

BOTANISCHES MUSEUM  
der k. k. Universität.

J. N<sup>o</sup> 10607

B c 98/9

15/10/95

# Ueber einige Probleme

der

# Physiologie der Fortpflanzung

von

Dr. Georg Klebs,

Professor der Botanik in Basel.



Jena,

Verlag von Gustav Fischer

1895.

**Klebs,** Dr. Georg, Ueber das Verhältnis des männlichen und weiblichen Geschlechts in der Natur. 1894. Preis: 80 Pf.

**Büsgen,** Dr. M., Professor der Botanik an der Universität Jena. Beobachtungen über das Verhalten des Gerbstoffes in den Pflanzen. 1889. Preis 1 Mark 60 Pfg.

Der **Honigtau**, Biologische Studien an Pflanzen und Pflanzenläusen. Mit 2 lithographischen Tafeln. 1891. Preis: 3 Mark.

**Detmer,** Dr. W., Professor an der Universität Jena. Das pflanzenphysiologische Praktikum. Anleitung zu pflanzenphysiologischen Untersuchungen für Studierende und Lehrer der Naturwissenschaften. Zweite völlig neu bearbeitete Auflage. Mit 184 Abbildungen. 1895. Preis: broschiert 9 Mark, gebunden 10 Mark.

Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses der Samen. 1880. Preis: 14 Mark.

Pflanzenphysiologische Untersuchungen über Fermentbildung und fermentative Prozesse. 1884. Preis: 1 Mark 20 Pf.

**Düsing,** Dr. phil. Karl, Die Regulirung des Geschlechtsverhältnisses bei der Vermehrung der Menschen, Thiere und Pflanzen. Mit einer Vorrede von Dr. W. Preyer, o. ö. Professor der Physiologie und Direktor des physiologischen Instituts der Universität Jena. 1884. Preis: 6 Mark 50 Pf.

**Eimer,** Dr. C. H. Theodor, Professor der Zoologie und der vergleichenden Anatomie zu Tübingen, Die Entstehung der Arten auf Grund von Vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachstums. Ein Beitrag zur einheitlichen Auffassung der Lebewelt. Erster Teil. Mit 6 Abbildungen im Text. 1888. Preis: 9 Mark.

**Haberlandt,** Dr. G., Professor d. Botanik in Graz, Ueber die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkerns bei den Pflanzen. Mit 2 lithographischen Tafeln. 1887. Preis: 3 Mark 60 Pf.

**Haussknecht,** Professor C., Monographie der Gattung *Epilobium*. Mit 23 lithographischen Tafeln und 1 Verbreitungstabelle. 1884. Preis: 45 Mark.

**Hildebrand,** Dr. E., Professor der Botanik an der Universität Freiburg i. Br., Die Lebensverhältnisse der Oxalisarten. Mit 5 lithographischen Tafeln und 5 Blatt Erklärungen. 1884. Preis: 18 Mark.

Ueber einige Pflanzenbastardirungen. Mit 2 lithographischen Tafeln. 1889. Preis: 4 Mark.

**Leitgeb,** Dr. H., Professor an der Universität zu Graz, Mittheilungen aus dem botanischen Institute zu Graz. Erstes Heft. Mit 5 lithographischen Tafeln. 1886. Preis: 8 Mark.

Inhalt: Dr. E. Heinricher, Die Eiweissschläuche der Cruciferen und verwandter Elemente in der Rhoeadinreihe. Mit 3 Tafeln. — Dr. G. Pommer, Ein Beitrag zur Kenntniss der fadenbildenden Bacterien. Mit 1 Tafel. — H. Leitgeb, Krystalloide in Zellkernen. — H. Leitgeb, Beiträge zur Physiologie der Spaltöffnungsapparate. Mit 1 Tafel.

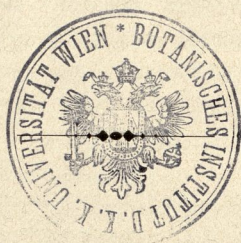
Zweites Heft. Mit 4 lithographischen Tafeln und 3 Holzschnitten. 1888. 7 Mark.

Inhalt: A. Scherffel, Die Drüsen in den Höhlen der Rhizomschuppen von *Lathraea squamaria* L. Mit 1 Tafel. — H. Leitgeb, Der Gehalt der Dahliaknollen an Asparagin und Tyrosin. Mit 1 Tafel. — Dr. E. Heinricher, Beeinflusst das Licht die Organanlage am Farnembryo? Mit 3 Holzschnitten. — H. Leitgeb, Ueber Sphäride. Mit 2 Tafeln.

Ueber einige Probleme  
der  
Physiologie der Fortpflanzung

von

Dr. Georg Klebs,  
Professor der Botanik in Basel.



Jena,  
Verlag von Gustav Fischer  
1895.

Die Rede wurde in der ersten allgemeinen Sitzung der Naturforscher-Versammlung am 16. September 1895 zu Lübeck gehalten; sie ist für den Druck in einigen Punkten umgearbeitet und erweitert worden.

