unsere Aufmerksamkeit zu schenken, um die für unsere gegenwärtige Untersuchung unerlässliche, breite Grundlage zu gewinnen.

Schon bei den Protisten, im Grenzgebiet zwischen Pflanze und Tier, ist eine Erscheinung wahrzunehmen, welche entschieden als ein Vorläufer geschlechtlicher Fortpflanzung taxiert zu werden verdient. Wir meinen den sogenannten Konjugationsprozess, welcher z. B. bei Infusorien zu beobachten ist. Derselbe besteht darin, dass zwei wesensgleiche Gameten sich aneinanderlegen, um entweder zwischen ihren Leibern bloss Plasma-Vermischungen oder selbst Kernsubstanz-Austausch eintreten zu lassen und sich nachher wieder zu trennen.

Die erste Verumständung hingegen, die als Anfangsetappe tatsächlicher Sexualität beansprucht werden kann, wird bei den *Algen* in der Abteilung der Konjugaten angetroffen. Da legen sich zwei, allem Anschein nach völlig gleich beschaffene Fäden aneinander. Von den einreihigen Zellketten eines jeden Fadens vermag sich der Inhalt einer anscheinend beliebigen Zelle zu einem weiblichen Organ (Oogonium) umzugestalten, indem es Eigestalt annimmt, während andererseits eine weitere Zelle ihren Inhalt in männlichem Habitus (Antheridium) auftreten lässt. Der zu einem kugeligen Ballen gewordene Inhalt der weiblichen Algenzelle, der «Ooplast», verbleibt ruhend in seiner Zellkammer, während der Inhalt der anderen, männlich gearteten, der «Spermatoplast» aus seiner Zellkammer herausschlüpft, durch einen seitlichen Kanal zu dem ruhenden Protoplasten hinübergleitet und mit diesem zusammen zu einer grösseren Kugel verschmilzt. Wie man sieht, lässt dieser Vorgang bereits alle wesentlichen Merkmale eines *sexuellen* Fortpflanzungsaktes erkennen.

Zwei Dinge sind es, die uns sowohl hier bei den Algen, als vorhin bei der Konjugation von prinzipieller Wichtigkeit erscheinen. Es ist einerseits die Einfachheit des ursprünglichen Sexual-Vorganges überhaupt, andererseits die noch grosse Aehnlichkeit, beziehungsweise Uebereinstimmung, nach Aussehen und Kaliber der beiderseitigen geschlechtlichen Partner und ihrer

Keimprodukte. Für diese Gleichartigkeit der Geschlechtszellen (Gameten) hat man den Ausdruck Isogametie geschaffen. Ein förmliches Naturgesetz liegt nun in dem Umstande vor, dass mit dem Fortschreiten in der Organisationshöhe, sowohl in der Pflanzenreihe als in der Tierreihe, diese Gleichartigkeit verschwindet und einer zunehmenden Geschlechtsdifferenz nach Träger und Produkt Platz macht, wofür der Ausdruck «Heterogametie» angewendet wird. «Isogametie» ist für die niederen Protozoën und Protophyten gleicher Weise bezeichnend, wie «Heterogametie» für die höheren Metazoën und Metaphyten. Denn da sind geradezu gewaltige Unterschiede in Grösse, Form und Quantität vorhanden. Es sei jedoch hier bei Zeiten darauf aufmerksam gemacht, dass diesem früheren Ausdruck «Heterogametie» eine andere Bedeutung zukommt, als diejenige, welche für denselben Ausdruck seitens der neuen Vererbungslehre gehandhabt wird. Die damit drohende Begriffsunklarheit kann jedoch vermieden werden, sofern man die bei den Botanikern überhaupt für diese Dinge üblichen Bezeichnungen «Isosporie» und «Heterosporie» anwendet.

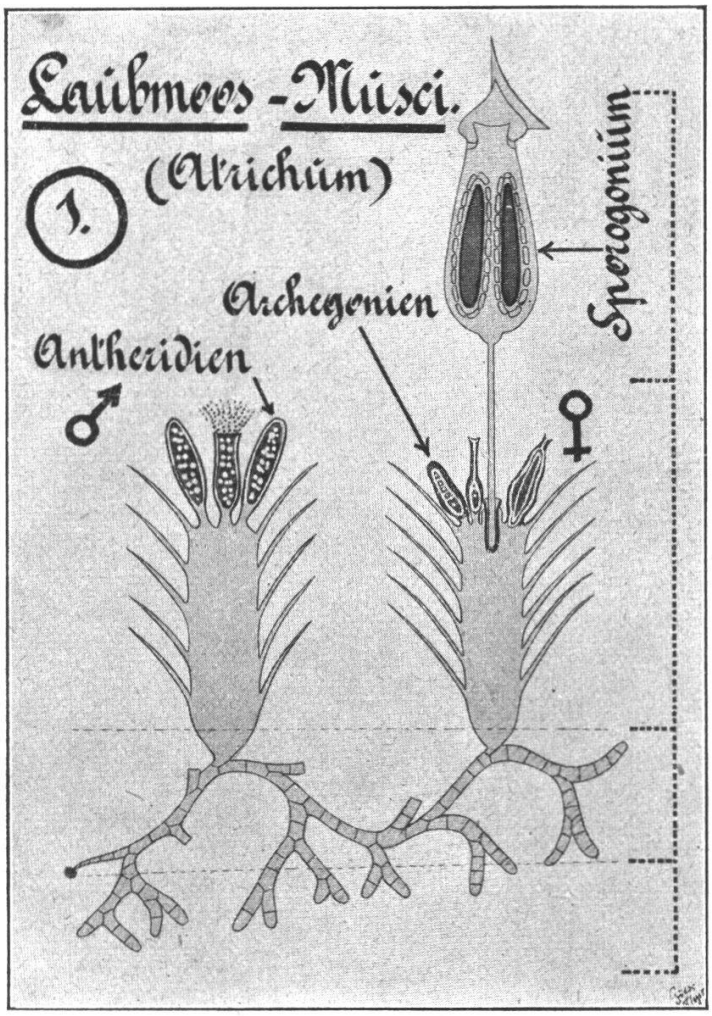
Bei einem Laub-*Moose* haben wir bereits eine ziemlich vorgeschrittene Aufteilung der Geschlechtsfunktion. Wir stossen hier auf einen augenfälligen Generationswechsel zwischen geschlechtlicher Fortpflanzung und ungeschlechtlicher und konstatieren, dass die beiderlei geschlechtlichen Keimzellenträger auf verschiedenen Moosindividuen untergebracht sind, sodass die Moose unter den Begriff der Zweihäusigkeit (Diöcie) entfallen.*) (Zwei Tafeln, wovon die eine ein Laubmoos, die andere ein Lebermoos darstellt, sollen uns helfen, die jeweiligen Verhältnisse zu veranschaulichen.) Die einen Individuen **(Tabelle 1)** bringen an ihrer Spitze sogenannte Antheridien hervor, die männliche Keimzellen (Androgameten) (Antherozoiden-Spermatozoiden) enthalten, welche durch ihre beiden langen Geisseln

*) Statt diözisch wäre übrigens für den vorliegenden Fall richtiger die Bezeichnung rhizautözisch. Gleichzeitig sei auch noch bemerkt, dass der vorliegende Fall bloss für eine Gruppe von Laubmoosen zutrifft und dass es bezüglich des Verhaltens von Protonema zum Geschlechtsabschnitt der Moossprosse eine ganze Reihe verschiedener Kombinationen gibt innerhalb der grossen Schar von Laubmoos-Arten.

am Vorderende alsbald erkennen lassen, dass sie zum Ausschwärmen unter Zutritt von Regenwasser bestimmt sind.

Die andere Individuensorte dagegen erzeugt an ihrer Spitze weiblich veranlagte Geschlechtsorgane, die sog. Archegonien, welche als flaschenförmige Gebilde auf ihrem Grunde die Eizelle, die Gynogamete, hervorgehen lassen. — Aus dem Zusammen-

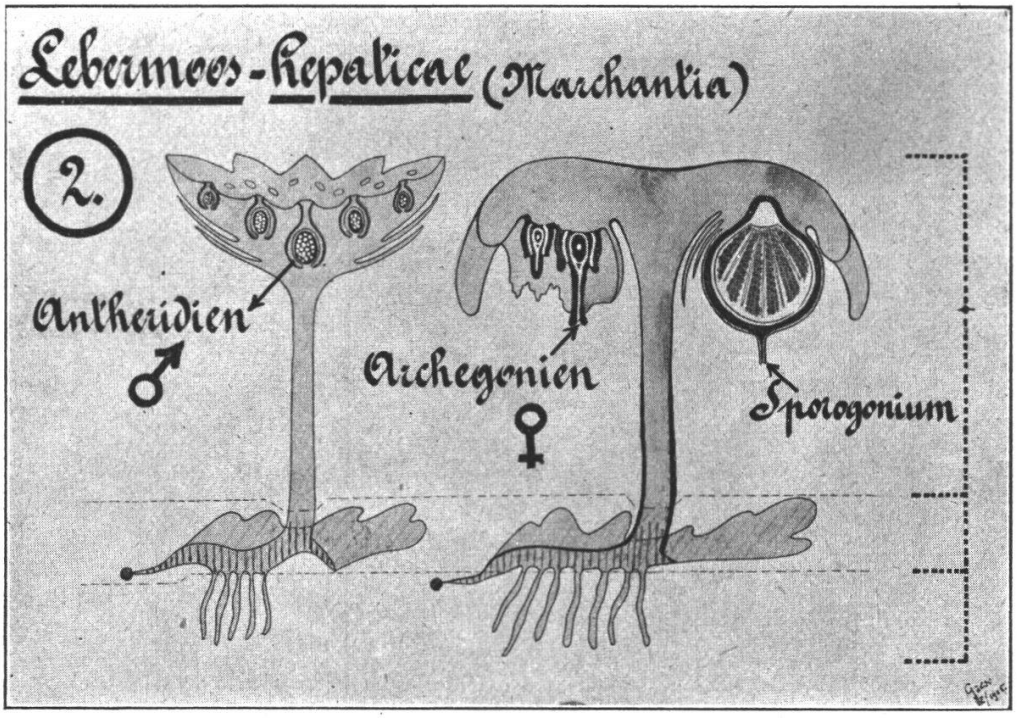
Tabelle 1.



Entwicklungszyklus eines Laubmooses und Geschlechtsverteilung auf zwei verschiedene Moospflänzchen: links das männlich geartete, rechts das weiblich geartete. Der gametophytischen Generation entspricht das einem Prothallium gleichwertige, ein gemeinsames Wurzelgeflecht darstellende sogenannte «Protonema», zusammen mit dem jeweiligen Moospflänzchen. Der sporophytischen Generation entsprechen sodann sowohl die männlichen Antheridien als die weiblichen Archegonien, welche aus dem Achsenende der Moospflänzchen zu gegebener Zeit hervorsprossen. (Mit Benützung einer Skizze von Ch. Janet, umgezeichnet von stud. Walther Göldi.)

treten beider Geschlechtsgameten geht der geschlechtslose unbeblätterte, langgestielte Sporophyt mit der Sporenkapsel, dem Sporogonium hervor, dessen feinpulveriger Inhalt, die Sporen, bei Aussaat auf feuchten und sonst geeigneten Boden zu jenem algenartigen Vorkeim, dem sog. Protonema auswachsen. Die jungen Moospflänzchen entstehen mithin als späterhin geschlechtliefernde, vertikale Sprossbildungen auf dem vegetativen, horizontal hinkriechenden und offenbar früher dem Leben im seichten Wasser angepasstem Protonema.

Tabelle 2.

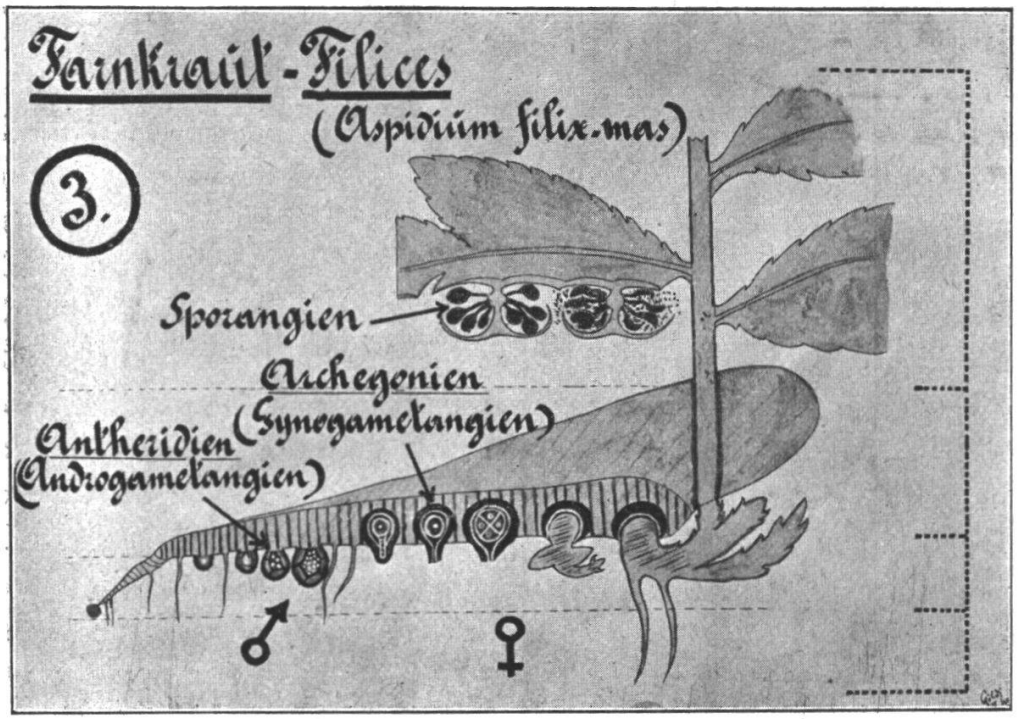


Entwicklungszyklus und Geschlechtsverteilung bei einem Lebermoos. Links ein männlich veranlagtes Moospflänzchen, rechts ein weibliches. Der gametophytischen Generation entsprechen die jeweilen aus einer Spore auskeimenden blattartigen Prothallien, samt den pilzartig aussehenden Moosbecherchen und den daran befindlichen männlichen Antheridien einerseits, den weiblichen Archegonien andererseits. Die sporophytische Generation wird dargestellt durch den zum Sporogonium auswachsenden, befruchteten Inhalt eines solchen Archegoniums. (Mit Benützung einer Skizze von Ch. Janet, umgezeichnet von W. Goeldi.)

Eine **zweite Tabelle (2)** führt uns schematisch die Geschlechtsverhältnisse eines *Lebermooses* vor. Wir sehen wiederum zweierlei Moosindividuen, das linke den männlichen Apparat, die An-

theridien, tragend, das rechte, der weibliche Keimlieferant, einerseits die Archegonien, andererseits das Sporogonium zeigend. Die Verhältnisse gleichen durchaus denen, der Laubmoose, bloss die Lagerung und Wachstumsrichtung ist eine invertierte, in Uebereinstimmung mit der becherförmigen, beziehungsweise hutpilzähnlichen Gestalt der beiderlei Fruktifikationssprosse, welche aus dem derb blattartig gebauten Protonema-Aequivalent, dem Thallus, emporragen. Auch hier deutet alles darauf hin, dass dieses horizontal sich ausbreitende, bewurzelte Substrat, der Gametophyt, ursprünglich für eine Vegetationsweise in seichtem, gut erleuchtetem Wasser eingerichtet war.

Tabelle 3.



Entwicklungszyklus und Geschlechtsverteilung bei einem Farnkraut. Unten der zwerghafte Gametophyt, das herzförmige Farn-Prothallium, hervorgegangen aus einer Spore, links die männlichen Antheridien, rechts die weiblichen Archegonien zeigend. Der riesenhafte Sporophyt, das eigentliche Farnkraut, entsprosst dem befruchteten Archegoniuminhalt. Dasselbe lässt zu gegebener Zeit an der Unterseite der Blattwedel die Sporangien hervorgehen. (Nach einer Skizze von Ch. Janet, umgezeichnet von W. Goeldi.)

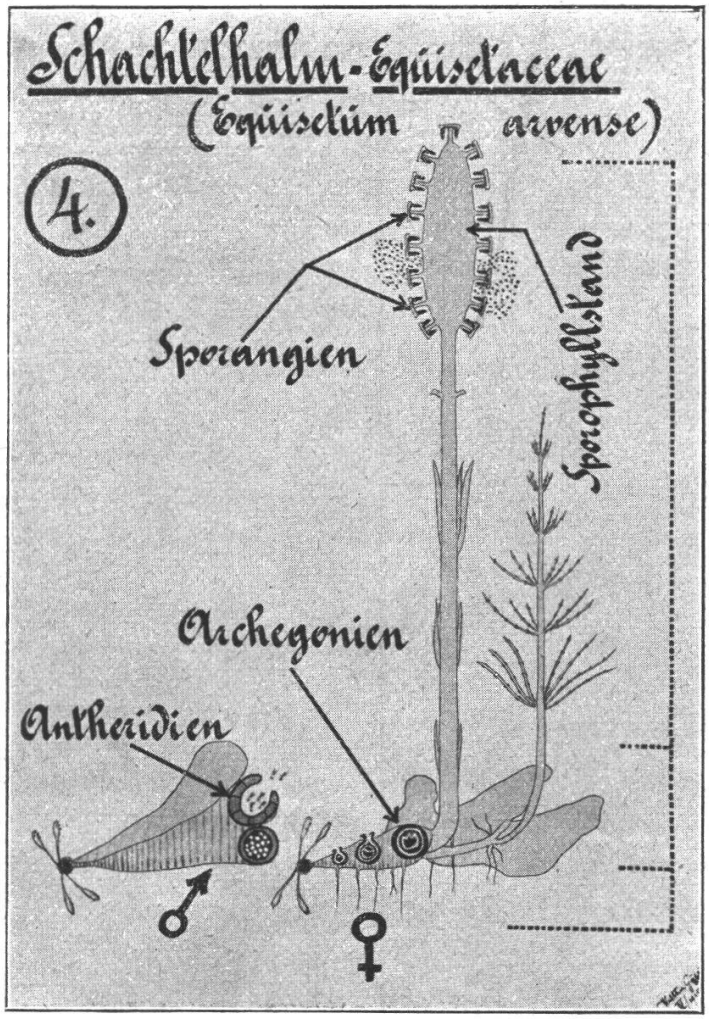
Nachdem wir zwei Vertreter aus der Kryptogamengruppe der Bryophyten oder Moose behandelt, wollen wir uns bei Vertretern des Pteridophyten oder Farnartigen umsehen.