An solchen Tagen, welche die Naturforscher Deutschlands zum lebhaftesten Gedankenaustausch vereinigen, wird das Bedürfnis rege, in dem gewaltigen Kampfe menschlicher Erkenntnis mit den dunkeln Mächten der Natur einen Augenblick stille zu halten, um ruhiger Betrachtung sich hinzugeben. Man wird entweder dazu neigen, einen Rückblick auf ein durch mühevollen Forschung durchwühltes Gebiet zu werfen, um das siegreich Erworbene zu überblicken, mit scharfer Prüfung das Sichere vom Unsicheren, das echt Leuchtende vom glitzernden Schein zu sondern; oder man wird einen Ausblick in weite schimmernde Fernen wagen, wo, in duftigen Nebel gehüllt, noch nie betretene reiche Fluren verheissungsvoll winken, die zu erreichen und zu erforschen jugendliche Kampfeslust ungestüm vorwärts drängt. Heute nun möchte ich mich der vorwärtsschauenden Betrachtung zuwenden und versuchen, ein Aussichts-bild zu entrollen von einer solchen fernen, aber zukunftsreichen Welt der Erscheinungen, die mit den tiefsten Fragen alles Lebens verknüpft ist — ich meine die der Physiologie der Fortpflanzung.

Unter den allen Organismen gemeinsamen Lebenseigenschaften erscheint die Fähigkeit, sich durch Keime irgendwelcher Art fortzupflanzen, als die letzte und höchste Funktion, der alle anderen Funktionen, wie Ernährung, Wachstum, Reizbarkeit, dienen müssen. Denn alles Lebens höchstes Ziel ist, neues Leben zu gebären. Durch die vorbereitende Thätigkeit der niederen Lebensfunktionen wird jeder Organismus erst in jenen Zustand starken Anschwellens aller inneren Kräfte ver-

setzt, zu jener höchsten Machtentfaltung geführt, die in der Erzeugung neuer Wesen gleicher Art ihren wahren Zweck erfüllt. Auf diesem Höhepunkte seines Lebens und Wirkens droht dem Organismus auch schon das Verhängnis seines Unterganges, da oft unmittelbar mit der Bethätigung seines Zeugungstriebes der Tod seiner Individualität verbunden ist, oder dieser nach kürzerer oder längerer Spanne Zeit ihn ereilt.

In staunenswerter Mannigfaltigkeit vollzieht sich der Prozess der Fortpflanzung im Tier- und Pflanzenreich, und seit Jahrhunderten ist die Wissenschaft bestrebt, des hier quellenden Reichtums Herr zu werden. Zunächst waren die größeren Formverhältnisse, die auf den Bau der Zeugungsorgane sich beziehen, der Gegenstand lebhaften Interesses, weil sie sich auch für die Systematik sehr bedeutungsvoll erwiesen. Die Mannigfaltigkeit selbst in den Einzelheiten, z. B. im Bau der Blüten bei Phanerogamen, erlaubte bis zu den Species herab unterscheidende Merkmale zu finden. Zugleich kam auch der typische Charakter einer ganzen Formengruppe in der Art der Fortpflanzung am klarsten zum Ausdruck, so dass eine vergleichende Betrachtungsweise in dem bunten Gewirre der Formen die feinen verschlungenen Fäden der natürlichen Verwandtschaft zu verfolgen lehrte.

Einen neuen Aufschwung nahm die Lehre von der Fortpflanzung, als in der Mitte unseres Jahrhunderts die ganze Biologie durch die von SCHLEIDEN und SCHWANN angebahnte Zellentheorie von Grund aus umgewandelt wurde. Mit ihr verbunden und von ihr geleitet, trat die mikroskopische Forschung ihren Siegeszug an und führte in das bis dahin unbekannte Gebiet des feineren, inneren Baus der Organismen; durch sie wurde auch erst der Weg zur Erkenntnis der Fortpflanzung der niederen Tiere und Pflanzen geebnet, bei denen vielfach die wesentlichen Vorgänge der Zeugung unverhüllt vor Augen liegen als bei den höher stehenden Wesen, wo tief im Innern geheimnisvoll verborgen der Befruchtungsprozess vor sich geht. Jeder Fortschritt auf dem Gebiete des Zellenlebens wirkte von nun an anregend und befruchtend auf die Lehre von der Fortpflanzung ein. In den 60er Jahren wurde sie durch die von MAX

SCHULTZE zur Anerkennung gebrachte Anschauung gefördert, nach der das weiche schleimige Protoplasma in den Zellen die eigentlichen Triebkräfte des Lebens birgt; seit den 70er Jahren führte die durch STRASBURGER, BÜTSCHLI, FLEMMING u. a. erworbene Erkenntnis von der Bedeutung des kleinen, in jeder Zelle vorhandenen Zellkerns zu neuen Umwälzungen der Ansichten. Das merkwürdige Verhalten des Zellkerns bei der Teilung der Zelle, seine durch scharfsinnige Methoden erschlossenen feinen Strukturen, der experimentelle Nachweis seiner Bedeutung für wichtige Funktionen, alles drängte dazu, seine hervorragende Rolle klar zu legen. Das Interesse für ihn steigerte sich noch, als man erkannte, dass er bei der Befruchtung wesentlich beteiligt ist, und erreichte seinen Gipfelpunkt in der von O. HERTWIG ausgesprochenen und bald anerkannten These, dass bei der Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen es allein auf die Verschmelzung ihrer Zellkerne ankommt. Von diesem Standpunkte aus erscheinen die Zellkerne auch als die einzigen Träger der von den Eltern auf die Nachkommen vererbten Eigenschaften, und der Quelle dieser Voraussetzung entspringend, ergießt sich ein heute noch immer wachsender Strom von lebhaft durcheinanderwirbelnden Hypothesen über das Wesen von Zeugung und Vererbung.

Doch man darf sich nicht darüber täuschen, dass dieser Strom den Vorwärtstrebenden nicht zu den erwünschten Gefilden tieferer Erkenntnis bringt, sondern ihn bald auf den trockenen Sand des unbefriedigenden Zweifels wirft. Prüft man unbefangen diesen wichtigsten Satz der Zellkernlehre, so bemerkt man, dass er nicht mit zwingender Notwendigkeit aus den Thatsachen folgt. Denn bei allen Befruchtungserscheinungen der Pflanzen und wahrscheinlich auch der Tiere verschmelzen nicht bloss die Zellkerne, sondern auch stets die sie umhüllenden Protoplasamassen. Auch rein theoretisch muss man annehmen, dass nur in dem Zusammenwirken von Zellkern und Protoplasma die Einheit des Zellenlebens begründet ist, dass beide Teile im vegetativen Leben wie bei der Fortpflanzung ein Ganzes bilden und notwendig zu einander ge-

hören. Das Protoplasma ist noch immer der dunkle Weltteil im Kleinen; nur mühsam gelingt es, neue Formbestandteile in ihm zu entdecken, wie in letzter Zeit das Centrosom, dessen besondere Bedeutung für die Fortpflanzung ebenso wenig klarliegt, wie die von Zellkern und Protoplasma. Die an und für sich so wertvollen und interessanten Ergebnisse der histologischen Forschungen können wohl im Augenblick durch ihren Reichtum blenden, aber sie erscheinen doch nur wie eine glänzende Schale um den unverändert dunkeln Kern des Zeugungsproblems.

Je mächtiger heute die Bestrebungen sind, sich in die Probleme der Fortpflanzung zu vertiefen, um so lebhafter regt sich der Wunsch, neue Wege für ihre Erforschung zu bahnen, da die Morphologie immer verwickeltere Formverhältnisse aufdeckt und dadurch immer neue Rätsel schafft. Wie immer in solchen Fällen müssen wir zur Physiologie greifen, da alles, was mit Zeugung und Vererbung zusammenhängt, seinen innersten Gründen nach physiologisches Problem ist. Jetzt gilt es, an der Physiologie die Fackel zu entzünden, um aus dem so reich aufgehäuften aber noch in Finsternis ruhenden Material morphologischer Thatsachen das funkelnde Gold und Edelgestein wirklicher Erkenntnis herauszuholen.

Die wesentlichen Thatsachen, auf denen unser Wissen von der Zeugung beruht, sind durch experimentelle Forschungen der letzten Jahrhunderte nach langem Kampfe errungen worden. Als um die Mitte unseres Jahrhunderts die allgemeine Physiologie kühner und erfolgreicher vordrang, wurden auch einzelne Fragen der Fortpflanzung in ihren Bereich gezogen. Neben den wichtigen Arbeiten DARWINS über Selbst- und Kreuzbefruchtung haben diejenigen von SACHS über die Bedingungen der Blütenbildung lebhaftere Anregung gegeben; in neuerer Zeit haben PFEFFER, VÖCHTING u. a. wichtige Beiträge geliefert, und auch in der Zoologie wächst das Interesse für die physiologische Behandlung der Probleme, wie die Arbeiten von MAUPAS, Gebr. HERTWIG u. a. zeigen, die Forschungen von PFLÜGER, ROUX u. s. w. nicht zu vergessen. Aber ein Blick in die anerkannten Lehr- und Handbücher offenbart



dass eine Physiologie der Fortpflanzung vergleichbar der Physiologie der anderen Funktionen noch nicht existiert, dass sie entweder kaum der Besprechung wert erachtet wird oder wesentlich nur aus einer Zusammenstellung von morphologischen und ökologischen Thatsachen besteht, die oft in unsicher schwankende Erörterungen getaucht sind. Es liegt in der Natur der Sache, dass zuerst die relativ einfacheren Probleme der Ernährung u. s. w. in Angriff genommen wurden und die Arbeitskraft der Physiologen beansprucht haben. Die Physiologie der niederen Funktionen musste erst auf eine gewisse Stufe gebracht werden, um vor ihr aus zu den schwierigeren, hoch in die Wolken ragenden Höhen emporzusteigen. Für den Augenblick liegt daher die wichtigste Aufgabe darin, feste Angriffspunkte zu gewinnen, die eine physiologische Behandlung der Fortpflanzung ermöglichen; ich will versuchen, an Beispielen aus dem Pflanzenreich einige solche Punkte näher zu bezeichnen.