Wir wählen einen Vertreter aus der Familie der ächten *Farnkräuter* **(Tabelle 3)**; in diesem Falle handelt es sich um Aspidium filix-mas, den Wurmfarn. Von den hier obwaltenden Sexualitätsverhältnissen haben nicht viele Leute, trotz der Häufigkeit des Gewächses, eine klare Vorstellung, und sicherlich besteht das Bewusstsein, dass es sich im Grunde um einen Generationswechsel zwischen einem asexuellen Riesen (Sporophyt) und einem sexuellen Zwerg (Gametophyt) handelt, bei gar wenigen Personen. Allbekannt sind zwar die auf der Rückseite der Blattfiederchen meist hübsch symetrisch verteilten, braunen Sori mit den Sporangienhäufchen, die das Erzeugnis des geschlechtslosen Riesen darstellen. Aus dem feinen Sporenpulver, das zu Boden fällt, bildet sich unter geeigneten Feuchtigkeits- und Unterlageverhältnissen ein winziges grünes, blattartiges Gebilde von herzförmiger Umrisslinie, der Vorkeim oder das Prothallium. Von Millionen von zur Aussaat gelangenden Sporen finden freilich eventuell bloss einige wenige die erforderlichen Entwicklungschancen. Dieses unscheinbare, durch zahlreiche Wurzelhaare am Boden befestigte Prothallium ist der Sitz der beiderlei Geschlechtsorgane. Auf der Unterseite, also der dem Erdboden zugekehrten Fläche, sind diese Organe in der Art und Weise lokalisiert, dass die kuppelförmig vorstehenden, kleinen männlichen Antheridien über die Vorderhälfte der zugespitzten Partie verteilt sind, während die weiblichen Fruchtanlagen, die Oogonien, in der Nachbarschaft des Ausschnittes stehen. Aus dem durch die schraubig gedrehten Spermatozoiden, in Gegenwart von Regenwasser, befruchteten Plasma des Oogonium entsteht ein Embryo, welcher Stamm, Wurzel und Wedel hervorgehen lässt und zum ungeschlechtlichen Farnriesen auswächst. Die biologischen Symptome machen es wahrscheinlich, dass die Unterseite des Prothalliums ursprünglich für die Existenz in seichtem Wasser angepasst war, während die Oberseite sowohl für Wasser, als für Luftleben equipiert sein mochte.

Von den *Schachtelhalmen* (Equisetaceen), die in früheren Erdperioden, zusammen mit Farnkräutern und Bärlapp-Gewächsen

als Sumpfwald bildende Pflanzen von Baumgrösse eine imposante Rolle spielten, ist ein zwerghafter Epigone auf unserer **Tabelle (4)** hinsichtlich seiner Geschlechtsverhältnisse dargestellt. Aus den ungeschlechtlichen Sporen der an besonderen Trieben im Frühjahr erscheinenden Katzenschwanzkolben gehen zweierlei kriechende Vorkeime hervor: kleinere, welche die männnlichen

Tabelle 4.



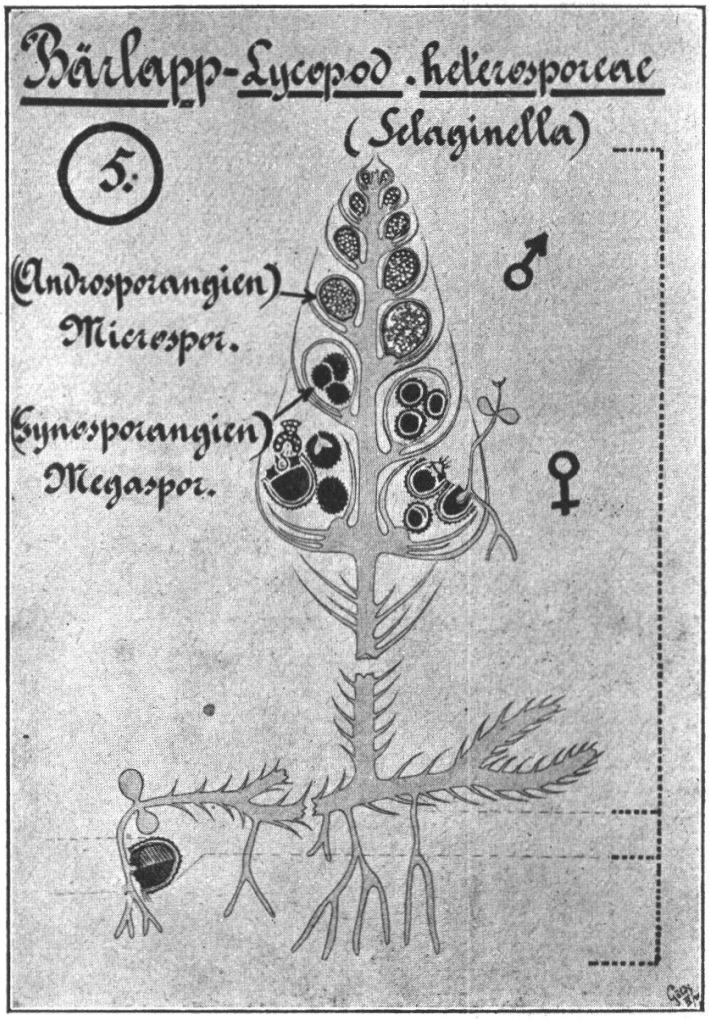
Entwicklungszyklus und Geschlechtsverteilung bei einem Schachtelhalm. Aus den Sporen geht die gametophytische Generation hervor, welche zweierlei Prothallien liefert, männliche mit Antheridien (links), und weibliche, mit Archegonien (rechts). Aus dem befruchteten Archegonieninhalt geht die sporophytische Generation hervor, einerseits der fertile Schachtelhalm im Frühjahr, andererseits die sterilen Halme den Sommer hindurch. Ersterer zeitigt in den Sporangien des kolbig verdickten Sporophyllstandes die Sporen. (Original nach Janet'schem Gedankengang, angefertigt von stud. Walther Göldi.)

Antheridien mit ihren Schwärmer-Gameten liefern, und grössere welche die sackartig eingelassenen, weiblichen Archegonien bergen, aus denen der asexuelle, kolbentragende Schachtelhalm emporschiesst. Diese Verhältnisse erinnern teils an diejenigen der eigentlichen Farnkräuter, teils an die der Moose und zwar speziell der Lebermoose. Intriguierend ist hiebei aber doch, dass hier wie dort aus anscheinend gleich aussehenden Sporen Vorkeime beiderlei Geschlechtes hervorgehen. Da muss sich denn unwillkürlich die Frage vor uns auftun: wie und wann findet bei den Sporen die Geschlechtsregulierung (Umstimmung) statt? — Sind es innere oder äussere Faktoren? — Verhalten sich eventuell einzelne Regionen ein und desselben Sporangienkolbens oder diverser Kolben sexuell different? — Ich habe in der mir zu Gebote stehenden, allerdings nicht sehr umfangreichen botanischen Literatur nirgends eine Diskussion dieser speziellen Frage finden können. Am nächsten liegt indessen die Annahme ähnlicher Verhältnisse, wie sie neuerdings für gewisse Lebermoose (Sphaerocarpus) nachgewiesen wurden: Der Geschlechtsentscheid fällt dort auf das Stadium der Sporenmutterzellen als ein numerisch halbierender Prozess. (Strasburger zeigte nämlich, dass bei Sphaerocarpus von den 4 Sporen, welche jeweils aus einer Sporenmutterzelle hervorgehen, je 2 männlichen Geschlechtes, die andern 2 weiblichen Geschlechtes sind und ein entsprechend sexuell differenziertes Prothallium liefern, sowie auch, dass jedes Sporangium beiderlei Sporen enthält.)

Nehmen wir schliesslich unter den Farnverwandten noch ein *Bärlappgewächs* (Selaginella), eine Lycopodiacee, allerdings aus dem aberranten Lager der Heterosporen. Die Sexualitätsverhältnisse werden uns wiederum auf einer besonderen schematischen **Tabelle (5)** verdeutlicht. Da sehen wir an den moosartig aussehenden Gewächsen, die vielverzweigt über den Boden dahin kriechen, endständige, kolbig gestaltete Aehren an aufrechten Stengeln —, Umstände, deren analoge Bedeutung uns aus den vorigen Beispielen sofort in die Augen springt. Nun sind aber die Selaginellen im Unterschiede zu den ächten Lycopodiaceen monözisch, d. h. beiderlei Geschlechtsorgane finden sich an einem und demselben Gewächsspross, also am Stengel. In den unteren Blattachseln der fruktifizierenden Aehre

finden sich jeweils in geringer Anzahl die grossen, mit derber, dorniger Hülle versehenen sog. *Macrosporangien,* welche die weibliche Eizelle (Gynogamete) einschliessen. In den oberen Blattachseln ist der Sitz der kleineren und entsprechend viel zahlreicheren männlichen Keimprodukte, der *Microsporangien*, welche die befruchtenden Androgameten (Spermatozoiden) enthalten. Auf weitere Einzelheiten einzutreten hat für unser Thema

Tabelle 5.



Entwicklungszyklus und Geschlechtsverteilung bei einem Bärlappgewächs, aus der Abteilung der sog. «Heterosporen». Der obere Teil der fertilen Staude ist hier männlich veranlagt und führt in den Blattwinkeln die Microsporangien; der untere Teil ist weiblich veranlagt und zeigt die viel grösseren, mit dorniger Aussenkapsel versehenen Mega- oder Macrosporen. Aus der befruchteten Macrospore geht wiederum das auf dem Boden dahinkriechende, vielfach verästelte Bärlappgewächs hervor. (Nach einer Skizze von Ch. Janet, umgezeichnet von W. Göldi.)

keinen Wert; es genügt, anzudeuten, dass aus dem sexuellen Kontakt des Inhaltes der Kleinsporen mit demjenigen der Grossporen der Anstoss zur Bildung eines neuen Individuums gegeben ist, sei es, dass das Austreiben des jungen Pflänzchens bereits im mütterlichen Blattachselbereiche stattfinde, oder dass dies, wie es normalerweise geschieht, durch Ausfallen der befruchteten Grosspore auf dem Boden zu Stande komme. Wesentlich scheint uns dagegen die Beachtung des Umstandes, dass der horizontal hinkriechende, seiner Funktion nach vegetative Gewächsteil an ein zwischen Wasser- und Luftleben alternierendes Milieu angepasst scheint. Derselbe prägnante Gegensatz zwischen männlichen *Microsporangien* und weiblichen *Macrosporangien*, bei im Einzelnen variierenden Unterkunftsverhältnissen wird wahrgenommen bei den verwandten sog. Wasserfarnen (Salvinia und Marsilia).

Schier unerschöpflich also sehen wir die Mannigfaltigkeit, in welcher im Pflanzenreich die Sexualität unter den verschiedenen Gruppen der Kryptogamen auftritt. Interessant ist nun eine entsprechende summarische Orientierung bei den *Phanerogamen*.

Zuvor müssen wir jedoch in Kürze noch eintreten auf das Prinzip des Generationswechsels, auf welches seit den bahnbrechenden Untersuchungen Strasburgers (1887) in der neueren Botanik grosses Gewicht gelegt wird. Es handelt sich um die Erkenntnis, dass sich der Entwicklungszyklus einer jeden Pflanze zusammensetzt aus zwei in der Chromosomen-Zahl ihrer Zellkerne verschiedenen Phasen oder Generationen. Der zwischen auskeimender Spore und Embryo liegende Entwicklungsabschnitt wird als Geschlechtsgeneration aufgefasst; ihr Produkt heisst *Gametophyt*. Charakteristisch ist für dieselbe die halbe Anzahl der Chromosomenkerne in ihren Gewebezellen, so dass diese Generation gleichzeitig als halbkernige, haploïde oder x-Generation bezeichnet wird. (Besser wäre es $\frac{x}{2}$ zu sagen, beziehungsweise $\frac{n}{2}$, da das x in der modernen Chromosomenlehre, wie nachher gezeigt werden soll, in einem ganz anderen Sinne gebraucht wird: nicht in dem einer Zahl, sondern in dem einer bestimmten

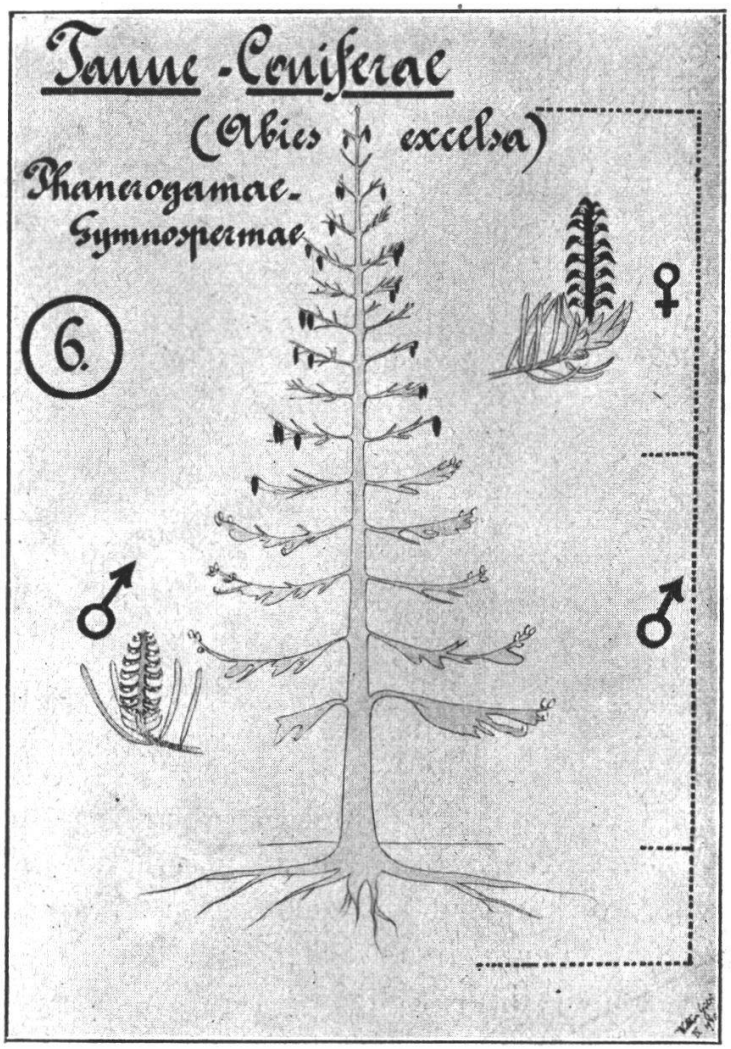
Partikel der Kernschleife.) Der andere, zwischen Embryo und Spore liegende Entwicklungsabschnitt wird als *Sporophyt* bezeichnet; er umfasst die ungeschlechtliche Phase oder Generation. Bezeichnend ist für dieselbe die ergänzte Anzahl der Chromosomkerne in ihren Gewebe- und Organzellen, sodass sie als die vollkernige, diploïde oder 2 x-Generation benannt wird. (Entsprechend Obigem wäre sie besser als x-, respektive als n-Generation zu bezeichnen.)

Im Generationswechsel zwischen Gametophyt- und Sporophytabschnitt liegt der eigentliche Schlüssel zum Verständnis der morphologischen Verhältnisse im Pflanzenreiche, speziell unter dem Gesichtswinkel der Sexualität. Bei den niederen Bryophyten (Moosen) spielt der Gametophyt die hauptsächliche Rolle; bei den Pteridophyten (Farnartigen) gewinnt der Sporophyt die Oberhand. Dieses Verhältnis spitzt sich dann immer mehr zu im Rayon der niederen und höheren Blütenpflanzen. (Vergleiche hiezu das kurze Autoreferat von Prof. Ed. Fischer über seinen Vortrag «Der Generationswechsel im Lichte der neueren Kernforschungen» (21. XII. 1912) in «Mitteil. der Naturf. Ges. Bern», Jahrg. 1912, pag. 38—39 der Sitzungsberichte.)

Ueber die Sexualitätsverhältnisse im Lager der Phanerogamen orientieren zwei weitere **Tabellen** (**6** und **7**). Zunächst reihen sich die Gymnospermen an, **Tabelle (6)**, welche den Uebergang von den höheren Gefäss-Kryptogamen zu den höheren Blütenpflanzen vermitteln und schon habituell verwandtschaftliche Beziehungen zu den eben behandelten farnartigen, speziell zu den Schachtelhalmen erraten lassen. Nicht ohne Absicht wählten wir als Beispiel unter den Nadelholzgewächsen (Coniferen) die Rottanne (Abies excelsa). Sie lässt nämlich besonders schön die regionale Anordnung der Geschlechtsorgane erkennen: die obere Hälfte samt der Spitze ist der Sitz der späterhin zu den bekannten, vermöge ihrer Schwere abwärts hängenden Tannzapfen auswachsenden weiblichen Blütenstände, während die untere Hälfte an den Astenden die klein bleibenden und mehr hinfälligen männlichen Blütenstände beherbergt. In unserer Rottanne haben wir somit ein hübsches Exempel eines nacktsamigen, phanerogamischen Riesengewächses, welches noch sexuelle und räumliche Trennung beiderlei Blütenstände

zeigt, mit Einhäusigkeit gekoppelt, so dass der obere Teil weibliche Lokalisierungs-Veranlagung erkennen lässt, der untere dagegen die männliche. Es liegt somit jenes Verhältnis vor, für welches Linné seine «Monoecia» genannte, 21ste Klasse aufgestellt hat. (Nach der von dem Wiener Botaniker Kerner von Marilaun vorgenommenen Umgruppierung entspricht es dessen 7ter Gruppe.) Die genaueste sprachliche Fassung ist wohl in dem neueren botanischen Ausdruck «Dimonoecisch» geboten.

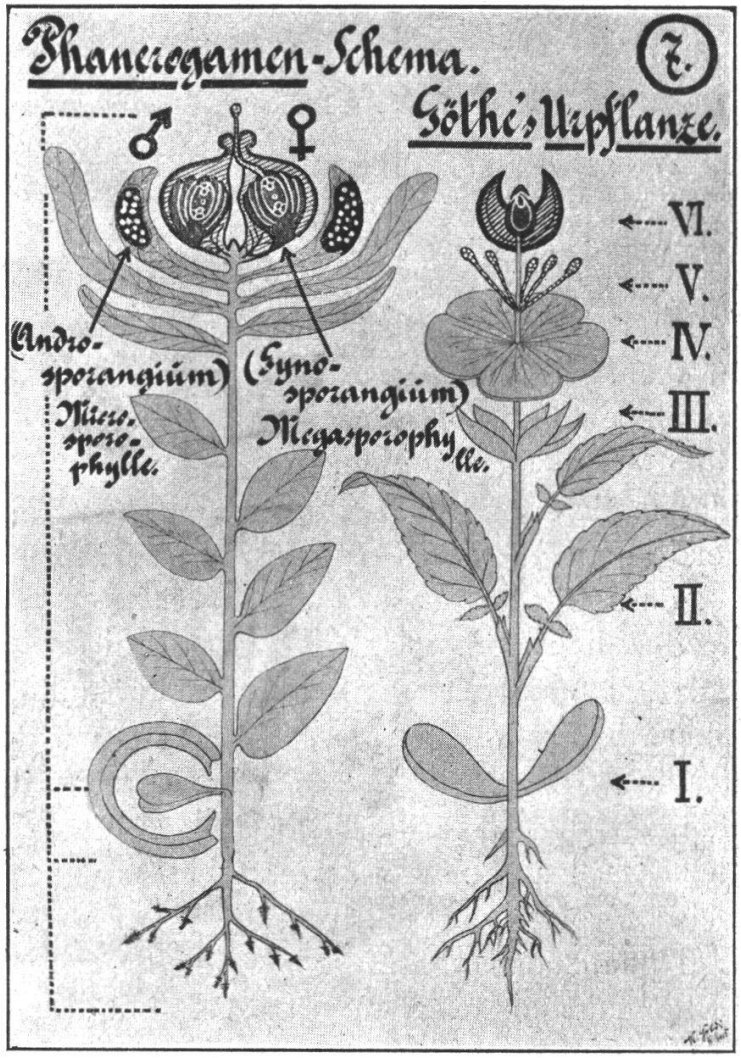
Tabelle 6.



Entwicklungszyklus und Geschlechtsverteilung bei einer Tanne, als Beispiel der Gymnospermen. Der obere Teil ist weiblich veranlagt und zeigt die anfänglich noch aufrecht stehenden, späterhin herabhängenden Zapfen. Der untere Teil ist vorwiegend männlich veranlagt und das Emporführen des Blütenstaubes zu den weiblichen Blüten des oberen Teiles wird durch die Windströmung besorgt. (Original von stud. Walther Göldi.)

So erübrigen uns bei dieser Umschau nur noch die eigentlichen höheren, bedecktsamigen Blütenpflanzen, die Angiospermen: **Tabelle (7).** Wir werden auf ihre Besprechung alsbald eintreten.

Tabelle 7.



Geschlechtsentwicklung und Geschlechtsverteilung bei den Blütenpflanzen (Anthophyten). Links ein dikotyles Phanerogamenschema, rechts das Schema der sogenannten «Göthe'schen Urpflanze». Aus dem vorletzten Blumenblattkreis (V), dem Androeceum, gehen die männlichen Geschlechtsprodukte, der Pollen (Blütenstaub) hervor; aus dem letzten Blattkreise (VI), welcher die Axenspitze einnimmt, gehen die weiblichen Keimprodukte hervor, die Nucelli, welche den Macrosporen der Bärlappgewächse vergleichbar sind. (Zusammengestellt und umgezeichnet von stud. Walter Göldi.)

Linné, der Begründer der binären Nomenklatur und Schöpfer des nach ihm benannten Pflanzensystems, war gewiss ein guter Systematiker, aber weniger hervorragender Biologe. So kommt es denn, dass eine morphologisch richtige Auffassung vom äusseren Aufbau der Blütenpflanze erst von anderer Seite her kam; sie ist von Göthe angebahnt worden. Göthe hat zeitlebens gewissen naturgeschichtlichen Problemen seine Aufmerksamkeit zugewendet und unter diesen beschäftigte ihn dasjenige der hypothetischen Urpflanze in sehr intensiver Weise. Der vielseitige Wiener Botaniker Julius v. Wiesner hat das Verdienst, Göthe's «Urpflanze» rekonstruiert und in einer liebevollen Studie wissenschaftlich Brauchbares vom Unhaltbaren gesiebt zu haben. Den wesentlichen Kern davon darf man füglich in Ehren halten und es wäre im Interesse einer methodischen Naturauffassung wirklich zu wünschen, dass demselben bereits im Volksschulunterricht etwas mehr gebührende Beachtung geschenkt würde. Jedenfalls lehrt der Vergleich mit dem von einem modernen Naturforscher stammenden Schema über den morphologischen Aufbau einer phanerogamen Pflanze — beide sind auf unserer Tabelle vereinigt —, dass Göthe's Ansicht sich recht wohl sehen lassen darf, neben der heutigen. Heben wir an diesem Gedankengange die speziell unser Thema berührenden Punkte heraus.

Am oberirdischen Teil einer Blütenpflanze, dem Stengel oder Stamm, lassen sich sechs verschiedene Aufreihungen von Blättern erkennen, die im Verhältnis der Entfernung vom Wurzelteil folgendermassen aufeinanderfolgen: 1. Keimblätter, 2. Laubblätter, 3. vier Kreise von Blättern, die sich am Aufbau der Blüte, des Fortpflanzungsapparates, beteiligen, nämlich a) Kelchblätter, b) Blumenkronblätter, c) Staubgefässblätter, d) Stempel oder Fruchtblätter. Wichtig ist, dass die vier an der Stengelachse nahe zusammengerückten Blattkreise, trotz ihres verschiedenen Aussehens, nichts anderes sind als umgewandelte Laubblätter; ferner, dass die beiden proximalen vornehmlich mit der Schutzaufgabe betraut sind, während die beiden das Ende der wachsenden Axe einnehmenden, distalen, stärker metamorphosierten Blattkreise den Geschlechtsapparat im eigentlichen Sinne darstellen: der männliche oder Staubgefässkreis als vorletzter, der weibliche oder Stempelkreis als letzter.

Göthe äussert sich bezüglich der Blumenkronblätter, dass sie umfangreicher als jene des Kelches seien, dass sie überdies zarter, feiner, in bunten Farben prangen und — hierin liegt ein wichtiger Punkt — «auch mit feineren, reineren Säften erfüllt seien.» Er stellt sich nämlich vor, dass diese Säfte in den tieferstehenden Blättern und in den Gefässen der unteren Region des Stengels gewissermassen filtriert werden und dadurch mehr und mehr vervollkommnet in die oberen Stockwerke gelangen; er meint auch, ein feinerer Stoff müsse dann auch ein feineres, zarteres Gewebe bedingen. Während die Samenlappen oder Cotyledonen «mit einer rohen Materie gleichsam vollgestopft und nur grob organisiert sind» (seine wörtlichen Ausdrücke), ferner die «grünen Laubblätter bereits auf einer höheren Stufe der Ausbildung und Verfeinerung stehen, welche sie dem Lichte und der Luft schuldig sind» —, erscheinen ihm die Blätter der beiden obersten Kreise, des im 5ten und 6ten Stockwerke untergebrachten Geschlechtsapparates, als äusserster Grad der Vervollkommnung. «In den Staubgefässen,» sagt er, «sehen wir die Blätter auf das äusserste zusammengezogen, zum Teile fast fadenförmig; sie erscheinen in einem höchst verfeinerten Zustand und in jenen Teilen, welche man die Antheren nennt, ist ein höchst feiner Saft aufbewahrt». In den Fruchtblättern, welche den obersten Teil des Stengels einnehmen und die Samen umschliessen, ist für ihn der Gipfelpunkt der Saftläuterung und der organischen Vervollkommnung gegeben, denn jede Stufe ist vollkommener als die nächst tiefer stehende.» So muss denn die logische Folgerung gezogen werden, dass Göthe im männlich gearteten Staubblattkreis (Androeceum) die vorletzte, im weiblichen Fruchtblattkreis (Gynaeceum) die letzte und oberste Entwicklungsstufe vor sich zu haben glaubte. Wir werden später sehen, wie die solcher Anschauung zu Grunde liegende Annahme und Voraussetzung nach hundert Jahren wiederkehrt, diesmal angetan mit dem Gewande der modernen Vererbungslehre.

Zurückkehrend auf das eigentliche Geleise unserer Untersuchung konstatieren wir, dass im vorliegenden Schema äusserlicher phanerogamischer Körperbeschaffenheit das einhäusige Verhältnis, die Monöcie, zur Anschauung gelangt und zwar mit einer typisch zwittrigen, monoklinen Blüte, da ja beiderlei

Geschlechtsorgane in unmittelbar anstossenden, aufeinanderfolgenden Blattkreisen vorhanden sind. Von einer Detailbesprechung der Analogien und Homologien in den beiderlei Geschlechtsprodukten und dem Befruchtungsvorgange selbst, im Vergleiche zum Tierreich, können wir, als gegenwärtig abseits unserer Bahn liegend, abstrahieren. Dagegen gehört hieher entschieden noch die Erwähnung der Tatsache, dass die gesamte phanerogamische Geschlechtsorganisation nun deutlich auf das Luftleben abgestimmt ist: die männlichen Geschlechtszellen sind nicht mehr mit Schwärmergeisseln ausgerüstet —, sondern die Pollenkörner treiben einen Plasmasack aus, der durch das Narbengewebe hindurch seinen merkwürdigen Weg findet, und der Blütenstaub zeigt entweder eine pulverig-trockene (anemophile Pflanzen), oder eine klebrige (entomophile Pflanzen), zur Verklumpung geneigte Beschaffenheit.

In unendlich vielen Modifikationen aber präsentiert sich unter der höheren Phanerogamenwelt die gegenseitige Lagerung der noch vereinigten Geschlechtsorgane im Einzelnen, ihre Lokalisierung an den verschiedenen Partien des Pflanzenkörpers — denn die vorige schematische Annahme terminaler Stellung am unverzweigten Stengelspross ist ja bloss ein allerdings häufig zu beoachtender Separatfall —, dann die nachherige Auftrennung und Verteilung der Geschlechter, sowohl auf verschiedene Blüten und verschiedene Regionen desselben Pflanzen-Individuums, als auch auf diverve Individuen, die zeitlichen Dissonanzen in Reifung der Geschlechtsprodukte u. s. w. Ihre Zahl ist Legion. Und wenn Linnéisches System ehedem für den Schüler eine geisttötende Marter und Qual darstellte, ist es für den selbständig arbeitenden Naturforscher, mit Göthe zu reden, «eine Lust, forschend zu wandeln in dem herrlichen Weltgarten und seine mannigfaltigen, besonderen Erscheinungen auf ein allgemeines, einfaches Prinzip zurückzuführen.»

Keinen Augenblick können wir zweifeln, dass die von den Geschlechtsverhältnissen in der Pflanzenwelt dargebotene Vielgestaltigkeit gegenüber denen in der Tierwelt eine grossartige Ueberlegenheit zeigt.

Was wir im Bisherigen beigebracht, kann ja nichts anderes sein als ein kümmerliches und lückenhaftes Bild. Trotzdem

wollen wir uns damit begnügen und, anstatt eine zoologische Nachlese zu halten, eintreten auf den zweiten Teil unserer Untersuchung.

* * *

Vorher möchte ich jedoch noch kurz auf die Diskussion einer bereits früher angeschnittenen Frage eintreten, die mir zu einem völligen Verständnis des vorliegenden Themas sehr wesentlich erscheint. Es ist die Frage: Gibt es Anzeichen und Beweise dafür, dass die Einrichtung des Geschlechtes wirklich als vorteilhaft zur Arterhaltung und Artverjüngung aufgefasst werden müsse? — Ja, es gibt solche Anzeichen, deren Beweiskraft erfreulicherweise so ziemlich allgemein anerkannt wird. Ein frühes Anzeichen wird schon bei den Protisten angetroffen und bezieht sich auf die Verumständung, unter welcher die Konjugation einzutreten pflegt. Man hat die Erfahrung gemacht, dass gewisse Infusorien Hunderte von successiven Generationen auf asexuellem Wege durch Teilung hervorgehen lassen und dass dieser Modus in der Regel so lange beliebt, als die Existenzbedingungen normale sind. Sofort aber bei Eintreten ungünstiger Lebensverhältnisse setzt meist auch Konjugation ein, jene Assoziation zweier Individuen, in welcher wir den Vorläufer des geschlechtliehen Fortpflanzungsmodus erkennen konnten. Ohne auf Einzelheiten eintreten zu dürfen, mag im Vorübergehen vor allem auf die allzeit denkwürdigen Untersuchungen aufmerksam gemacht werden, welche schon vor bald 30 Jahren der französische Forscher Maupas bei jahrelanger Züchtung gewisser Infusorien mit bewundernswerter Geduld und Ausdauer angestellt hat.

Beachtenswert hiebei ist das eigentümliche Ergebnis, dass Konjugation am liebsten zwischen stammfremden Individuen eingegangen wird. Zu dieser Erscheinung, die wie ein Veto gegen fortgesetzte Inzucht erscheint, finden wir nicht wenige Analogien bei den Fortpflanzungsverhältnissen höherer Tiere und Pflanzen.

Sodann liegt ein zweites Anzeichen vor in einer Erscheinung, die jedem Zoologen, welcher jemals einlässlich sich mit den unteren tierischen Schichten beschäftigte, geläufig ist: ganz allgemein ist durch ganze Ordnungen und Klassen hindurch — wo die Möglichkeit asexueller Fortpflanzung als gegebene Norm

überhaupt vorliegt —, die Wahrnehmung zu machen, dass Verschlechterung der Existenzbedingungen jeweilen das Auftreten einer Geschlechtsgeneration im Gefolge hat.*) Ganz Aehnliches sehen wir in weiter nach oben befindlichen Tierreihen, überall da, wo die Einrichtung der sog. Parthenogenese oder jungfräulichen Zeugung besteht, d. h. die Möglichkeit successiver Generationen auf eingeschlechtig-weiblichem Wege. Der parthenogenetische Zustand entspricht jeweilen der Periode des Existenzoptimums, wie es durch Nahrungsüberfluss, geeignete Klima- und Wohnortsverhältnisse geschaffen wird; sobald aber Gefahr in Sicht ist, werden Anstalten zur Abwehr getroffen und dieselben finden in der Ablösung durch eine Geschlechtsgeneration ihren bezeichnendsten Ausdruck.**)

---

*) Dass dies auch für die Pflanzenwelt zutrifft, zeigen folgende Erwägungen eines Botanikers: «Sobald es praktisch gelingt, die für das Wachstum optimalen, internen Bedingungen konstant zu erhalten, kann der Organismus niemals zur Fortpflanzung kommen, sondern muss zunächst weiterwachsen. Der Versuch ist für eine Reihe Thallophyten (Algen, Pilze) mit Erfolg lange durchgeführt worden. Jederzeit lässt sich bei den betreffenden Organismen durch Aenderung der Bedingungen die Fortpflanzung herbeiführen.» Auch für eine Reihe von Phanerogamen ist derselbe experimentelle Nachweis geführt worden, z. B. für Glechoma-, Rumex-, Sempervivum-Arten.

(G. Klebs, Physiologie der Fortpfl. der Gewächse.)

**) Man kann nicht umhin, das bei der Parthenogenese im Tierreich obwaltende Verhältnis zu vergleichen und als homolog aufzufassen mit dem Sporophytabschnitt beim pflanzlichen Entwicklungszyklus, doch mit der bei höheren Pflanzen kaum irgendwo anzutreffenden Modifikation, dass aus der Spore direkt ein abermals gleichartiger Sporophyt hervorsprosst auf vegetativem Wege und so weiter durch n-Generationen hindurch, bis zur schliesslichen einmaligen Ablösung durch ein dem Gametophyt entsprechendes Aequivalent. Dem gewöhnlichen zweiteiligen Entwicklungszyklus steht ein für den Sporophytabschnitt fraktionierter Typus gegenüber.

Bei dieser Gelegenheit sei auf den verdienstvollen Versuch des weitausblickenden französischen Zoologen Charles Janet aufmerksam gemacht, welcher auf die Homologisierung der Entwicklungsvorgänge in Pflanzen- und Tierreich abzielt. Entsprechend dem Gametophyt und Sporophyt bei der *Pflanze* weist er gleichwertige evolutive Phasen auch beim *Tiere* und speziell beim Insekt nach, — Phasen für die er die korrespondierenden Bezeichnungen Gametozoït und Sporozoït in Vorschlag bringt. Der geistreiche Essai von Ch. Janet, dem wir in gedanklicher Beziehung, sowie in illustrativer Hinsicht (namentlich auf botanischem

Ein drittes Anzeichen liegt ferner vor in einer Besonderheit, mit welcher primärer Hermaphroditismus vielfach in der Tierreihe begleitet zu sein pflegt. Diese Besonderheit besteht darin, dass die Zwitter durch gewisse spezielle Einrichtungen an Selbstbefruchtung verhindert werden. Die hermaphroditischen Schnecken, z. B. befruchten sich über's Kreuz, männlicher Teil der Schnecke A mit weiblichem Teil der Schnecke B, und umgekehrt. Analoge Verumständungen sind wiederum gäng und gäbe bei den höheren Blütenpflanzen. Damit ist die Zahl solcher Anzeichen keineswegs erschöpft. Aber sie dürften genügen. Für alle diese Erscheinungen ist die ungezwungene Deutung eben die, dass das Geschlecht tatsächlich eine arterhaltende und artverjüngende Natureinrichtung darstellt.

* * *

Begreiflich ist es, wenn schon von jeher die Frage nach den Ursachen, welche in der organischen Natur das Geschlecht bestimmen, nach dem regulierenden Prinzipe, zunächst die Naturforscher und Aerzte und darüber hinaus die gebildeten Kreise aller Gesellschaftsklassen in hohem Grade interessierte. Ist sie doch von grosser soziologischer Bedeutung und von gewaltiger national-ökonomischer Tragweite. Denn betrachte man sie z. B. vom agrikol-tierzüchterischen Standpunkte aus, oder unter dem Gesichtswinkel staatswirtschaftlicher Erwägungen, man wird sich sofort sagen müssen, dass es durchaus nicht gleichgültig ist, ob man über dieses Problem etwas wisse oder nichts wisse, ob es zu demselben überhaupt eine wissenschaftlich haltbare Lösung geben kann und wie weit eventuell dieselbe in der Gegenwartforschung vorgerückt. Abgesehen von der simpeln Neugierde, die zweifellos bei einer naiven Majorität den Wunsch entstehen lässt, den Vorhang zu lüften zu diesem Natur-

---

Gebiete) vieles verdanken, bei unserem Bestreben zu einer gemeinverständlichen Ausgestaltung vorliegender Arbeit, sei allen denjenigen angelegentlich empfohlen, welche sich noch genauer mit den einschlägigen Fragen zu beschäftigen wünschen. Wir selbst gedenken auch in einer für die nächste Zeit projektierten Abhandlung spezieller auf diesen Gegenstand einzutreten, der uns ausserordentlich wichtig erscheint zu einer vertieften Auffassung organischen Lebens.

geheimnis, kommt der Beschäftigung mit dieser Frage eine unbestreitbare, genuin wissenschaftliche Berechtigung zu.

Längstens hatte sich auch schon die zutreffende Auffassung Platz verschafft, dass bei der Geschlechtsregulierung in der Natur eine zwiefache Erscheinungsreihe beteiligt sein müsse, die sich in einem gewissen gegensätzlichen Verhältnisse geltend mache. Die eine Reihe müsse in der körperlichen Veranlagung, im Soma der beiden bei der Zeugung beteiligten Elterindividuen gegeben sein, die andere in der Beeinflussung durch die Summe der von der Umwelt, dem sog. «Milieu», gebotenen Existenzbedingungen. Man nennt die beiden Reihen kurzweg und passend innere und äussere Faktoren. Es braucht nicht sonderlich viel Anstrengung des Denkens, um weiterhin zu dem Ergebnis zu gelangen, dass wir für dieses mehr philosophisch klingende Begriffspaar Innenfaktoren und Aussenfaktoren auch recht wohl ein anderes, der modernen naturwissenschaftlichen Sprachweise geläufiges Begriffspaar einsetzen können: nämlich Vererbung und Anpassung. Und soziologisch finden diese Ausdrücke ihr Analogon in dem Kräftepaar Geburt und Erziehung. Für uns kommt jedoch augenblicklich bloss der Umstand in Betracht, dass das Denkpostulat, welches das Vorhandensein der beiden Erscheinungsreihen Innenfaktoren und Aussenfaktoren erheischt, tatsächlich auch jetzt noch bei der Diskussion der Geschlechtsregulierung in der Natur den Dreh- und Angelpunkt bildet. Von verschiedener Seite her suchte man dem Problem beizukommen. Dass die aus älterer Zeit stammenden Anläufe meist spekulativen Charakters waren, ist leicht verständlich; wir brauchen uns dabei nicht aufzuhalten. Brauchbares Material setzt somit erst ein mit dem Aufkommen exakt statistischer Sammelarbeit einerseits, experimentell-naturwissenschaftlicher Forschungsmethode andererseits.