Die Physiologie erstrebt das Ziel, die mannigfaltigen Lebenserscheinungen als notwendige Wirkungen der ihrer Qualität und Quantität nach bekannten Kräfte zu erkennen. Von vornherein steht diesem Streben eine ungeheure Schranke entgegen, da jeder Organismus, selbst der niedrigste, einer Maschine vergleichbar ist, mit unentwirrbar verwickeltem Räderbau, von dem wir nur die gröberen Teile blosslegen können. Ein Einblick in das Getriebe, dessen Leistungen uns in den Lebensäusserungen vorliegen, wird dadurch möglich, dass jede Lebensmaschine ihre Funktionen nur bei Mitwirkung äusserer bekannter Kräfte vollbringen kann, und dass diese Kräfte mit ihren allernächsten Einflüssen dem Experimente unterworfen werden können. So erscheint es möglich, dem Problem von der Ernährung der grünen Pflanzen näherzutreten, weil sie durch bekannte äussere Stoffe, die Kohlensäure, und durch die Kraft des Sonnenlichtes bedingt wird, und das sind Abhängigkeitsverhältnisse, die sich mit Hilfe chemischer und physikalischer Methoden untersuchen lassen.

Die Grundfrage, von deren Beantwortung die ganze Zukunft der Physiologie der Fortpflanzung beherrscht wird, lautet

dahin, ob überhaupt und in welchem Grade ihre Prozesse von äusseren Kräften beeinflusst werden. Was für die niederen Funktionen längst anerkannt ist, muss für die Fortpflanzung erst bewiesen werden. Ueberblickt man die Lebensgeschichte einer einjährigen Pflanze, die im Frühling keimt, im Sommer blüht und im Herbst nach der Reife der Früchte vergeht, so erhält man den Eindruck, als ob die Blüten notwendig als Folge der innersten Natur der Pflanze auftreten, und dass die äusseren Bedingungen nur mittelbar durch ihre Wirkung auf die vorbereitenden Prozesse der Ernährung, die Blütezeit und die Zahl der Blüten beeinflussen, nicht aber das Blühen selbst bestimmen. Die eigentlich treibenden Kräfte würden nach dieser Ansicht sich der Erkenntnis ebenso entziehen, wie die letzten Ursachen des Lebens überhaupt.

Zum Glück verhält sich die Fortpflanzung nicht prinzipiell verschieden von den andern Funktionen, und der physiologischen Forschung ist das unermesslich reiche Feld dieser höchsten Lebensthätigkeit nicht verschlossen, wenn auch der Zugang mit tausend Riegeln verwehrt erscheint. Am sichersten lässt sich hierfür der Nachweis liefern, wenn wir zu den einfachen Pflanzen herabsteigen, deren ganzes Leben sich in einzelnen Zellen abspielt, die sich in engerer Berührung mit den Kräften der leblosen Natur befinden. Bei der Mehrzahl der niederen Pflanzen unterscheiden wir zwei Arten der Fortpflanzung, die ungeschlechtliche, bei der ein- oder mehrzellige Keime gebildet werden, die jeder für sich zu neuen Wesen heranwachsen, und die geschlechtliche, bei der zwei gesonderte Zellen miteinander verschmelzen müssen, um ein entwicklungsfähiges Produkt zu liefern. Wir wollen zunächst die ungeschlechtliche Fortpflanzung näher betrachten.

Bei den grünen, in unsern Gewässern verbreiteten Algen besteht die ungeschlechtliche Fortpflanzung häufig in der Bildung frei im Wasser beweglicher protozoenartiger Keime, der Zoosporen, die auf eine Verwandtschaft mit einfachen Formen tierischen Lebens in der That hindeuten. Diese Zoosporenbildung, eine höchst charakteristische und eigenartige Fortpflanzungsweise, steht, wie meine Untersuchungen der letzten

Jahre beweisen, in strenger Abhängigkeit von bestimmten äusseren Bedingungen, und die Kenntniss dieser giebt dem Forscher die Macht, nach Belieben die Zoosporenbildung hervorzurufen oder zu unterdrücken. Hier bei diesen einfachen Pflanzen kommt der Physiologe dem heissersehnten und doch kaum erreichbaren Ziele näher, die Launenhaftigkeit der Organismen zu besiegen und die Resultate seiner Versuche an ihnen mit der Sicherheit eines physikalischen oder chemischen Experimentes eintreten zu sehen.

In buntem Wechsel schwankt das Verhältnis der Zoosporenbildung zur Aussenwelt, je nach den einzelnen Arten; bei den einen ruft die Ueberführung aus Nährsalzlösungen in Wasser den Prozess hervor, bei andern bewirkt Veränderung der Lichtintensität das gleiche, und wieder andere Arten werden durch besondere organische Stoffe wie Kohlehydrate, Glykoside dazu veranlasst. Innerhalb der gleichen Gattung sogar (Oedogonium) walten Unterschiede in der Abhängigkeit von der Aussenwelt zwischen den Arten vor, sodass z. B. die eine (capillare) durch Schwächung der Lichtintensität, die andere (diplandrum) durch Erhöhung der Temperatur zur Zoosporenbildung sich zwingen lässt. Diese Resultate sind nur die allerersten kleinen, aber sicheren Schritte, die zu neuen Fragen nach vielen Seiten hin führen; denn jetzt gilt es erst, die Wirkungen der einzelnen Bedingungen auf die Fortpflanzung tiefer zu ergründen, sich zu erklären, warum in einem Falle Licht, im andern Wärme zoosporenerregend wirkt. Diese wie die andern äussern Kräfte sind nicht nur direkt bei dem Vorgange der ungeschlechtlichen Fortpflanzung beteiligt, sondern sie sind zugleich allgemeine Bedingungen des Lebens überhaupt und müssen als solche auch in ihren indirekten Einflüssen untersucht werden. So stellt selbst bei den einfachen Algen der ganze Vorgang eine stark verschlungene Kette verschiedenartiger Prozesse dar.

Ein Haupthindernis, welches diesen Untersuchungen entgegensteht, liegt in der schwierigen Kultur der Algen. Nur wenn diese in gesunder kräftiger Entwicklung begriffen sind, haben die Versuche ihre Fortpflanzung zu erforschen, Aussicht

auf Erfolg. Die Algen zeichnen sich durch eine sehr grosse Empfindlichkeit gegenüber kleinen, kaum merkbaren Veränderungen der sie umgebenden Natur aus, infolge deren sie sehr leicht, anscheinend noch völlig gesund, in einen passiven Zustand geraten, wo nichts mehr sie zur Fortpflanzung bringen kann, bevor man nicht in ihnen durch sehr günstige Verhältnisse neues frisches Leben anfacht. Daher nötigen die Untersuchungen zu einer bisher mangelnden Ausarbeitung der Kulturmethoden, und sie regen dazu an, die leisesten Veränderungen in der Aussenwelt und deren Wirkungen auf die Zellen zu beachten.

So mannigfaltig sich die Beziehungen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung zu den äusseren Kräften der Natur bei den einzelnen Algen gestalten, eine allgemeine Erscheinung prägt sich doch in ihrem Verhalten aus: stets erfolgt die Zoosporenbildung in lebhaftestem Grade, wenn eine Alge nach kräftigem Wachstum plötzlich eine Aenderung in ihren äusseren Bedingungen erfährt. Diese Aenderungen — des Lichtes, der Temperatur, der chemischen Beschaffenheit der Umgebung — spielen die Rolle von Reizen, d. h. nach PFEFFERS Definition jenen kleinen Anstössen, die im Organismus die unendlich variierenden Lebensäusserungen veranlassen oder auslösen. Wir erkennen, dass die allen Lebewesen gemeinsame Eigenschaft, solche Reize zu empfinden, auch in den Dienst der Fortpflanzung tritt, und dass auf diese Weise ein neues interessantes Gebiet von Reizerscheinungen für die Physiologie erschlossen wird.

Eine noch grössere Bedeutung als bei den Algen gewinnt die ungeschlechtliche Fortpflanzung in dem grossen Reiche der Pilze, die in ihrem Leben gebunden an vorgebildete organische Substanzen von toten oder lebenden Organismen sehr viel mehr dem Spiel des Zufalls unterworfen sind und diesen Nachteil durch eine ungeheuere Fruchtbarkeit zu beseitigen suchen. Diese tritt in besonders auffälliger Weise bei jenen Pilzen hervor, die mehrere verschiedene Formen ungeschlechtlicher Fortpflanzung bei ein und derselben Species besitzen; giebt es doch Pilze, die 4, ja 5 verschiedene Sporen-Formen

erzeugen, deren genetischer Zusammenhang erst durch lange mühselige Arbeit sich feststellen lässt. Durch die Forschungen DE BARYS, seiner Schule, BREFFELDS, u. a. sind die Kulturmethoden auf eine hohe Stufe der Vollendung geführt und ist die Morphologie dieser Pflanzen mächtig gefördert worden. Bei allen den zahlreichen Untersuchungen handelte es sich darum, die Art und Weise der Fortpflanzung zu beobachten, den Zusammenhang verschiedener Pilzformen entwicklungs-geschichtlich nachzuweisen. Dagegen wird die uns hier interessierende Frage nach den physiologischen Bedingungen der Fortpflanzung noch kaum behandelt, und nur wenige Arbeiten, wie die HANSENS über die Sporenbildung der Hefe, berühren das Problem.