Dieser experimentell-naturwissenschaftlichen Kampagne, soweit sie der Aufklärung des Geschlechtsproblemes gilt, sei nun heute unsere spezielle Aufmerksamkeit gewidmet. Die Kampagne ist sowohl von botanischer, als von zoologischer Seite in Angriff genommen worden. Was die Wege anbetrifft, so ist von vorneherein der Umstand zu betonen, dass es zwei anscheinend verschiedene Methoden sind, welche hiebei einge-

schlagen werden, einerseits die sogenannte cytologische, andererseits die auf der Hereditäts- oder Vererbungslehre basierende. Genauer zugesehen, verlaufen die beiden Wege nicht gänzlich getrennt; an gewissen Stellen zeigen sie sich wesensverwandt und durch gemeinsame Interessen verknüpft. Die cytologische Forschung erblickt ihr Arbeitsfeld in gründlichem Studium der Zelle in allen ihren Bestandteilen, als der letzten biologisch teilbaren, architektonischen Einheit des Organismus. Die Geburtsstunde der Cytologie oder Zellforschung als wissenschaftliche Disziplin lag zwar in dem Momente vor, in welchem der Begriff der Zelle zum ersten Male seine deutliche Definition erfuhr und datiert mithin annähernd $^3/_4$ Jahrhundert zurück. Aber ihre wesentliche Inhaltsbereicherung bekam sie doch erst innerhalb der beiden letzten Jahrzehnte des durch verbesserte optische Hilfsmittel ermöglichten und vertieften Studiums der zwischen Zellkern (Nucleus) und übrigem Zellplasma bestehenden Wechselbeziehungen. Die cytologische Forschung ist ihren wichtigeren Fortschritten ein ebenso moderner Wissenszweig, als die experimentelle Vererbungslehre es ist in ihrer dermaligen komplizierten Ausgestaltung. —

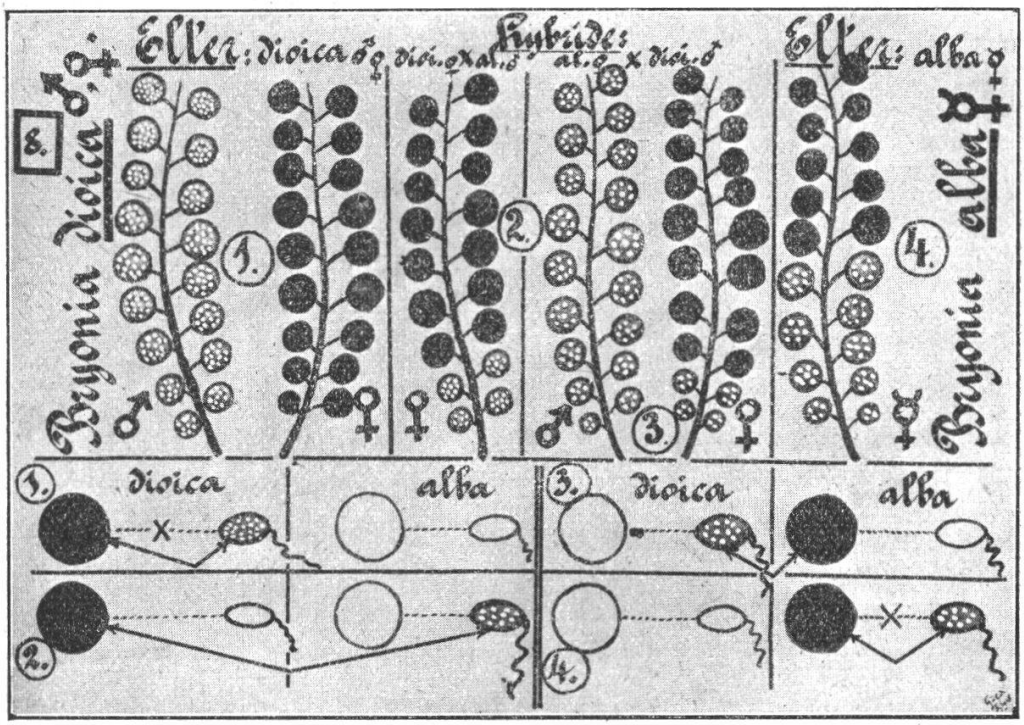
Wir wollen nun auf das Wesen der verschiedenen Versuche zur Lösung des Geschlechtsproblemes etwas näher eintreten.

1. Versuche, die von der Hereditäts- oder Vererbungslehre aus unternommen worden sind.

Wir haben bereits angeduetet, dass jeweilen auf botanischem und zoologischem Gebiet geschachtet wurde. Zunächst die Bestrebungen auf dem Gebiete der **Pflanzenwelt.** Da haben wir in erster Linie der Experimentreihe zu gedenken, welche Correns, Professor der Botanik an der Universität Münster in Westphalen, an der Zaunrübe (Bryonia) ausstellte. Eine eigens hiefür angefertigte **Tabelle (8)** soll uns in schematischer Weise mit der Eigenart dieser Bryoniaversuche bekannt machen. Von der Zaunrübe (Bryonia), einem rankenden Gewächs aus der Kürbisfamilie, mit dessen Aussehen vermöge seiner Häufigkeit wohl jedermann vertraut ist, kommen bei uns zwei Arten vor, die sich äusserlich im Allgemeinen recht ähnlich sehen, immerhin an ihrer Beerenfarbe zu unterscheiden sind. Doch verhalten sie sich verschieden hinsichtlich ihrer sexuellen Beschaffenheit.

Die eine, schwarzbeerige Art besitzt in Uebereinstimmung mit der Majoritätsregel der höheren Blütenpflanzen oder Phanerogamen-Angiospermen Individuen, bei welchen beiderlei Geschlechter, männliches und weibliches, in den Blüten desselben Stockes und Zweiges, in nachbarlicher Vereinigung räumlich und somatisch in intimen Zusammenhang gerückt sind. Bei dieser *weissen* Zaunrübe (Bryonia alba) besteht somit das geschlechtliche Verhältnis, welches von Linné als einhäusig (monökisch d. h. beides im gleichen Hause zusammenwohnend) bezeichnet worden

Tabelle 8.



Veranschaulichung der Correns'schen Kreuzungsversuche zwischen den beiden Zaunrübenarten Bryonia dioica nnd Bryonia alba. Die schwarz gehaltenen Partien versinnbildlichen weibliche Veranlagung, die hell gehaltenen, weiss punktierten dagegen männliche Veranlagung. Die beiden unteren Querreihen zeigen die Zusammensetzung der zur Kreuzung jeweils verwendeten Elternpaare; in der oberen Querreihe sind die Zuchtresultate zu den vier Versuchsreihen ersichtlich. (Mit Benutzung einer Correns'schen Skizze umgearbeitet und vervollständigt von E. A. Göldi.)

ist. — Die andere, rotbeerige Art, die *zweihäusige* Zaunrübe *(Bryonia dioica)* besitzt eine Auftrennung der Geschlechter auf zweierlei Individuen; nämlich solche, die bloss männliche Blüten

tragen und andere, die ebenso ausschliesslich bloss weibliche Blüten besitzen. Man nennt die männlich veranlagten Individuen andrözisch, die weiblich veranlagten gynözisch, mit Benützung wohl bekannter griechischer Hilfsausdrücke.

Vermittelst der nicht schwierigen Kreuzung dieser beiden Bryoniaarten hoffte Correns eine Antwort von der Natur zu erlangen, wie es sich mit der Vererbung der Geschlechtsveranlagung wenigstens bei diesen beiden Pflanzen verhalte und damit eventuell überhaupt einen Anhaltspunkt von allgemeiner Gültigkeit im botanischen Reiche zu gewinnen. Hiezu inszenierte Correns folgende vier Experimente: 1. Exp. Vorderste Kolonne (1). Er kreuzte zunächst die beiden Geschlechter von Bryonia dioica, indem er eine bestimmte Anzahl weiblicher Blüten gynözischer Stöcke (♀) mit dem Blütenstaub andrözischer Stöcke (♂) befruchtete. Aus dem Ergebnis erwartete er einen Entscheid, ob bei dieser Pflanzenart eines der beiden Geschlechter in der Deszendenz ein numerisches Uebergewicht ausübe, oder aber ein Gleichgewicht bestehe. Wie zu erwarten stand, traf letzterer Fall zu, indem sich in der Nachkommenschaft (erste Generation) die männlichen und weiblichen Individuen im Zahlenverhältnis von 50 % zu 50 % gegenüberstanden. — Hierauf wurde in zwei weiteren Versuchsreihen zu eigentlichen Hybridationsexperimenten zwischen den zwei botanisch verschiedenen Zaunrübenarten geschritten:

II^{tes} Exp. (2te Kolonne.) Weibliche Stöcke der zweihäusigen Bryonia dioica (♀) wurden bestäubt mit den Pollen von Blüten der einhäusigen Bryonia alba (⚥). Hiebei lag derselbe Gedankengang vor, d. h. es galt zu ergründen, ob numerisches Gleichgewicht, beziehungsweise einseitiges Uebergewicht herausspringe, wenn die Elternindividuen, statt einer und derselben Art, zwei diversen, aber nahe verwandten Arten, angehören. Das Resultat ergab — und da muss man dann doch zugeben, dass es nicht so ohne weiteres vorauszusehen war — 100 % weiblich veranlagte gynözische Bastarde, also lauter Weibchen.

III^{tes} Exp. (3te Kolonne.) Die Verhältnisse des vorigen Experimentes wurden einfach umgewechselt: Mütterlicher Elter waren weibliche Blüten der einhäusigen Bryonia alba (♀), die befruchtet wurden mit Pollen von andrözischen Stöcken von Bryonia dioica (♂), als väterlichem Elter.

Auch hier war der Ausfall des Experimentes keineswegs a priori zu erraten. Das numerische Verhältnis der beiden Geschlechter unter den Hybriden befand sich nämlich im Gleichgewicht: die Hälfte, 50 %, fiel männlich aus, die andere Hälfte, 50 %, weiblich.

IV^tes Exp. (4te Kolonne.) Uebrig blieb die Befruchtung weiblicher Blüten von Bryonia alba (♀) mit dem Pollen männlicher Blüten von einem und demselben Stock und Zweig (♂), entsprechend dem Experiment I.

Als plausibles Ergebnis stand zu erwarten eine reine Bryonia alba-Deszendenz, ausgerüstet mit dem spezifischen Geschlechtsmerkmal der Einhäusigkeit, d. h. jeder Blütenstand in seinem oberen Teile mit weiblichen Blüten besetzt, in seinem unteren Teile dagegen von männlichen Blüten.

Beim prüfenden Ueberblick über diese vier Experimente ergibt sich bald, dass die beiden mittleren Reihen, also die Versuche II und III, ein erhöhtes Interesse beanspruchen gegenüber den beiden anderen, in sich selbst glaubwürdigen.

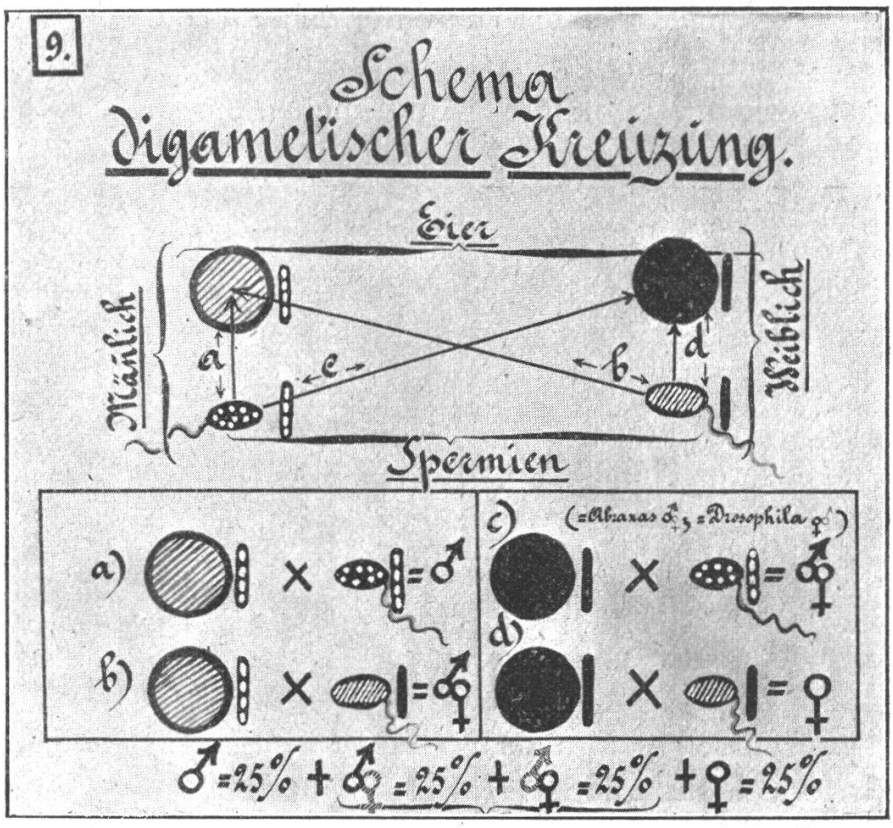
Die Ergebnisse aller vier Experimente, beziehungsweise der beiden mittleren lassen sich so zusammenfassen: Bestäubt man die Weibchen der getrennt-geschlechtigen (diözischen) Bryoniaart mit dem Pollen der gemischt-geschlechtigen (monözischen), so erhält man lauter Weibchen; verfährt man dagegen umgekehrt, d. h. bestäubt man die gemischt-geschlechtige Pflanze mit dem Pollen der getrennt-geschlechtigen, so resultieren zur Hälfte Männchen, zur Hälfte Weibchen.

Die Correns'schen Bryonia-Experimente haben verschiedene Deutungen erfahren. Er selbst glaubt auf Grund derselben folgenden gesicherten Schluss ziehen zu dürfen: «Die Keimzellen der Bryonia dioica-Weibchen stimmen unter sich überein, es gibt ihrer nur einerlei, während es zweierlei männliche Keimzellen geben müsse. Die Weibchen seien homogametisch, die Männchen heterogametisch.»

Zur Erklärung dieser technischen Ausdrücke und des der formulierten These zu Grunde liegenden Sinnes müssen wir nun etwas weiter ausholen und etliche Annahmen vererbungstheoretischer Natur herbeiziehen. Hiezu soll uns eine weitere, eigens

angefertigte schematische **Tabelle** zu statten kommen **(9)**. (Schema digametischer Kreuzung). Zunächst wiederhole ich einen heute nachgerade zum naturwissenschaftlichen Allgemeingut gehörigen Satz, den ich in früherem Vortrage ausführlich begründete, dass die Quintessenz der nach Gregor Mendel benannten neueren Hereditäts-Lehre in der Befragung der Natur auf dem Wege des Experimentes beruht gegenüber einem Paar von Merkmalen, welche in einem gegensätzlichen Verhältnis zu einander

Tabelle 9.



Schema zur Veranschaulichung der digametischen Kreuzung (Voraussetzung vom Vorhandensein von zweierlei, in ihrer Intensität abgestuften männlichen und weiblichen Gameten oder Geschlechtszellen.) Die beiden unteren Querreihen orientieren über das theoretisch zu erwartende Kreuzungsresultat zu den viererlei oben angedeuteten Kombinationsmöglichkeiten. Schwarz bedeutet weiblich und zwar intensiv weiblich; weiss punktiert auf dunklem Grunde bedeutet männlich und zwar intensiv männlich. Schräge Schraffierung bedeutet schwache Veranlagung des betreffenden Geschlechtes. Die Abstufung in der Intensität geschlechtlicher Veranlagung wird ausserdem noch verdeutlicht durch Beifügung eines hinten angesetzten Vertikalstriches. (Original von E. A. Göldi.)

stehen. Jeweils handelt es sich also um ein Frag- und Antwortspiel über ein sog. antagonistisches Merkmalpaar. Im einfachsten Fall eines Vererbungsversuches liegen die Dinge so, dass bezüglich eines bestimmten Merkmalpaares bei der ersten Generation 3 Qualitätengruppen hervorgehen: $^1/_4$ väterlich geartete (patrokline), $^1/_4$ mütterlich geartete (matrokline) und $^2/_4$ Abkömmlinge mit beidseitiger Charakter-Aufmischung.

Nun war es schon Mendel selbst, der in einem Briefe an den Botaniker Nägeli die Vermutung aussprach, dass die Geschlechtsregulierung bei den Pflanzen auch dem von ihm entdeckten Vererbungsgesetze zu unterstehen scheine, indem er gewisse Anzeichen hiefür in seinen zahlreichen Kreuzungsversuchen zu erkennen glaubte. Und mehr und mehr neigt man sich dieser Ansicht zu, die jedenfalls den Vorteil besitzt, dass ihr einstweilen durch keine bessere Hypothese Konkurrenz gemacht wird.

Machen wir uns die Sachlage klar, wie sie vorliegt, sofern das Geschlecht als eine der Mendel'schen Vererbungsregel unterstellte Erscheinung zugelassen wird. Da haben wir es mit dem antagonistischen Merkmalpaar Männlich-Weiblich zu tun.

Auf unserer Tabelle wird die weibliche Geschlechtszelle, die Oogamete, in Allusion ihres grösseren Kalibers, als grösserer, schwarzer Kreis, die männliche Geschlechtszelle entsprechend direkte als kleinere, weiss getüpfelte Spermie (Spermiogamete) dargestellt. Im weiteren tritt als eine unerlässliche logische Forderung hinzu die Annahme, dass jede Gametenart doppelt vorhanden sein muss; einmal im Sinne eines positiven Maximalwertes, das andere Mal im Sinne eines negativen Minimalwertes. Anders gesagt: die beiden Gameten einer Art repräsentieren die beiden Pole einer Intensitätsskala für ein und dasselbe bestimmte Merkmal. Auf den vorliegenden Fall der Geschlechtsgameten angewendet, sehen wir an Stelle von bloss zweierlei Sorten, deren viererlei, nämlich:

I. bezüglich der Eier:
- a) extrem weiblich veranlagte Eier (intensiv schwarz)
- b) schwach weiblich veranlagte, bezw. eher männlich disponierte Eier (schräg schraffiert).

II. bezüglich der Spermien: a) extrem männlich veranlagte Spermien (weiss getüpfelt)
b) schwach männlich veranlagte, bezw. eher weiblich disponierte Spermien (schräg schraffiert).

Die eigentlich prädominante sexuelle Vererbungstendenz ist jeweilen durch einen hinten beigesetzten Vertikalstrich in schwarz (= weiblich) oder weiss getüpfelt (= männlich) versinnbildlicht. Da wir nun soweit vorbereitet sind, können wir jetzt zur Besprechung der auf unserer Tabelle dargestellten theoretischen Vererbungsvorgänge schreiten. Entsprechend den viererlei vorhandenen Gliedern sehen wir vier Permutationsreihen vor uns, die im oberen Bilde angedeutet, im unteren jeweils ausmultipliziert und mit ihrem Resultate versehen sind. Das Schema digametischer Kreuzung lässt folgende vier Möglichkeiten zu:

c) weiblich veranlagtes Ei × männlich veranlagte Spermie
= Resultat: Gleichgewicht

d) weibl. veranlagtes Ei × weibl. veranlagte Spermie
= Resultat: weibl. Dominanz

a) männlich veranlagtes Ei × männl. veranlagte Spermie
= Resultat: männl. Dominanz

b) männl. veranlagtes Ei × weibl. veranlagte Spermie
= Resultat: Gleichgewicht
(sofern überhaupt eine Entwicklungschance geboten ist).

Das ergibt das in der untersten Linie ersichtliche Gesamtresultat, welches getreu dem intermediären Typus der ersten Mendel'schen Vererbungsregel drei Qualitätensortimente hervorgehen lässt: männlich (patroklin) $^1/_4$, — weiblich (matroklin $^1/_4$), mendelnd, d. h. äusserlich sexuell die Mitte inne haltend, innerlich jedoch teils männlich tendierend, teils weiblich (je $^1/_4$). Mit anderen Worten: Die theoretische Vorausberechnung führt bei unserem vorliegenden Schema digametischer Kreuzung zu dem Ergebnis, dass die Deszendenz hinsichtlich der Geschlechtsverteilung im Gleichgewichtzustand auftritt. Und dieses theoretische Ergebnis deckt sich nun ja mit der praktischen Erfahrung, dass wir im allgemeinen in Pflanzen- und Tierwelt, soweit überhaupt der sexuelle Gesichtspunkt in Betracht kommt,

männliches und weibliches Geschlecht sich numerisch die Wage halten sehen.

Wie kommen nun aber die Abweichungen vom intermediären Gleichgewichtszustand zwischen beiden Geschlechtern zu Stande und wie erklären sich die bald zum einen, bald zum andern Geschlecht hinneigenden, einseitigen Dominanzerscheinungen? — Ein Erklärungsweg wurde darin gesucht, dass man annahm, statt der beiden jeweiligen Gameten eines gegebenen Merkmalpaares könne unter Umständen etwa auf einer Seite bloss eine vorhanden, die andere hingegen unterdrückt sein. An Stelle der beidseitig digametischen Erbbeschaffenheit wäre dieselbe beispielsweise bloss beim Männchen vorhanden, während gleichzeitig das weibliche Geschlecht bloss einerlei Keimzellen aufweise, also homogametisch veranlagt ist. Das ist nun gerade das Verhältnis, wie es der Botaniker Correns aus seinen Bryoniaversuchen heraus lesen will. Er erklärt, wie wir gehört, die Bryonia dioica-Weibchen als homogametisch, bloss mit einer Sorte sexueller Gameten ausgerüstet, die Männchen derselben Pflanze als heterogametisch oder digametisch. Correns hat sodann eine andere Versuchsreihe angestellt, indem er weibliche Stöcke von der Wiesenlichtnelke, Melandrium album, mit Pollen der zwittrigen Silene viscosa befeuchtete und dabei bloss weibliche Bastarde erzielt. Hieraus und aus gewissen ähnlichen Experimenten anderer Botaniker an verschiedenen Pflanzen glaubt er eine verallgemeinernde Schlussfolgerung ableiten zu dürfen und den Befund *heterogametischer* Natur für das *männliche* Geschlecht und *homogametischer* Natur für das *weibliche* Geschlecht als Regel und Norm im Pflanzenreich annehmen zu sollen.

Unbeschadet der Achtung, welche wir dem auf diese Bryoniaexperimente verwendeten Scharfsinn zollen, fühlen wir uns zu dem Geständnis veranlasst, dass wir die Sachlage anders beurteilen und die ins Feld geführten Argumente nicht einwandfrei beweiskräftig ansehen in dem vollen Umfange und Sinne ihres Autors. Unseres Erachtens entspricht die von der Natur auf das Experiment erteilte Antwort nicht der Frage, welches von beiden Geschlechtern bei der Vererbung die Oberhand behalte, sondern auf das andere Problem, ob die Kreuzung zwischen den

beiden Bryoniaarten die Zweihäusigkeit, das diözische Verhalten, dominiere über die Einhäusigkeit. Die bejahend ausfallende Antwort betrifft mithin nicht die uns hauptsächlich interessierende Frage der Geschlechtsbestimmung, sondern die Frage der räumlichen Geschlechtsverteilung.

Versuche an Beispielen aus der Tierwelt.

Energische Bestrebungen zur Aufklärung des Geschlechtsproblemes sind von zoologischer Seite unternommen worden innerhalb der letzten 15 Jahre. Am meisten beliebte die Klasse der Insekten als Versuchsfeld. Es hängt dies natürlich mit dem Umstand zusammen, dass zum Ablauf des Entwicklungszyklus einer Generation durchschnittlich nicht eine allzu grosse Zeitdauer benötigt wird. Ausserdem eignen sich die Insekten vielfach wegen ihrer Anspruchslosigkeit in der Aufzucht und den geringen Raumbedürfnissen.

Zwei Beispiele aus der Insektenklasse sind es besonders, welche hier Erwähnung verdienen, im Hinblick auf die grosse Wichtigkeit, welche sie in der neueren Hereditätsliteratur erlangt haben und geradezu klassisch geworden sind. Das eine bezieht sich auf einen Schmetterling, den Stachelbeerspanner, Abraxas grossulariata, die andere auf eine in ihrer Larvenform fruchtbesiedelnde Fliege, Drosophila ampelophila. Beide wollen wir in Kürze behandeln, unterstützt von eigens für diesen Zweck angefertigten **Tabellen (10** und **12)**.

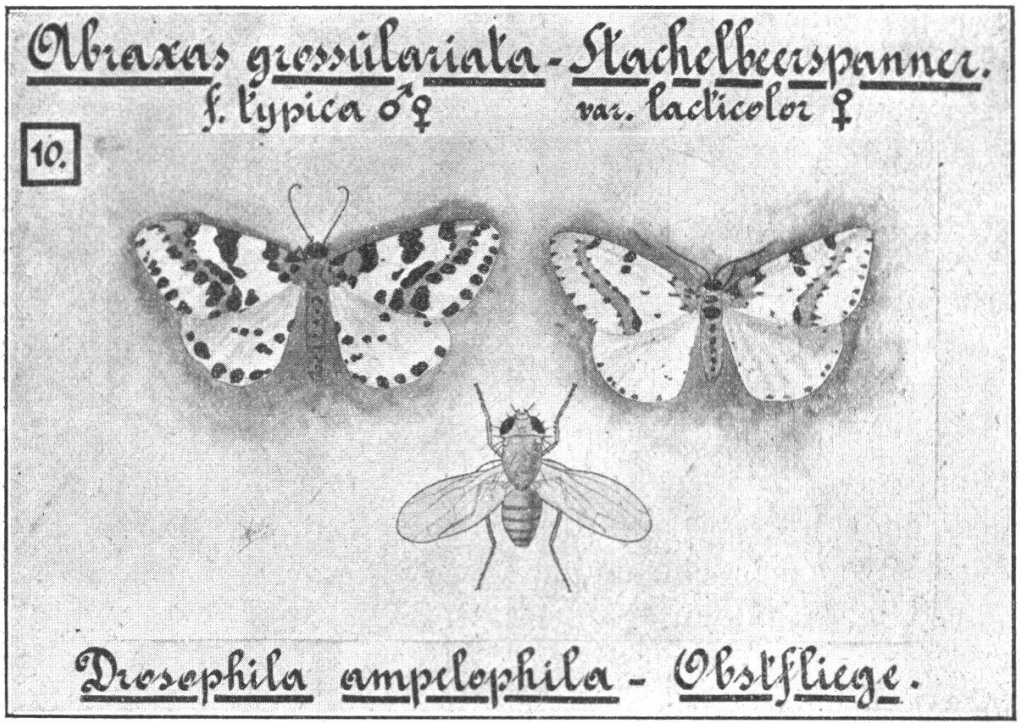
Der Stachelbeerspanner, *Abraxas grossulariata*, ist ein schön gezeichneter Schmetterling, der in seiner typischen Form bei einem weisslichen Grundkolorit eine längs über Vorder- und Hinterflügel ziehende breite Doppelbinde von schwarzen Kreisflecken zeigt, deren Mittelfeld von kräftig orangenfarbener Färbung ist. Neben dieser typischen Form, die in beiden Geschlechtern auch bei uns regelmässig angetroffen wird, tritt in England in freiem Naturzustande als grosse Seltenheit eine Varietät auf, die sich durch die Abbleichung der Färbung unterscheidet und wegen ihrer Milchfarbe die Benennnng lacticolor erhielt. Merkwürdigerweise konnte festgestellt werden, dass sämtliche Exemplare dieser Varietät lacticolor ausnahmslos weiblichen Geschlechtes zu sein pflegen.

Die englischen Forscher Doncaster und Raynor haben nun die angeführte Eigentümlichkeit der Dimorphie der Weibchen beim Stachelbeerspanner zu einer grossen Zahl von Experimenten verwertet, immer geleitet von dem Bestreben, dem Problem der Geschlechtsverteilung auf die Spur zu kommen.

Die hiebei ermittelten Tatsachen lassen sich in folgenden fünf Thesen resümieren.

1. Das lacticolor-Weibchen, gekreuzt mit dem typischen Männchen, ergibt Bastarde, die alle typisch gefärbt sind, dem

Tabelle 10.



Die beiden Insektenarten, welche hinsichtlich der Frage der Geschlechtsbestimmung klassisch geworden sind und die Vertreter zweier Vererbungstypen darstellen. (Abraxas-Typus und Drosophila-Typus.) Vom Stachelbeerspanner (obere Reihe) kommt die rechts abgebildete, abgebleichte Varietät lacticolor im Freien bloss in weiblichen Exemplaren vor. In ähnlicher Weise zeigt sich bei der amerikanischen Obstfliege (unten) der Besitz roter Augen auch stets als sogenanntes geschlechtsgebundenes Merkmal. Vergleiche hiezu Tabelle 12. (Original von stud. Walther Göldi.)

Geschlechte nach jedoch das numerische Gleichgewicht erkennen lassen.

2. Ihre durch Inzucht entstandene Nachkommenschaft (also das, was man in der Vererbungslehre die zweite filiale Generation,

F. 2., nennt) besteht aus lauter typischen Männchen und aus Weibchen, welche zur Hälfte typisch gefärbt, zur Hälfte lacticolor sind.

3. Kreuzt man dagegen Männchen dieser Bastarde F. 1 wieder mit lacticolor-Weibchen, so ergeben sich viererlei Sorten von Stachelbeerspannern: Männchen und Weibchen, von denen beiden jedesmal etwa die eine Hälfte das typische Kolorit hat, während die andere Hälfte lacticolor ist. So treten denn jetzt auch die (in freier Natur nicht zu beobachtenden) lacticolor-Männchen in Erscheinung.

4. Diese neuen lacticolor-Männchen erzeugen jedoch bei Kreuzung mit Weibchen aus der ersten Generation F. 1 nur typische Männchen und nur lacticolor-Weibchen.

5. Endlich liefern diese neuen lacticolor-Männchen mit den lacticolor-Weibchen nur Nachkommen, die lacticolor sind, zur Hälfte Männchen, zur Hälfte Weibchen.

Aus dieser, ohne Zuhilfenahme einer ausführlichen, erklärenden Tabelle nicht so leicht sofort zu überblickenden Versuchsreihe und ihren Ergebnissen ist nun folgender Schluss gezogen worden:

Die *Weibchen* des Stachelbeerspanners sollen *heterogametisch* sein, d. h. zweierlei Eier hervorbringen, die einen mit männlicher, die andern mit weiblicher Tendenz, während die Männchen bloss einerlei Gameten zu liefern, also *homogametisch* veranlagt zu sein scheinen.

Damit wäre genau der umgekehrte Fall gegeben zu dem bei der Zaunrübe vorliegenden Verhalten. Zu ähnlichem Resultate ist Goldschmidt gelangt bei seinen Experimenten mit einem anderen Schmetterling, dem Schwammspinner Lymantria dispar und der zugehörigen Varietät japonica. Ferner haben eine Deutung in demselben Sinne erfahren die Versuche an Hühnern und Kanarienvögeln, welche von mehreren englischen und nordamerikanischen Autoren angestellt wurden (Bateson, Miss Durham, Davenport, Morgan).

Man sollte nun meinen, dass dasselbe Verhältnis wenigstens für die gesamte Insektenklasse, wo nicht für die ganze Tierreihe überhaupt Gültigkeit haben werde. Mit nichten. Sowohl von den gleichen Forschern als von anderen unternommene Versuche

haben gezeigt, dass es selbst in der Insektenreihe anders verlaufende Beispiele gibt. Der Amerikaner Morgan hat bei der Obstfliege Drosophila ein Verhältnis konstatiert, das mit der Deutung von Correns für seine Bryoniaexperimente übereinstimmen würde: einerlei Eier und zweierlei Spermatozoiden d. h. *Homogametie* des Weibchens, *Heterogametie* des Männchens. Die zu den bezüglichen Vererbungsexperimenten verwendete amerikanische Drosophila-Art — zwei Arten dieser Fliegengattung kommen auch bei uns vor — zeigt neben rotäugigen Exemplaren auch eine Rasse mit weissen Augen, welche indessen stets aus Individuen männlichen Geschlechtes bestehen soll. Da hier Weissäugigkeit gleicher Weise ein sogenanntes «geschlechtsgebundenes Merkmal» darstellt, dieses Mal gekoppelt mit männlicher Sexualveranlagung, wie im vorigen Falle die Koloritausbleichung bei der lacticolor-Rasse des Stachelbeerspanners, wo die Koppelung an den weiblichen Typus gebunden ist, so eignet sich eben auch diese Insektenart zu Züchtungsversuchen, bei denen das Geschlechtsproblem im Vordergrunde des Interesses steht. Bei dieser Gelegenheit sei die Bemerkung eingeschaltet, dass durch Goldschmidt auf Grund von Vererbungserfahrungen bei gewissen Erkrankungen die Annahme gemacht worden ist, dass auch für den Menschen der Drosophila-Bryoniatypus zutreffe, mithin das *männliche* Geschlecht als das *heterogametische* anzusehen sei. Gemeinverständlich ausgedrückt würde dies bedeuten, dass dem *Weib* die *ein*geschlechtige Erbveranlagung zukomme, dem *Mann* dagegen die *beid*geschlechtige, zwittrige, hermaphroditische.

Nicht ohne Befremden wird man Kenntnis nehmen von dem überraschenden Umstande, dass also in Bezug auf die Sexualitätsveranlagung seitens der Vererbungslehre angenommen wird, systematisch nahe verwandte Lebewesen können sich diametral entgegengesetzt verhalten, während systematisch weit von einander abstehende Geschöpfe dasselbe Schema befolgen. Unwillkürlich muss da ein gewisses Bedenken wach werden, ob unter solchen Umständen der im Mittelpunkt unserer Diskussion stehenden Fragestellung die vorausgesetzte prinzipielle Wichtigkeit zukomme und ob überhaupt da von einem eigentlichen umfassenden, biologischen Naturgesetz noch gesprochen werden könne.

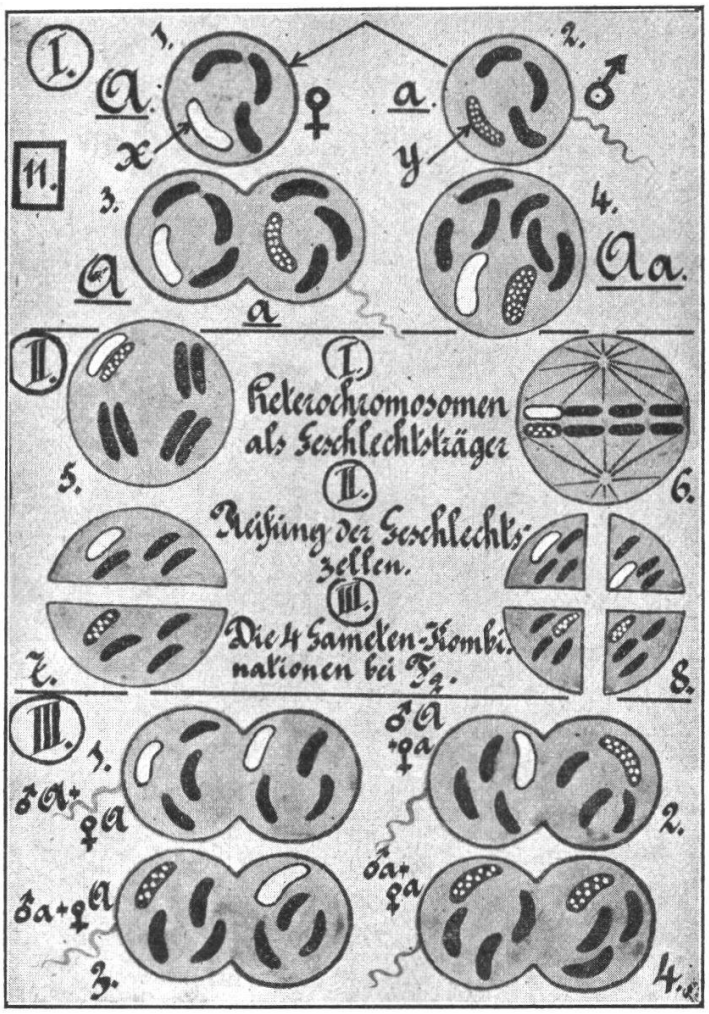
* * *

Wir haben uns nunmehr mit der Besprechung der Geschlechtsbestimmung vom cytologischen Standpunkte aus zu befassen. Auf diesem Gebiete ist ein gewaltiges Schaffen aus den jüngsten Jahren zu melden, hüben und drüben des Ozeans —, und das «fervet opus» lässt alles eher als ein Abflauen erkennen.

Schlüssel zum allgemeinen Verständnis des Nachfolgenden ist die schon lange gehegte Vermutung und mehr und mehr zur Ueberzeugung erstarkte Erkenntnis, dass im Zellkern der Geschlechtszellen der eigentliche *Träger* der *Vererbung* vorliege und dass folglich auch die Bestimmung des Geschlechtes dort ihren Sitz haben werde. Das Wesentliche aus der Lehre von der Zelle muss ich als bekannt voraussetzen. Das, worauf es sodann augenblicklich im speziellen noch ankommt, hoffe ich jedoch durch eine besondere schematische **Tabelle (11)** leidlich veranschaulichen zu können: in den drei Serien von entwicklungsgeschichtlichen Vorgängen sollten alle zum Begreifen wesentlichen Punkte zum Ausdruck gelangen. Begeben wir uns mit einem Satze mitten in die Szenerie, gerade im Momente der kritischen Kernteilungsvorgänge. Es wird nützlich sein, zum vorneherein darauf vorzubereiten, dass das eigentliche Neue der cytologischen Forschung, welches den Fortschritt der letzten $1^1/_2$ Jahrzehnte darstellt, darin besteht, dass der Prozess der Kernaufteilung bei der Zellaufspaltung der Geschlechtszellen gewisse Assymetrieerscheinungen erkennen lässt in morphologisch, gegenüber den normalen, unterscheidbaren Partikeln der Kernschleife, den sogenannten «x-, beziehungsweise y-Chromosomen». In dem Verhalten dieser winzigen Partikel der Kernschleife in den Geschlechtszellen oder Gameten wird das regulierende Prinzip beim Ausfall in der Geschlechtsbestimmung erblickt.