BREFFELD, der zur Zeit die reichste Erfahrung in der Kultur der Pilze besitzt, kommt zu dem Schluss, dass bei normaler Ernährung nicht äussere Bedingungen für das Auftreten und den Wechsel der Fortpflanzungsformen bei den Pilzen massgebend sind, sondern innere, in der Natur der Pflanze liegende Gründe. Doch lässt ein eingehendes Studium der Arbeiten BREFFELDS erkennen, dass seine Beobachtungen nicht zu dieser Folgerung nötigen, weil er die Frage nie in umfassender und zweckentsprechender Weise bearbeitet hat. Gleich das erste Beispiel unter den Pilzen, an dem die Abhängigkeit der Fortpflanzung von äusseren Bedingungen geprüft wurde, entsprach den Erwartungen, zu denen meine Algenstudien berechtigten. BACHMANN, einer meiner Schüler, untersuchte den zierlichen Schimmelpilz *Thamnidium elegans*, der an dem gleichen Fruchttträger zwei verschiedene Keimbehälter, sog. Sporangien, entwickelt, grosse einzelne am Ende stehende und kleinere an fein verzweigten Aesten seitlich sitzende. In unzweideutiger Weise hängen diese Fruchtformen von charakteristischen äusseren Bedingungen ab, sodass nach Belieben jede Form für sich allein oder beide zugleich zur Entwicklung gebracht werden können. Ebenso vermochte kürzlich in meinem Laboratorium SCHOSTAKOWITCH bei dem überall verbreiteten Pilz *Dematium pullulans* die verschiedenen Entwicklungsformen wie reine Mycel-Bildung, Hefesprossung, Gemmenbildung als not-

wendige Folgen äusserer Bedingungen zu erkennen. Es gelang ihm auch, den Zusammenhang vom Dematium mit einem früher als selbständig angenommenen Pilz Coniothecium nachzuweisen, der stets unter dem Einfluss höherer Temperatur aus Dematium erzielt werden kann. Während bei den Algen, als lichtbedürftigen Wesen, der Wechsel der Lichtintensität so oft wirkungsvoll ist, lehren die bisherigen Untersuchungen von Pilzen, dass bei ihnen mehr die chemische Zusammensetzung des Nährbodens und die Temperatur einflussreich sind.

Die wenigen Beispiele, die ich anführe, sind nur bedeutsam als die ersten Furchen in einem unbearbeiteten und doch fruchtbaren Boden, sie sollen anregen und auffordern, der noch immer herrschenden morphologischen Richtung in der Pilzkunde die physiologische an die Seite zu stellen, damit die staunenswerte Mannigfaltigkeit ungeschlechtlicher Fruchtformen in ihrem Verhältnis zur Aussenwelt unserem Verständnis näher gebracht wird und zugleich der Systematik neue Mittel gegeben werden, die Verwirrung in den Species zu lösen.

Bei den höheren Kryptogamen, den Moosen und Farnen tritt die ungeschlechtliche Fortpflanzung durchgängig als eine notwendige Stufe der Entwicklung auf, wie bei der Bildung der Sporen in der Mooskapsel, an den Farnblättern; ausserdem zeigt sie sich in verschiedenen Lebenszuständen mehr fakultativ, zum Teil sehr wichtig für starke Vermehrung. Die Beziehungen der verschiedenen Fortpflanzungsweisen zu den äusseren Kräften harren bisher noch der eingehenden Untersuchung; nur einiges Wenige will ich hervorheben, um anzudeuten, wie auch hier der Physiologie neue erfolgreiche Aufgaben erwachsen. Ich konnte nachweisen, dass die Moospflänzchen an dem aus Sporen entstehenden algenartigen Vorkeim, dem Protonema, nur unter der Mitwirkung heller Beleuchtung erzeugt werden. Sinkt die Intensität des Lichtes unter eine bestimmte Grenze, so kann die Ernährung, das Wachstum noch fortgehen, jedoch nicht mehr die Fortpflanzung, und dadurch wird es möglich, die Moose in ihrer sonst so rasch vergänglichen Jugendform beliebig lange zu erhalten.

Selbst in der Geschlechtspflanze der Farne, dem kleinen blattartigen Prothallium, das in wenigen Wochen nach der Erzeugung der jungen Farnpflanze zu Grunde geht, lässt sich die Fähigkeit erwecken, jahrelang zu wachsen und sich zu vermehren. Durch eine Schwächung der Lichtintensität wird die Bildung der weiblichen Geschlechtsorgane unterdrückt, so dass eine Befruchtung trotz der vorhandenen männlichen Organe unmöglich ist; zugleich werden die fortwachsenden Prothallien durch schwaches Licht veranlasst, ungeschlechtliche kleine Vermehrungssprosse zu bilden, die bei hellem Licht zu normalen Prothallien werden.