Die erste Serie unserer Tabelle bezweckt gerade, uns diese wegen ihres verschiedenartigen Aussehens «Heterochromosomen» genannten Kernpartikel in ihrer Rolle als Geschlechtsträger vorzustellen. Links ist eine mütterliche Eizelle, rechts eine väterliche Samenzelle, natürlich durchaus schematisiert in jeder Beziehung. Es handelt sich im vorliegenden theoretischen Falle um die Geschlechtsprodukte eines Tieres oder einer Pflanze

Tabelle 11.



Schemata zur Erklärung der Annahme, dass bestimmte Eigenschaften, also auch das Geschlecht, an bestimmte Chromosomen (Fragmente der Zellkernschleife in den Geschlechtszellen) gebunden sein sollen und um zu zeigen, wie dies vererbungstheoretisch zu denken ist. In der obersten Querserie (I: Heterochromosomen als Geschlechtsträger) sehen wir eine weibliche Geschlechtszelle, ein Ei, ausgerüstet mit einer Kerngarnitur von drei gewöhnlichen Chromosomen (schwarz) und einem abweichenden Geschlechtschromosom x (weiss) zusammentreten mit einer männlichen Geschlechtszelle, einem Samenfaden, entsprechend ausgerüstet mit einer Kerngarnitur von drei gewöhnlichen (schwarzen) Chromosomen und einem besonderen Geschlechtschromosom y (weiss getüpfelt). Die untere Zeile macht den Chromosomenbestand der Zygote ersichtlich. — Die mittlere Querserie (II: Reifung der Geschlechtszellen) bedarf keiner weitern Erklärung. — Bezüglich der unteren Querserie (III: Die vier Gametenkombinationen) ist darauf aufmerksam zu machen, dass sie an dem Chromosomenverhalten in anderer Form denselben Gedanken zu veranschaulichen sucht, welcher in dem digametischen Schema auf Tabelle 9 zum Ausdruck gelangte. (Nach Correns abgeändert und vervollständigt von E. A. Göldi.)

mit acht Chromosomen in ihren Körperzellen*) (diploïde Zahl), wobei es ersichtlicher Weise auf jede Geschlechtszelle vermöge der voraufgehenden Zellen- und Kernaufspaltung eben bloss noch vier Chromosomen trifft (haploïde Zahl). Die gewöhnlichen Chromosomen, die normalen Kernschleifenstücke, jeweilen drei an der Zahl, sind durch schwarze Farbe hervorgehoben. Das anormale Schleifenteilstück, das Heterochromosom, ist in der weiblichen Eizelle hell gehalten, dasjenige in der männlichen Samenzelle weiss getüpfelt. Wenn das eine Heterochromosom von der derzeitigen Zellforschung als «x-Chromosom» bezeichnet wird, wird das andere entsprechend als «y-Chromosom» angesprochen. Treffen nun die beiden Gameten von Gross-*A* (Mutter, Fig. 1) und von klein-*a* (Vater), Fig. 2, zusammen bei der Kreuzung, so vereinigen sich ihre Zellkörper und gleichzeitig ihre beiderseitigen, sogenannten «Chromosomen-Garnituren». Das Zeugungsprodukt *A a* (Fig. 3), das zum neuen (Fig. 4) Individuum auswächst, hat somit wieder die vollständige Chromosomengarnitur von im ganzen acht Teilstücken, sechs normalen plus den beiden Heterochromosomen.

Die zweite Serie unserer Tabelle belehrt uns über die Einzelheiten bei der Reifung der Geschlechtsprodukte. Ausgangspunkt ist das sogenannte Synapsis-Stadium (Fig. 5, vorn, dritte Zeile), auf welchem die gleichwertigen väterlichen und mütterlichen Chromosomen paarweise angeordnet sind. Die nächste, Fig. 6, zeigt uns die sogenannte «Reifungsspindel», welche die erste oder Aequationsteilung einleitet. Zwischen den beiden polaren Centrosphären ordnet sich in äquatorialer Richtung die paarig gruppierte Chromosomengarnitur. Ueber die Folgen der nachfolgenden Zellteilungen orientieren uns die beiden anderen

*) Solche acht-chromosomige Tiere sind z. B. Coronilla unter den Fadenwürmern (Nematoden); unter den Pflanzen reihen sich hier ein die beiden Laubmoose Pallavicinia und Anthoceras. Bezüglich der Chromosomenzahl des Menschen äussert sich Weismann: «Beim Menschen sind die Chromosomen so klein, dass ihre Normalziffer nicht ganz sicher steht; man hat 16 gezählt.» (Vorträge üb. Desc. pag. 238.) Die Chromosomenzahl von 16 besitzen mehrere Würmer, Insekten, Tunicaten, die Nacktschnecke Limax, anscheinend auch die Ratte, unter den Pflanzen die Kiefer und eine Anzahl von Angiospermen, worunter der Weizen und der Knoblauch. (Hertwig, All. Biologie, p. 224.)

Figuren: Fig. 7 zeigt uns die zwei äquatorial auseinander gewichenen Tochterzellen, mit je vier Chromosomen, wobei drei normale und je ein Heterochromosom, das «x-Chromosom» in der oberen, das «y-Chromosom» in der unteren. Fig. 8 veranschaulicht, dass die nächste axiale Teilungsebene zwar vier Tochterzellen hervorgehen lässt, aber nichts mehr Wesentliches in der Qualitätsverteilung der Chromosomen im Gefolge hat; bloss quantitativ wird dagegen die obere Tochterzelle, mit dem x-Chromosom, in zwei gleichartig garnierte abgeteilt, und entsprechend die untere, mit dem y-Chromosom.

Auf der dritten Serie unserer Tabelle können wir die vier Kombinationsmöglichkeiten kennen lernen, welche für die so entstandenen Gameten hinsichtlich der zweiten filialen Generation vorhanden sind. Im Vorbeigehen sei auf den innigen Zusammenhang aufmerksam gemacht, welcher zwischen dieser dritten Serie und dem Schema digametischer Kreuzung auf früherer Tabelle (9) besteht; sie beschlagen eigentlich denselben Gedankengang, nur bietet diese 3te Serie den genauen Ausbau der viererlei Gametenkoppelungen unter dem speziellen Gesichtswinkel der Chromosomentheorie. — Die vorderste Figur 1 zeigt den Fall der Kreuzung zwischen Eizelle und Spermafaden, beide garniert mit demselben x-Chromosom (also ganz ähnlich der oberen Hälfte von Fig. 6, bloss mit opponierten Geschlechtern). (Das Verhältnis entspricht dem Fall d auf der digametischen Tabelle.) Die folgende Filgur *(2)* orientiert über die Kreuzung zwischen väterlicher Keimzelle, mit x-Chromosom, und mütterlicher mit y-Chromosom, entsprechend den Garnituren in der Vorderreihe des oberen und unteren Quadranten bei Fig. 6. (Die Sachlage deckt sich mit dem Fall *b* auf der digametischen Tabelle.) — Die *3*te Figur bietet das ausgewechselte Gegenstück: (Kreuzung der Garnitur im oberen und unteren Quadrant von Figur 8.) (Die Sachlage ist inhaltlich kongruent mit Fall c auf der digametischen Tabelle.)

Die *4*te Figur zeigt die Kreuzung der beiden unteren Quadranten, mit opponierten Geschlechtern; in beiden Geschlechtern dieselbe, männlich tendierende, y-Heterochromosomengarnitur. (Somit analog dem Falle *a* auf der digametischen Tabelle.)

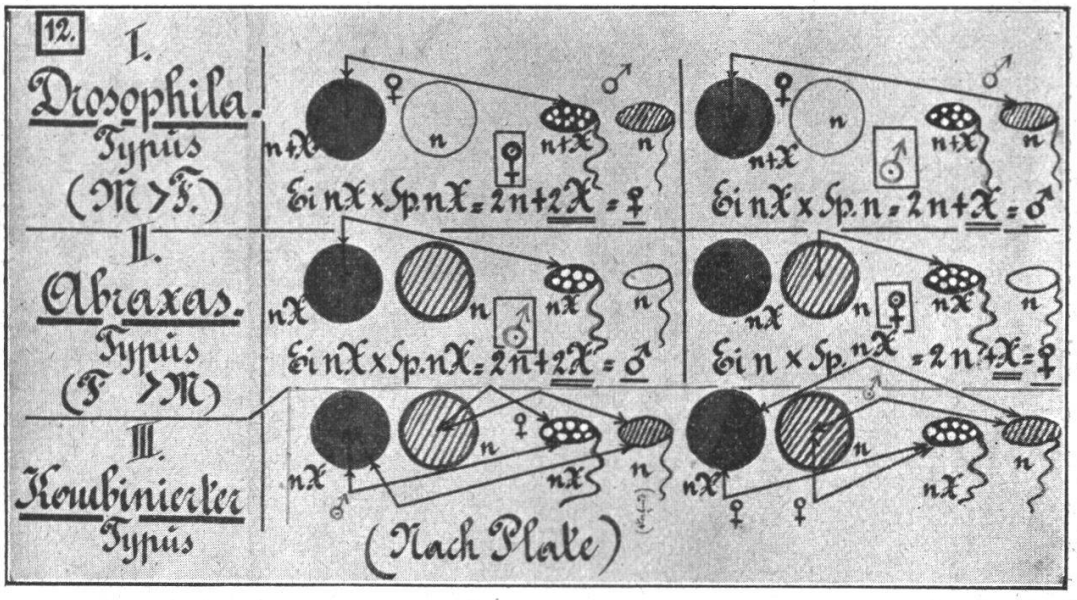
Das Verdienst zum erstenmale die Beziehung zwischen Heterochromosomen und Geschlechtsbestimmung erkannt zu haben, gebührt dem Nordamerikaner Mc. Clung. Indessen ist es sein Landsmann E. B. Wilson und dessen Schule gewesen, welcher durch bewundernswerte Spezialstudien das meiste zum Ausbau vom gegenwärtigen Standpunkt in der Chromosomentheorie beigetragen. Erwähnenswert ist, dass es namentlich Insekten und zwar verschiedene Arten aus der Familie der Blattwanzen sind, welche vorzugsweise als Untersuchungsobjekt herhalten mussten. So ist denn z. B. von einem Lygaeustypus, von einem Protenortypus, Anasa-, Pyrrhocoris-, Nezaratypus u. s. w. die Rede.

Doch steht nunmehr unsererseits eigentlich noch die Hauptaufgabe aus, nämlich die Aufklärung, inwiefern diese Chromosomenlehre über das Problem der Geschlechtsbestimmung Licht zu verbreiten vermöge. Glücklicherweise lässt sich der Kern der Sache in ein paar Sätzen zusammenfassen. Es hat sich ergeben, dass bei den Geschlechtsprodukten obgenannter Insekten jeweilen zweierlei Sorten vorhanden sind, also zweierlei Eier und zweierlei Spermafäden. Dieselben unterscheiden sich eben in bestimmten Einzelheiten ihrer Chromosomengarnitur, also durch Besitz, beziehungsweise Mangel, jener abweichend gestalteten Kernaufteilungsgebilde, die wir vorhin als Heterochromosomen bezeichnen hörten. Gleichzeitig hat man nun auch herausgefunden, dass Besitz, beziehungsweise Mangel, dieser Gebilde mit einer für jede Tierart bestimmten Koppelung des einen oder andern Geschlechtes verknüpft ist. Und hierin liegt gerade ihre theoretische Wichtigkeit. Bald weisen beide Geschlechter ihre besonderen Chromosomen auf — sie heissen dann, wie bereits gesagt, x-Chromosom und y-Chromosom —, bald ist es nur eines der Geschlechter, dessen eine Gametensorte in ihrer Garnitur ein x-Chromosom erkennen lässt, während die andere Sorte ohne entsprechenden Partner bleibt.

In einer besonderen **Tabelle (12)** soll jetzt demonstriert werden, wie Plate, einer der produktivsten neueren Schriftsteller auf vererbungstheoretischem Gebiete, sich die Anwendung der Geschlechts-Chromosomentheorie zurechtlegt, im speziellen Hinblick auf die Frage der Geschlechtsbestimmung und Geschlechts-

vererbung (1913). Hiebei bedient er sich der beiden, uns bereits vertrauten, Beispiele vom Stachelbeerspanner, Abraxas, und von der Obstfliege Drosophila, die, wie erinnerlich, im Antipodenverhältnis stehen. *Drosophila* (obere Zeile) besitzt zweierlei Spermien, mit und ohne «x-Chromosomen» und einerlei Eier, mit «x-Chromosom». Als vererbungstheoretische Voraussetzung wird hier angenommen: Männlichkeitsfaktor epistatisch über Weiblichkeitsfaktor. Die vordere Hälfte der Linie zeigt, wie aus der Kreuzung von homogametischem Ei mit «x-Chromosom» und männlich veranlagter Spermie mit x-Chromosom ein weib-

Tabelle 12.



Schema, mit welchem Prof. Plate sich das Zustandekommen der beiden geschlechtsgebundenen Vererbungstypen von Drosophila einerseits, und Abraxas andererseits theoretisch zu erklären sucht. Die Signaturen entsprechen in ihrer Bedeutung denjenigen auf Tabelle 9. — Da ich mich nicht entschliessen konnte, Digametie jeweilen bloss für das eine der beiden Geschlechter vorauszusetzen, habe ich wenigstens durch Beifügung einer leer gelassenen Umrisslinie meiner Ansicht Ausdruck zu verleihen gesucht. (Nach Plate leicht modifiziert von E. A. Göldi.)

liches Produkt hervorgeht. Die hintere Hälfte der Linie lehrt dagegen, dass aus der Verbindung von Drosophila-Ei mit x-Chromosom und weiblich veranlagter Spermie (ohne x-Chromosom), ein männliches Produkt resultieren soll.

Umgekehrt der Schmetterling *Abraxas* (2. Zeile). Vererbungstheoretische Voraussetzung ist: Dominanz des Weiblichkeitsfaktors über den Männlichkeitsfaktor. Es sind zweierlei Sorten von Eiern vorhanden, eine mit x-Chromosom und eine andere ohne solche. Von Spermien ist nur eine Sorte da, solche mit x-Chromosom. Die vordere Hälfte lehrt, wie aus der Kreuzung von x-Chromosom-Ei mit x-Chromosom-Spermie ein männliches Produkt hervorgeht, während die hintere Hälfte als Produkt aus x-chromosomlosem Ei und x-Chromosom-Spermie ein Weibchen erkennen lässt.

In ihrer Gesamtheit übersehen können wir aus den auf unserer Tabelle veranschaulichten Annahmen Plate's über Geschlechtsvererbung bei den beiden klassischen Insektenbeispielen Drosophila und Abraxas folgendes Fazit herauslesen: 1. Die Rolle der Chromosomen bei der Geschlechtsregulierung ist wahrscheinlich gemacht. 2. Da aus den beigesetzten rechnerischen Formeln sich ergibt, dass bei gleichem absolutem Gesamtbetrag von x-Chromosomen aus der Summe beidseitiger Gameten beim einen Insekt (Drosophila) ein weibliches Individuum hervorgeht, während beim anderen Insekt (Abraxas) ein männliches Individuum entsteht, ist zu folgern, dass die Bedeutung der Chromosomen in ihrer Qualität und Intensität und in ihrem Verteilungsmodus liegen wird, nicht aber in ihrer Zahl und Quantität. Soweit können wir die Plate'sche Erklärung akzeptieren. In den übrigen Einzelheiten möchten wir nicht auf ihre Richtigkeit schwören. Es mag zwar als unschicklich erscheinen, an fremden Elaboraten Kritik zu üben, ohne auf eigene Spezialstudien sich stützen zu können, aber gegenüber von offenkundigen logischen Mängeln muss sie zulässig sein.

Nach unserem Gefühle ist am Plate'schen Erklärungsschema zu beanstanden, dass er, um Vererbungsexperiment mit Chromosomenlehre auch äusserlich in Einklang zu bringen, zweierlei Gametensorten jeweils bloss für eines der beiden Geschlechter annimmt, dagegen bloss eine Gametensorte für die andere. Das ist für denjenigen, der die Entwicklungsgeschichte der Hereditätslehre begleitet hat, die leicht ersichtliche Folge jener fatalen, sogenannten «Presence- und Absence-Theorie», die ich als gänzlich verfehlt und als einen Hemmschuh wissen-

schaftlichen Fortschrittes betrachte. Ich stehe nicht an, schon vom rein logischen Standpunkte aus es als ein Unding zu bezeichnen, wenn man als antagonistische Merkmalpaare Gelb und Abwesenheit von Gelb, oder Männlich und Nichtmännlich in der Terminologie der Erbformeln anwendet. Denn ich behaupte, dass wo nichts ist, auch nichts vererbt werden kann. Zulässig erachte ich bloss Merkmalpaare, wie «stark gelb und schwach gelb, ausgesprochen männlich und schwach männlich» u. s. w. Das führt uns zu der prinzipiellen Forderung konsequenter Anwendung digametischer Ausdrucksweise, zumal wo es sich, wie im vorliegenden Falle, um graphische Darstellung handelt. Nach unserer Ueberzeugung sind also im jeweiligen Kreuzungsfalle zweierlei männliche Gameten und zweierlei weibliche, vorauszusetzen, selbst da, wo sie nicht in die äusserliche Erscheinung treten, — wenigstens nach bisherigem wissenschaftlichem Stand.

Sollen wir unsere persönliche Stellungnahme genauer definieren, so müssen wir uns folgendermassen äussern: dem Goldschmidt'schen Satz, «dass eine der überraschendsten Tatsachen der Zellforschung die sei, einerseits eine hochinteressante Parallele zwischen Chromosomenverhältnissen und Mendel'schen Gesetzen herzustellen und dann von der gleichen Seite her die Brücke zum Geschlechtsproblem zu schlagen», finden wir gerechtfertigt. Die Freude, in gewissen Chromosomensorten der Keimzellen bei so und so vielen Tierarten, namentlich Würmern und Insekten, die äusserlich sichtbaren Träger der Geschlechtsbestimmung nachgewiesen zu haben, ist den Cytologen zu gönnen. Und begreiflich ist es, wenn sie triumphierend verkünden, «dass der grösste Fortschritt, den die Erforschung des Geschlechtsproblems in der Neuzeit zu verzeichnen habe, eben in der Verknüpfung von der modernen Vererbungslehre mit der Chromosomendoctrin bestehe.» Wir nehmen ihren Inhalt an, immerhin unter einer ausdrücklichen Reserve: mit dem Nachweise des Zusammenhanges zwischen äusserlich sichtbaren Heterochromosomen in den Gameten und der Geschlechtsbestimmung in einer Anzahl von Fällen ist vom Geschlechtsproblem wohl eine Seite beleuchtet, aber keineswegs das Ganze in seinem vollen Umfange. Wenn in allen jenen Fällen das digametische Verhalten regel-

mässig mit dem Auftreten von Heterochromosomen verknüpft ist, so braucht eine solche Begleiterscheinung deshalb noch nicht eine notwendige Voraussetzung von allgemeiner Gültigkeit zu sein. Mit anderen Worten: so gut als man zweierlei Gameten für jeden Erbfaktor als logische Notwendigkeit schon vor der Entdeckung der Heterochromosomen annahm, bedarf man dieser Annahme auch fernerhin überall da, wo Heterochromosomen bisher noch nicht aufgefunden wurden. Die äusserliche Unterscheidung der beiderlei Gametensorten mag ja da und dort noch gelingen, vielleicht auch nicht; sicherlich würde es aber mit Ernst und Würde wissenschaftlicher Forschung schlecht vereinbar sein, etwas an und für sich wohl Mögliches in Abrede zu stellen, bloss deshalb, weil man es mit den bisherigen Mitteln nicht zu finden vermochte.

In welcher Richtung eine Beseitigung des scheinbaren Widerspruches denkbar ist, wollen wir in Nachfolgendem zeigen.

* * *

In jüngster Zeit hat ein junger Zoologe und Landsmann, Dr. Emil Witschi in Basel, bemerkenswerte Studien «über die Geschlechtsbestimmung bei Fröschen» unternommen. Anlehnend an Untersuchungen von Hertwig und Goldschmidt ist er auf verschiedenen Wegen sowohl den innern Erbfaktoren, als den Aussenfaktoren des umgebenden Milieu's in ihren Wirkungen auf den Ausfall des Geschlechtes nachgegangen. Aus seinen Ergebnissen und Schlussfolgerungen sind in Hinsicht auf vorliegendes Thema namentlich folgende besonders interessant und förderlich: 1. Es scheint beim Frosch im allgemeinen *Heterogametie* des Männchens und *Homogametie* des Weibchens zu bestehen (also Drosophilatypus). 2. Wie für jeden Erbfaktor neben der Qualität auch eine Intensitätsskala besteht, an der die einzelne Gamete einen bestimmten Potenzgrad einnimmt, unterscheiden sich die Faktoren für Männlichkeit und Weiblichkeit durch verschiedene epistatische Minima. Wenn beispielsweise für Weiblichkeit theoretisch die Zahl bei 7 liegt, so fällt er für Männlichkeit auf 5. Junge Tiere, bei welchen die Gameten unterhalb dieser Intensitätsgrenze liegen, sind noch hermaphroditisch veranlagt. 3. Wie durch Aussenfaktoren das Wachstum im allge-

meinen beeinflusst werden kann, ist auch eine gewisse Beeinflussung in der Geschlechtsbestimmung möglich. Dieselbe entsteht vermöge einer gewissen Verschiebbarkeit an der Intensitätsskala der Erbfaktoren und speziell der Grenzzone zwischen den epistatischen Minima für Männlichkeit und Weiblichkeit. Dementsprechend sind die recht verschiedenen sexuellen Abstufungen zu erklären, welche sich zwischen gleichaltrigen Fröschen aus verschiedenen Lokalitäten und Höhenlagen bei genauerer anatomischer Untersuchung wahrnehmen lassen. 4. Bezüglich der geschlechtsbestimmenden Innenfaktoren ergab sich das merkwürdige Resultat, dass den diversen Regionen des Keimdrüsenepithels eine lokalisierte Wirkung entspricht, indem sie verschiedene Geschlechtstendenzen zu erkennen geben. (Ich bin persönlich zur Annahme dieser Auffassung um so eher geneigt, als ich Gelegenheit hatte, im tropischen Südamerika auf botanischem Gebiete Beobachtungen an Carica papaya, dem sog. Melonenbaum zu machen, welche eine übereinstimmende Erklärung zulassen. Uebrigens war ich durch eine landläufige Behauptung auf dieses merkwürdige Verhältnis aufmerksam geworden.)

Witschi glaubt auf Grund seiner eigenen Untersuchungen an Fröschen und mit dem Hinweise auf die Ergebnisse von Baltzer am marinen Spritzwurm oder Gephyreen Bonellia, bei noch undifferenzierten Larvenzuständen den hermaphroditischen Zustand als Regel annehmen zu sollen; die sexuelle Abstimmung für Männlich oder Weiblich erfolge erst metagam. Damit stellt er sich auf den von der neueren experimentellen Biologie überhaupt allgemein angenommenen Boden: die Zwittrigkeit wird als indifferentes Stadium angesehen, aus welchem sich einerseits männliche Geschlechtsveranlagung, andererseits weibliche herausgebildet haben im Laufe phylogenetischer Entwicklung. Und wenn somit die neueren Forscher auch wieder mehrfach (bei Rana, Bonellia etc.) die Wahrnehmung machen konnten, dass beim Optimum vorteilhafter Aussenfaktoren und günstiger innerlicher Situierung der Keimorgane an Stellen reichlichster Nahrungszufuhr weiblich veranlagte Deszendenz fühlbar das Uebergewicht erlangt und wenn die Entstehung männlicher Geschlechtsorgane vielfach unter Bedingungen erfolgt, welche

zur Bildung der weiblichen nicht hinreichen, so befinden wir uns bei der Untersuchung über den gegenwärtigen Stand des Geschlechtsproblemes mit unserem Gedankengang genau in Richtung und Bahn, die Göthe's prophetischer Blick vor hundert Jahren vorgezeichnet in seinem denkwürdigen Essai über die «Urpflanze».

Beachtenswert ist in dieser Hinsicht auch noch der bei Prothallien von Farnen experimentell erbrachte Nachweis, dass die männlichen Organe (Antheridien) allgemein geringere Ansprüche an die Ernährung machen, als die weiblichen (Archegonien).

Wir eilen dem Schlusse entgegen. Den von Witschi an der Entwicklung der Sexualität der Frösche gewonnenen, neuen Ergebnissen und Gesichtspunkten kommt nun nach unserer Meinung eine willkommene Förderung des gesammten Fragenkomplexes und eine allgemeinere Bedeutung zu. Witschi hat zunächst für Frösche nachgewiesen, dass die sogenannte Geschlechtsrelation nicht eine für die Art starre Ziffer darstellt, sondern dass ihr eine gewisse, durch Aussen- und Innenfaktoren bedingte Variationsbreite zuerkannt werden muss. Die Geschlechtsrelation ist nicht zu vergleichen mit der fixen Nullmarke aussen an der Glasröhre unseres Thermometers, sondern mit der Kuppe der Quecksilbersäule, deren Stand den Gang der Wärme begleitet und sich nach den thermischen Faktoren der Umgebung veränderlich erweist. Die verändernde Wirkung von mehreren Aussenfaktoren konnte direkt experimentell festgestellt werden: es ist Witschi gelungen, für diese Oszillationen eine ziffermässige Grundlage zu schaffen, die entschieden viel Wahrscheinlichkeit für sich hat und zum Ausgangspunkt künftiger Spezialstudien werden dürfte. Andauernde Wärme, Kälte, Nahrungsmangel, das relative und absolute Alter, sowohl der Geschlechtstiere selbst, als der jeweiligen Schicht von Geschlechtsprodukten und andere Faktoren mehr bringen es zustande, dass die epistatischen Minima für Männlichkeit und Weiblichkeit beim Frosch und die vorhin angegebene allgemeine Wertigkeit von 5 und 7 je nach den Umständen in einem gewissen Betrage innerhalb eines noch zu bestimmenden Grenzrayons oszillieren. Einen Vorteil dieser Theorie erblicke ich darin, verständlich zu machen, dass wenn

die Grenzmarke zwischen Männlichkeit und Weiblichkeit prinzipiell so nahe liegen kann, wie im vorliegenden Fall des Frosches, wo sie bloss um zwei Intensitätseinheiten an der Skala absteht, dann auch nicht erwartet werden kann, dass äusserlich sichtbare, wesentliche Unterschiede in der Chromosomengarnitur der Geschlechtszellen zu erkennen seien. Allerlei Anzeichen mehren sich, dass man mit der sog. «Geschlechtsrelation» in der bisherigen Fassung als einer fixen Zahl und eines starren Operationsbegriffes mehr Naturrätsel schafft, als auflöst. Wenn man z. B. für den Menschen gewöhnlich die Sexualitätsziffer von 106 Männchen auf 100 Weibchen angegeben findet — dieselbe Zahl hat im Pflanzenreiche das Bingelkraut (Mercurialis annua) —, so kommen doch eigentlich drei solcher Relationen in Betracht, die ein recht verschiedenes Gesicht aufweisen: vor der Geburt sind nämlich durchschnittlich zirka $^1/_3$ mehr männliche Embryonen vorhanden;*) bei der Geburt besteht immer noch ein Verhältnis von 106 Knaben auf 100 Mädchen; nach der Geburt, während des Heranwachsens, wird die Männlichkeitsziffer immer ungünstiger und sinkt schliesslich unter 100 herab, auf 97 und noch weniger. Verschiedene Rassen, verschiedene geographische Lage und Breite, verschiedene Zeitläufte und Schwankungen in der öffentlichen Wohlfahrt beeinflussen übrigens in notorischer und statistisch nachgewiesener Weise diese theoretischen Ziffern. Es ist Ihnen erinnerlich, dass im Schosse unserer Gesellschaft Herr Dr. Surbeck, unser eidg. Fischereiinspektor, noch unlängst über die interessante und etwas fatale Tatsache berichtete, wie die Geschlechtsrelation bei unseren ökonomisch wichtigeren Zuchtfischen in den Schweizergewässern neuerdings eine bedenkliche Verschiebung nach überwiegender Männlichkeit hin erkennen lässt.

In einer vor bald 30 Jahren erschienenen Abhandlung von Düsing, betitelt «Die Regulierung des Geschlechtsverhältnisses» ist ein gewaltiges, statistisches Material ver-

*) Die diesbezüglichen mir zur Verfügung stehenden Angaben über die Geschlechtsrelation bei Fehlgeburten und tot geborenen Kindern schwanken zwischen 160 Knaben zu 100 Mädchen (Maximalwert) und 132 : 100 (Minimalwert). Für die Schweiz speziell soll das Verhältnis von 135 : 100 bestehen (nach Bodio L., Movimento della populazione. Confronti internazionali 1895).

arbeitet, das auch den Menschen einbegreift. Darin ist vieles angedeutet, was einem erst heute auf Grund der verbesserten naturwissenschaftlichen Forschungsmethoden, speziell der experimentellen Biologie, erklärlich und verständlich wird. Ein Punkt namentlich hat auf mich einen nachhaltigen Eindruck ausgeübt: das statistische Beweismaterial, dass Zeiten des Krieges, der Teuerung und der Missernte von einer Sexualitätsverschiebung zu Gunsten männlicher Geburten begleitet zu sein pflegen.

* * *

Alles zusammen genommen stehen wir, Herren der Schöpfung, im Lichte der Resultate neuerer biologischer Forschung, an dem Gradmesser organischer Vollkommenheit, bezüglich der Sexualität, als dem primitiveren Zwittrigkeitszustande näher befindliches Geschlecht mit einer gewissen Minderwertigkeit da. Mit Benützung eines von dem englischen Erblichkeitsforscher Bateson für dieses Inferioritätsverhältnis aufgestellten sprachlichen Ausdruckes können wir den Satz prägen: das weibliche Geschlecht sei eben «*Weib-Weib*», während das männliche bloss «*Mann-Weib*» sei.*) Da müssen wir wahrhaftig dafür sorgen, dass wir nicht auf der ganzen Linie ins Hintertreffen kommen und vorkehren, dass das uns anhaftende Organisationsmanko durch anderweitige Aequivalente, womöglich geistiger Natur, ausgeglichen und die unliebsame Scharte ausgewetzt werde.

* * *

Vermutlich wird man von mir schliesslich noch eine Vernehmlassung gegenüber jenen modernen Theorien über willkürliche (künstliche) Geschlechtsbestimmung erwarten, im speziellen Hinblick auf den Menschen. Die meisten werden sich z. B. noch erinnern, wie vor wenigen Jahren der deutsche Physiologe L. Schenk die endgültige Lösung des Problemes gefunden

*) Uebrigens sei bemerkt, dass Bateson selbst in dieser Beziehung gerade den umgekehrten Standpunkt einnimmt, d. h. nach ihm wäre das weibliche Geschlecht hybrid, also «Weib-Mann», während das männliche rein uni-sexuiert wäre, mithin «Mann-Mann». (Principles of Heredity, pag. 190.) In diesem Sinne deutet er die Resultate gewisser Vererbungsexperimente bei den beiden Hausvögeln «Seidenhuhn» und «zimmtfarbener Kanarienvogel», sowie beim Stachelbeerspanner Abraxas («currant moth»).

und den Schlüssel in Ernährungs-Regulierung bereits in Händen zu haben glaubte. Er hat sogar im Jahr 1900 ein besonderes «Lehrbuch der Geschlechtsbestimmung» veröffentlicht. Die undankbare Welt hat indessen die Schenk'sche Doctrin bereits in die Rumpelkammer verlegt und, nahezu auch schon von der Wissenschaft vergessen, steht sie dort — ein Opfer unserer raschlebigen Zeit. Noch vor kurzem haben andere Forscher, O. Schöner und R. Dawson, in der alternativen Funktion des rechtsseitigen und linksseitigen Ovariums das regulierende Prinzip erkennen wollen. Kurios ist an diesen zum Teil abenteuerlichen Vernehmlassungen, dass man sich durch den groben Mechanismus, welcher da bezüglich der physiologischen Funktion des Geschlechtsapparates die Voraussetzung bildet, wieder völlig zurückversetzt fühlt in die Denkweise der Lehre von Hippokrates, wonach die rechte Körperseite als die stärkere, die männlichen, die linke Seite als die schwächere, die weiblichen Keime hervorbringen müsse. Ich glaube mich gegenüber allen diesen Theorien umso kürzer fassen zu können, als unser Standpunkt implicite aus den voraufgehenden Erörterungen herauszulesen ist. Kurz herausgesagt, es geht mir hiebei wie jenem Kritiker, der sein Urteil über ein neueres Buch zusammenfasste in dem Satze: Es steht darin sowohl einiges Neue, als auch etliches Gute. Nur schade, dass zufällig weder das Neue daran gut, noch das Gute daran neu ist.

Dass immerhin ein Körnchen Wahrheit jeder dieser Hypothesen zukommen wird, wollen wir bereitwillig zugestehen. Aber zu einer endgültigen Aufklärung dieses heiklen Problemes sind die bisher vorhandenen wissenschaftlichen Akten vermutlich noch lange nicht spruchreif. Und so ist es denn auch heilsam, angesichts der Erhitzung der Geister die ernüchternde und abkühlende Wahrheit eines Satzes von Roux, eines umsichtigen Entwicklungsforschers, entgegenzuhalten, darin gipfelnd, dass man trotz aller wissenschaftlichen Anstrengung über das innerste Wesen der geschlechtsbestimmenden Agentien eigentlich bis zur Stunde noch recht wenig wisse: «So lehrt uns speziell die Mendel'sche Hereditätslehre, genau zugesehen, auch in ihrem neuesten Gewande nur Tatsachen der Vererbung, nicht ihre Ursachen kennen.»

Von jenem beklemmenden Gefühl der Schwierigkeit des Problemes und der Unzulänglichkeit menschlicher Erkenntnis-

mittel, welches sich in jenem Ausspruch unseres grossen Landsmannes Albrecht von Haller kundgibt, den wir als Motto herwärtiger Abhandlung vorangesetzt, vermag uns somit auch das bisherige Ergebnis anderthalb Jahrhundert langer wissenschaftlicher Bestrebungen noch keineswegs endgültig zu befreien.

* * *

Nachlese zu der Frage, ob in der Natur ein kausaler Zusammenhang zwischen optimalen Existenzbedingungen und weiblicher Präponderanz, nach Grösse und Zahl, nachweisbar, beziehungsweise ob die Umkehrung dem Auftreten und Überwiegen männlicher Produktion förderlich sei.

Zunächst noch einige Fälle aus dem *Pflanzenreich.* Eine gewisse somatische Ueberlegenheit weiblicher Individuen ist notorisch vorhanden bei einigen diözischen Gewächsen. So verhält es sich z. B. bekanntlich beim Hanf. Bei dessen Kultur werden die erheblich kleineren männlichen Individuen nach beendeter Blüte ausgerauft und bloss die grösseren, weiblichen Individuen stehen gelassen, wofür die Lokalbezeichnungen «Fimmel» und «Masch» (romanischen Sprachstammes) üblich sind. — Im tropischen Südamerika hatte ich ebenfalls stets den Eindruck, dass diejenigen Individuen, welche von der landläufigen, sprachlichen Ausdrucksweise sowohl bei Carica papaya, dem sog. Melonenbaum (Fam. Papayaceae), als bei Mammea americana, dem von den Antillen stammenden «abricoteiro» (Fam. Guttiferae-Clusiaceae) unter der Bezeichnung «männlich» angerufen werden, in mehrfacher Beziehung, vor allem in allgemeiner Statur, Belaubung, Blattdimensionen usw. ein inferiores Aussehen darboten.

Da ich mich sodann zu erinnern meinte, im südlichen Italien wahrgenommen zu haben, dass die als Caprificus unterschiedenen männlichen Feigenbäume (Ficus carica-caprificus) anders aussehen, als die weiblichen, essbare Früchte tragenden Bäume, wurde mir dies auf meine spezielle Frage von Herrn Professor Tschirch, Bern, ausdrücklich bestätigt und an der Hand von Photographien gezeigt, dass die männlichen Individuen des Feigenbaumes tatsächlich durch einen sparrigen Habitus und spärliche, schüttere Blattverteilung gegenüber dem zu einer

dicht geschlossenen Baumkrone tendierenden, freudigen Wachstum der weiblichen Bäume sich deutlich unterscheiden.

Ich glaube fernerhin, nicht zu irren mit der Annahme, dass der Blumenkohl (Brassica oleracea botrytis) biologisch aufzufassen ist, als eine durch Uebernährung hervorgerufene künstliche Plethora-Bildung, durch welche die terminale Stengelaxenpartie mit den ringsum stehenden Fruchtblattknospen samt ihren Narben in eine weiche, krautartige Wucherung übergeführt wurde.

Eine Fülle von Tatsachen bietet sich uns sodann im *Tierreich* dar. In erster Linie begegnen wir einem ausgesprochenen Grössendimorphismus mit Uebergewicht zu Gunsten des weiblichen Geschlechtes bei den Wirbeltieren von der Klasse der Vögel ab bis zu derjenigen der Fische hinunter. Allerdings sind es gerade bei den Vögeln bloss vereinzelte Ordnungen, wo durchwegs eine grössere Statur des Weibchens konstatiert wird. Dahin zählen bekanntlich vor allem die Raubvögel. Extreme Divergenzen werden z. B. beim Sperber beobachtet.