Bei den Phanerogamen treffen wir selten besondere Organe ungeschlechtlicher Fortpflanzung; doch kann diese auf vegetativem Wege durch Knollen, Zwiebeln oder durch Stecklinge und sonst künstlich hervorgerufene Knospenbildung in lebhafter Weise erfolgen. Indessen will ich darüber hinweggehen und mich lieber zu der geschlechtlichen Fortpflanzung wenden, die in viel höherem Grade das Interesse des Naturforschers erregt, weil sie als das eigentliche Lebensziel der meisten Organismen erscheint, zu dem alles, was in ihnen von Jugend an lebt und wirkt, unaufhaltsam hintreibt.

Der Zeugungsvorgang, dessen wesentlicher Charakter in der Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen liegt, bietet mit allem, was ihm vorausgeht und ihm nachfolgt, einen Reichtum von interessanten Lebensproblemen dar, die in tiefes Dunkel gehüllt den höchsten Reiz auf den Forscher ausüben. Im Zusammenhange mit den Erörterungen über die ungeschlechtliche Fortpflanzung drängt sich auch hier die Frage auf, ob die Physiologie im Stande ist, die Bedingungen, welche der Bildung der Geschlechtsorgane zu Grunde liegen, aufzudecken. Allgemein erfolgt die Bildung, wenn der Organismus einen gewissen Reifezustand erreicht hat, der als Folge eines vorhergehenden kräftigen Wachstums erscheint. Doch viele Gelehrte, unter ihnen DARWIN, HERBERT SPENCER, haben betont, dass die sexuelle Funktion ihrem Wesen nach dem Wachstum entgegengesetzt ist, weil mit dem Auftreten der Geschlechtsorgane ein Stillstand des Wachstums verknüpft

ist, und auch lebhaftes Wachstum zu einer Unterdrückung der Geschlechtsthätigkeit führen kann. Von diesem Standpunkt aus bietet sich ein Angriffspunkt für die experimentelle Forschung dar, da es möglich wäre, durch künstliche Hemmung des Wachstums eine vorzeitige oder lebhaftere Bildung der Geschlechtsorgane zu veranlassen. In der That werden seit langer Zeit in der Obstbaumzucht solche Versuche angestellt, bei denen Aepfel- und Birnbäume durch Beschneidung des Wurzelsystems zu lebhafterem Blühen gebracht werden. Die unzweifelhaft bestehende Beziehung zwischen Wachstum und Zeugung, die man unter den weiten Begriff der Correlation fasst, eröffnet aber noch keinen Weg für das physiologische Verständnis, weil die Art des Zusammenhanges völlig undurchsichtig bleibt und daher auf die verschiedenste Weise gedeutet werden kann. Eine klarere Einsicht gewinnen wir vielleicht, wenn wir auch hierbei die niederen Pflanzen voranstellen, bei denen die Aussenwelt unmittelbarer in das Leben eingreift.

Bei niederen Pflanzen, den Algen, treffen wir die beiden Hauptformen der geschlechtlichen Fortpflanzung an; bei der einen vereinigen sich zwei anscheinend gleichartige Zellen, bei der andern höheren Form ist eine Sonderung der Zellen in männliche und weibliche ausgesprochen. Alle Uebergänge zwischen beiden Befruchtungsformen finden sich sogar innerhalb der gleichen engbegrenzten Familie und beweisen, dass ihre prinzipielle Scheidung nicht möglich ist. Wie nun auch die Form der Geschlechtszellen sei, ihre Bildung hängt bei vielen Algen notwendig von äusseren Bedingungen ab. Nach meinen Untersuchungen lassen sich Pflanzen wie *Hydrodictyon*, *Vaucheria*, *Oedogonium* u. a. jederzeit zur geschlechtlichen Fortpflanzung veranlassen, oder durch deren Unterdrückung in sterilem, dabei wachstumsfähigem Zustande erhalten. Die grosse Sicherheit, mit der bei gesundem Material die Versuche gelingen, erlaubt es, die verschiedenen physiologischen Bedingungen zu erforschen.

In allen Fällen beobachten wir dabei die vorhin erwähnte Beziehung, die zwischen dem Auftreten der Geschlechtsorgane



und der Hemmung des Wachstums waltet. Jede der beiden Thätigkeiten verlangt die volle, durch die Ernährung gelieferte Summe der Kraft und zwingt die andere zum Stillstand. Daher müssen wir um die geschlechtliche Thätigkeit künstlich zu veranlassen solche Mittel anwenden, die das Wachstum behindern, z. B. Entziehung der dafür notwendigen anorganischen Salze. Aber es wäre sehr irrig daraus zu schliessen, dass die Wachstumshemmung die nächste wesentliche Ursache der Fortpflanzung wäre. Denn man kann Wachstumshemmung in verschiedener Weise herbeiführen, z. B. bei *Oedogonium* durch Verdunkelung oder durch mässig konzentrierte Salzlösungen, ohne dass deshalb Geschlechtsorgane entwickelt werden. Um das zu erreichen, müssen noch andere charakteristische äussere Bedingungen mitwirken.