Bei den nach unten zu sich anschliessenden Vertebratenklassen, den Reptilien und Amphibien, dürfte das Grösserwerden des Weibchens so ziemlich Gesetz und Regel darstellen. So weit meine mannigfachen persönlichen Erfahrungen reichen, die ich an zahlreichen Repräsentanten dieser Klassen in den Tropengegenden Südamerikas zu machen Gelegenheit hatte, darf ich zuversichtlich die Erklärung abgeben, dass bei Schlangen, Schildkröten, Alligatoren, Kröten nicht nur unter gleichaltrigen Individuenreihen die Weiblichen im Wachstum im allgemeinen ein rascheres Tempo anschlugen, sondern dass auch regelmässig isoliert eingebrachte, recht alte Riesenexemplare sich diesem Geschlechte zugehörig erwiesen. Bei den amazonischen Flusschildkröten aus der Gattung Podocnemis z. B. ist Kleinheit und relative Seltenheit des durch längeren Schwanz leicht kenntlichen Männchens («capitary») eine dort jedermann wohlbekannte Tatsache.

Wenn bezüglich der Klasse der Fische das Vorhandensein desselben Verhältnisses nicht mit derselben Deutlichkeit vorliegt, so ist dies hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, dass die äusserliche Unterscheidung der beiden Geschlechter vielfach gar

nicht leicht ist und somit eine naheliegende Veranlassung zu einschlägigen Beobachtungen in Wegfall kommt. Die Literatur informiert durchwegs recht kärglich über diesen Punkt. Soweit mir indessen ein eigener Ueberblick über die diversen Familien zu Gebote steht, befinde ich mich unter dem Eindrucke, dass sich im allgemeinen die Dinge ähnlich verhalten. Speziell stehen bei mir in lebendiger Erinnerung die am Amazonenstrom gemachten Beobachtungen, dass bei jenen allerliebsten winzigen Waldmoorfischchen, die in neuerer Zeit sich rasch als Aquariumfische einbürgern, den Cyprinodonten, das im schmucken, farbenprächtigen Hochzeitskleide prangende Männchen stets auffallend kleiner ist, als das durchschnittlich einfacher gekleidete Weibchen.

Auf der anderen Seite soll nicht mit Stillschweigen über den Umstand hinweg gegangen werden, dass bei den Säugetieren insofern eine Umkehrung zu beobachten ist, als bei dem vielfach üblichen Herdenleben öfters frappante Minorität der Männchen vorhanden zu sein scheint, in der Regel verbunden mit erheblicher Ueberlegenheit in Grösse und Statur der Vertreter des männlichen Geschlechtes. Bis zu geradezu befremdender Disproportion sieht man dieselbe gesteigert namentlich bei carnivoren Wassersäugern, vor allem beim Seelöwen und Seebären, wo regelmässig ein wahres Riesenmännchen einer Herde von zwerghaften Weibchen vorsteht. (Indessen soll schon beim Seehunde wieder das Weibchen durchschnittlich grösser werden, als das Männchen.) Man wird durch eine derartige Erscheinungsreihe sozusagen von selbst zu der Erwägung geleitet, ob sich nicht etwa hinter derselben eine Kompensationstendenz verberge, in dem Sinne, dass zwischen verminderter Zahl und vergrösserter Statur ein annähernder Ausgleich angestrebt werde. Jedenfalls lehrt eine allgemeine Orientierung, dass die geschilderte Erscheinung regelmässig überall da sich einzustellen pflegt, wo das polygamische Verhältnis vorhanden ist (Mehrzahl der Säugetiere, hühnerartige Vögel).

Wenden wir uns zum grossen Lager der Wirbellosen. Da tritt uns alsbald eine reiche Fülle von einschlägigen Tatsachen allein schon z. B. bei den landbewohnenden luftatmenden Arthropoden entgegen. Von einer grossen Anzahl von ächten Spinnen,

zumal den stattlicheren Epeïriden oder Radspinnen weiss ich aus eigener, gründlicher Erfahrung in den Tropen Südamerikas, dass ein auffallender Geschlechtsdimorphismus vorhanden ist. Was mehr oder weniger das ganze Jahr über mühelos und häufig gefunden wird, sind die riesenhaften Weibchen, während die Männchen zwerghaft und vielfach schwierig zu beobachten sind, weil ihre Erscheinungszeit eine recht kurze zu sein pflegt. Ich kann in dieser Hinsicht auf meine vor manchen Jahren zumal an den brasilianischen Nephilaarten angestellten Beobachtungen verweisen. (Vide «Zur Orientierung in der Spinnenfauna Brasiliens»: In «Mitteilungen der Naturf. Gesellschaft des Osterlandes zu Altenburg.» Festschrift. Vol. V. 1892.)

Bei den Insekten gehört, abgesehen von den Coleopteren oder Käfern (z. B. Hirschkäfer), grössere Statur des Weibchens, gekoppelt mit numerischer Ueberzahl zu den allgemein bekannten naturhistorischen Tatsachen. Wird sie doch sozusagen jedem Schüler schon vertraut auf Grund seiner Anfängerversuche in der Schmetterlingsaufzucht. Dass sie natürlich zum elementarsten Erfahrungsschatze berufsmässiger Lepidopterologen gehört, versteht sich eigentlich von selbst und bedarf kaum besonderer Erwähnung. Soweit mir von so bewährten Fachmännern, wie Standfuss, Pictet, Schweizer und anderen mündliche und gedruckte Berichte vorliegen, stimmen sie alle in folgendem überein: im allgemeinen ergibt sich bei vorteilhaften Existenzbedingungen, speziell bei reichlicher und geeigneter Nahrung und übrigen Wohlfahrtsverhältnissen eine weibliche Präponderanz. Umgekehrt pflegt Futtereinschränkung und Mangel, nebst anderweitiger Schmälerung in der Wartung, gewollter oder nicht beabsichtigter, von einem Umschlag in der Sexualrelation zu gunsten des männlichen Geschlechtes begleitet zu sein. So sieht wenigstens regelmässig das Endresultat aus. Wie viel an dieser numerischen Verschiebung dem Umstande zuzuschreiben ist, dass eventuell eine grössere Sterblichkeit oder was dasselbe ist, eine geringere Widerstandsfähigkeit seitens der weiblichen Individuen vorhanden sei und ob sich die Verschiebung damit als eine sekundäre, statt als eine primäre herausstellt, kommt für unsere gegenwärtige Kernfrage nicht wesentlich in Betracht.

Weiter steht da ein grosses Kontingent jener Phänomene, welche sich dem Kapitel der Parthenogenese einreihen. Speziell sind es die Fälle von sogenannter Thelytokie, also jungfräuliche Erzeugung weiblicher Generationen, die ja die überwiegende Mehrzahl der einwandfrei festgestellten Paradigmata ausmachen. Schon vor 30 Jahren habe ich auf identische Resultate bei der Aufzucht von Blut- und Blattläusen hingewiesen. (Siehe: «Studien über die Blutlaus, Schizoneura lanigera Hausmann»). (Schaffhausen 1884) und «Aphorismen, neue Resultate und Konjecturen zur Frage nach den Fortpflanzungsverhältnissen der Phytophtiren enthaltend» «in Mitteil. der Schweiz. Entomolog. Gesellschaft», Schaffhausen 1885), wie sie eben vorhin hinsichtlich der Schmetterlinge berichtet wurden: der sommerliche Nahrungsüberfluss kommt der weibchenproduzierenden Parthenogenese zu statten; Futtermangel und minderwertige Existenzbedingungen dagegen rufen vorzeitiges Erscheinen der geflügelten Generation der Geschlechtstiere hervor, welche normaler Weise der herbstlichen Abschlussphase am jährlichen Entwicklungszyklus der Art entspricht. Meine damaligen Ergebnisse haben allseitige Bestätigung gefunden, sind, wie a priori zu erwarten stand, auch für die Reblaus zutreffend erkannt worden und bilden heute einen feststehenden Bestandteil zoologischer Erfahrungswissenschaft.

Symptomatisch bedeutungsvoll im Sinne unserer Kernfrage sind sodann verschiedene Umstände an der Naturgeschichte und am Haushalte unserer Honigbiene. Dass aus denselben befruchteten Eiern entweder Arbeitsbienen d. h. sexuell zurückgebliebene Weibchen, oder Königinnen, d. h. vollwertige Weibchen hervorgehen können, je nach Massgabe der dem Larvenstadium dargebotenen Raum- und Ernährungsverhältnisse und dass optimale Existenzfaktoren der Ausbildung des perfekten weiblichen Geschlechtstieres förderlich sind, wusste man zwar schon seit über einem halben Jahrhundert. (Dzierzon's Lehre, unterstützt von Siebold und Leuckart.) In neuerer Zeit werden jetzt aber mehr und mehr Stimmen kompetenter Imker laut (Dickel und seine Schule), dass auch die Drohnen aus befruchteten Eiern hervorgehen sollen und dass die seitens der Arbeitsbienen vollzogene willkürliche Geschlechtsbestimmung auch für das männliche Geschlechtstier zutreffe. Der Ausfall der Frage, ob Arbeitsbiene,

Weisel oder Drohne hervorgehen soll, liege lediglich in der Kompetenz der Arbeitsbiene und die Art der Beeinflussung des Geschlechtes sei auf der ganzen Linie vorwiegend trophischer Natur. (Der genauere Einblick in die Beschaffenheit und Zusammensetzung des von den Arbeitsbienen den dreierlei Larvenzuständen verabreichten Futtersaftes oder Nahrungsbreies stützt sich vornehmlich auf die grundlegenden Untersuchungen unseres graubündnerischen Landsmannes A. von Planta (1888.) Ausführlicheres Eintreten auf diesen wichtigen Gegenstand beabsichtige ich anderen Ortes. Ich möchte hier bloss mitteilen, dass gewisse Beobachtungen über Lebensgeschichte und Staatshaushalt neotropischer Blattschneiderameisen mir ebenfalls die Ansicht epigamer Geschlechtsbeeinflussung trophischer Art bei diesen akuleaten Insekten wahrscheinlich machen. Jedenfalls sind in dieser Hinsicht zwei Punkte an der Biologie der Honigbiene nicht aus den Augen zu verlieren: 1) Drohnen d. h. die männlichen Geschlechtstiere treten normaler Weise erst gegen den Sommer hin auf (in Uebereinstimmung mit der Regel über den Eintritt der Geschlechtsgeneration bei Parthenogenese). 2) Sogenannte «Drohnenbrütigkeit» d. h. anormal vorzeitiges Auftreten der Drohnen gilt als für den Stand der Wohlfahrt des Bienenvolkes ungünstiges und deshalb den Imkern unwillkommenes Wahrzeichen. Gleichsinnige Deutung ist sodann gewiss statthaft für die ähnlichen Umstände, unter denen die sogenannten «Hülfsweibchen» und Männchen im Staatshaushalte der Hummeln und Wespen ihre Aufwartung machen.

Bekanntlich ist weiterhin stark ausgeprägter Geschlechtsdimorphismus, im Sinne der Inferiorität des männlichen Tieres, die ständige Regel beim Typus der Würmer. Besonders auffällig wird die Disproportion durchwegs bei den Eingeweidewürmern (Helminthen). Sinkt doch das Männchen häufig herab auf die Dimensionen eines winzigen Anhängsels am Leibe des Riesenweibchens, unter Aufgabe seiner freien Existenz. Für den Parasitismus scheint überhaupt extremer Geschlechtsdimorphismus im Sinne der Ausbildung von Riesenweibchen eine charakteristische Begleiterscheinung zu sein.

Und so wird man sich gegenüber den aus der Fülle der Tatsachen bloss in eiligem Rundgange herausgegriffenen Bei-

spielen kaum dem Eindrucke entziehen können, dass im grossen und ganzen allenthalben in der belebten Natur, optimale Existenzbedingungen weiblicher Geschlechtsveranlagung förderlich sind und dass sowohl gewisse Erscheinungskomplexe aus der freien Natur, als auch experimentelle Warmhaus- und Laboratoriumsergebnisse bei Pflanzen und Tieren keine andere Deutung zulassen, als dass die Entwicklung weiblich veranlagter Geschlechtsprodukte durchwegs reichlichere, bessere Ernährung zur Voraussetzung hat.

Literaturverzeichnis.

(Dieses Verzeichnis erhebt selbstverständlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit; es enthält nur eine kleine Auswahl von Titeln solcher Bücher, Abhandlungen und Artikel, die gute Dienste leisten zu einer gründlichen Orientierung auf diesem Gebiete.)

Baltzer, F. Die Bestimmung des Geschlechts nebst einer Analyse des Geschlechtsdimorphismus bei Bonellia. Berlin 1914.

— Ueber die Chromosomen der Tachea (Helix) hortensis etc. Leipzig und Berlin 1913.

Baltzer, F. Ueber die Herkunft der Idiochromosomen bei Seeigeln. Würzburg 1913.

Bateson, W. Mendel's Principles of Heredity. Cambridge 1909.

Baur, Erwin. Einführung in die experimentelle Vererbungslehre Berlin 1911. (Besonders in botanischer Richtung wichtig.)

Beard, J. Determination of sex in development. Zoolog. Jahrbücher. Vol. 16, 1902.

Correns-Goldschmidt. Die Vererbung und Bestimmung des Geschlechtes. Zwei Vorträge. Berlin 1912. (Hinten mit besonders nützlichem Literaturverzeichnis.)

Correns C. Geschlechtsverteilung und Geschlechtsbestimmung bei Pflanzen. Handwörterbuch für Naturwissenschaften. Bd. IV, 1913. pag. 975—989.

Doncaster, L. Recent Work on the Determination of Sex. Washington 1911.

— On sex-inheritance in the moth Abraxas grossulariata and its variety lacticolor (1908).

Düsing, C. Die Regulierung des Geschlechtsverhältnisses bei der Vermehrung der Menschen, Tiere und Pflanzen. Jena 1884. (Aeltere, aber durch Fülle des statistischen Materials sehr wichtige Arbeit.)

Fischer, Ed., Ernst, A., Bower F. O. und Andere. Fortpflanzung der Gewächse. Handwörterbuch für Naturwissenschaften. Band IV, 1913, pag. 171—242.

Geddes, P. & J. Thompson. The evolution of sex. 2 ed. London (1901).

Goldschmidt, R. Einführung in die Vererbungswissenschaft. Leipzig und Berlin (1913). [Sehr umfangreiches und ausführliches Literaturverzeichnis.]

Göldi, E. A. Studien über die Blutlaus. Schaffhausen 1884. (Beschleunigung im Auftreten der Geschlechtsgeneration durch Futtermangel.)

— «Aphorismen zur Frage nach den Fortpflanzungsverhältnissen der Phytophtiren». Mitteil. Schweiz. Entom. Gesellschaft. Schaffhausen 1885.

— «Neue Forschungen über Geschlechtsentstehung, -bestimmung und -verteilung bei staatenbildenden Insekten, speziell bei der Honigbiene und bei neotropischen Ameisen.» Vortrag schweiz. Naturf. Gesellschaft. Jahresvers. Genf 1915.

— «Vergleich zwischen dem Entwicklungsverlauf bei der geschl. Fortpflanzung im Pflanzenreich und im Tierreich.» Vortrag schweiz. Naturf. Gesellschaft. Jahresvers. Genf 1915.

Häcker, V. Allgemeine Vererbungslehre. Braunschweig 1912. (Kurze, gut gefasste und leicht verständliche Darstellung.)

Henneberg. Wodurch wird das Geschlechtsverhältnis beim Menschen und den höheren Tieren beeinflusst? (1897.)

Hertwig, Oscar. Allgemeine Biologie. Jena 1909.

— Beiträge zur Kenntnis der Bildung, Befruchtung und Teilung des tierischen Eies. 1877.

— Ueber den Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Entwicklung der Froscheier. Berlin 1896 und 1898.

Hertwig, Richard. Ueber das Problem der sexuellen Differenzierung. 1905.

— Weitere Untersuchungen über das Sexualitätsproblem. 1906—1907.

— Ueber den derzeitigen Stand des Sexualproblems. 1912.

— Ueber Konjugation der Infusorien. 1889.

— Ueber Befruchtung und Konjugation. 1893.

— Ueber Kernplasmarelation. 1903.

Janet, Charles. Le sporophyte et le gamétophyte du végétal. Le soma et le germen de l'insecte. Limoges (1912). [Vom vergleichend-morphologischen Standpunkte eine der wichtigsten neueren Publikationen.]

— «Le Volvox». Limoges (1912).

Janke, H. Die willkürliche Hervorbringung des Geschlechtes beim Menschen und Haustieren. 2. Aufl. Berlin 1888.

Klebs, G. Physiologie der Fortpflanzung der Gewächse. Handwörterbuch für Naturwissenschaften. Bd. IV, pag. 277—296. (1913.)

Klebs, G. Ueber das Verhältnis des männlichen und weiblichen Geschlechts in der Natur. Jena (1894).

Korschelt, E. Fortpflanzung der Tiere. Handwörterbuch für Naturwissenschaften. Band IV, 1913, pag. 296—332.

Lang, Arnold. Geschlechtlich erzeugte Organismen mit ausschliesslich väterlichen oder mit ausschliesslich mütterlichen Eigenschaften. Zürich 1914.

Lenhossek, M. von. Das Problem der geschlechtsbestimmenden Ursachen. Jena 1903.

Maupas, E. Le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés. Paris 1889.

Meisenheimer, J. Geschlechtsbestimmung bei Tieren. Handwörterbuch für Naturwissenschaften. Band IV, 1913, pag. 989—997.

Morgan, Thomas Hunt. Experimentelle Zoologie. (Deutsche Ausgabe von Rhumbler.) Leipzig und Berlin 1909.

— «Sex-limited inheritance in Drosophila» (1910).

Nussbaum. Zur Differenzierung des Geschlechtes im Tierreich. 1880.

Pflüger, E. Ueber die das Geschlecht bestimmenden Ursachen und die Geschlechtsverhältnisse der Frösche. 1882.

Plate, L. Vererbungslehre. Leipzig 1913.

Pictet, Arnold. L'influence des changements de nourriture sur les chenilles et sur la formation du sexe de leurs papillons. Genève 1902. Und mehrere andere Abhandlungen.

— Influence des changements de nourriture sur les chenilles et sur la formation du sexe de leur papillons. Compte Rend. Soc. phys. et d'hist. nat. Genève 1902—1903.

Planta, A. von. Ueber den Futtersaft der Bienen. (Geschlechtsbestimmung durch die Arbeiter.) Zeitsschr. f. physiol. Chemie. 1888.

Schrader, Ernst. «Aus dem Liebesleben der Tiere.» Stuttgart 1909.

Strasburger. Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung. Jena (1884).

— Ueber periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwicklungsgang der Organismen. Jena (1894).

— Zeitpunkt der Bestimmung des Geschlechts u. s. w. Jena 1909.

Surbeck, G. «Beitrag zur Kenntnis der Geschlechtsverteilung bei Fischen». Schweiz. Fischereizeitung (1913), Nr. 4 und 5.

Schweizer, A. und *Standfuss, M.* Ueber Kreuzungen zwischen Lymantria dispar. L. und Lym. dispar. var. japonica Motsch. Mitteil. der Entomologia. Zürich 1915. Heft 1.

Wilson, E. B. The sex-Chromosomes (1910).

Witschi, Emil. Experimentelle Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Keimdrüsen von Rana temporaria. Bonn 1914.

— Studien über die Geschlechtsbestimmung bei Fröschen. Bonn 1914.

Wymer T. Die willkürliche Geschlechtsbestimmung beim Menschen. München 1913.

Yung, E. Influence des milieux physico-chimiques sur le développement des animaux. Archives de zoologie exp. 1878, 1883—1885.