Bei einfacheren Algen, wie dem Wassernetz, können die beweglichen gleichartigen Geschlechtszellen im Dunkeln entstehen und bei *Protosiphon*, einer Alge, die bisher irrthümlicherweise zu *Botrydium* gerechnet wurde, wirkt plötzliche Verdunkelung geradezu als Reiz zur Entwicklung der Geschlechtszellen. Dagegen bei der Mehrzahl der höheren Algen gehört das Licht zu den notwendigen Bedingungen des Geschlechtsprozesses. Das Licht liefert zunächst für die grünen Algen die Kraft zur Erzeugung der Nahrungsstoffe, die in sehr reichlicher Menge bei der Entwicklung der Geschlechtsorgane verbraucht werden. Auffällender ist es, dass das Licht noch in ganz spezifischer Weise dabei mitwirken muss. Man kann bei Algen die ernährende Rolle des Lichtes durch Kultur in kohlenstoffreichem Raume und durch Zusatz organischer Substanzen, z. B. Zucker, völlig ersetzen; die spezifische Rolle des Lichtes aber ist bisher unersetzlich und unerklärlich. Wir müssen uns vorläufig mit der Vorstellung begnügen, dass bei der Bildung der Geschlechtsorgane verwickelte chemische Vorgänge beteiligt sind, die analog wie der Ernährungsprozess des Lichtes bedürfen. Während aber der Ernährungsprozess auch bei schwachem Licht erfolgt, nur weniger ergiebig, ist die Wirkung des Lichtes auf die Geschlechtsorgane durchaus

an eine höhere Intensität gebunden, so dass beim Sinken unter eine bestimmte Grenze die Pflanze steril bleiben muss.

Doch auch bei nicht geminderter Beleuchtung unter sonst günstigen Verhältnissen kann die geschlechtliche Fortpflanzung nicht zur Entfaltung kommen, wenn besondere hemmende Umstände eintreten. Sehr auffällig wirken in dieser Richtung die anorganischen Nährsalze, wie Salpeter, phosphorsaurer Kalk u. a., Verbindungen, die bei der Ernährung und dem Wachstum nie fehlen dürfen. Schon eine relativ verdünnte Lösung von 0,2 % einer solchen Nährsalzmischung hemmt die Entwicklung der Geschlechtszellen bei Spirogyra, Oedogonium, welche Algen solange in sterilem Zustande verharren, bis sie wieder in reines Wasser übergeführt werden. Für die Wirkung der Nährsalzlösung ist es gleichgültig, ob das Wachstum ebenfalls gehemmt wird oder ungestört vor sich geht; die Sterilität ist eine direkte Folge der in zu grosser Menge den Zellen dargebotenen Salze.

Noch auf andere Weise kann die geschlechtliche Thätigkeit bei voller Lebenskraft unterdrückt werden: in lebhaft strömendem Wasser, in Bächen, Flüssen, ebenso in Aquarien mit rasch sich erneuerndem Wasser bilden einige Algen (mehrere Arten von Vaucheria, Oedogonium, Spirogyra) niemals Geschlechtsorgane, wachsen dagegen mit grosser Ueppigkeit. Prüft man die chemischen und physikalischen Eigenschaften des strömenden Wassers im Vergleich zum stehenden kleiner Teiche, so lässt sich kein Grund finden, der diese Hemmung erklären könnte. Denn weder die mechanische Reibung, noch das Wegschwemmen von Auswurfstoffen, noch die gleichmässig niedrigere Temperatur, noch die immer erneute Zuführung von Nährsalzen, Kohlensäure, Sauerstoff können für sich allein, wie besondere Versuche zeigen, eine solche Wirkung ausüben. Die Annahme bleibt als die wahrscheinlichste übrig, dass alle diese Eigenschaften des strömenden Wassers, besonders der Gehalt an den genannten Substanzen und die niedrigere Temperatur zusammenwirken, um ein ununterbrochenes Wachstum herbeizuführen. Nur wenige Tage des Aufenthaltes in kleiner, stehender Wassermenge genügen, um die geschlechtliche Thätigkeit

wieder anzuregen. Bei diesen Algen haben wir einen fast sicheren Fall, dass lebhaftes Wachstum, durch nichts gestört, die geschlechtliche Funktion beliebig lange hindert und den Pflanzen dadurch fortdauernde Jugend verleiht. Für die physiologische Forschung gewährt das Verhalten solcher Algen eine sehr bequeme Handhabe, stets steriles und dabei gesundes Versuchsmaterial zu besitzen.

Die Algen sind bisher die einzigen Pflanzen, bei denen die äusseren Bedingungen der geschlechtlichen Fortpflanzung so weit enthüllt sind, dass sie der willkürlichen Gewalt des Physiologen unterworfen ist. Für ihn beginnt erst jetzt die eigentliche Aufgabe, die Wirkung der verschiedenartigen Bedingungen zu erklären, indem er die von ihnen veranlassten Aenderungen im Innern der Zelle zu erkennen strebt. Ueberall stösst er hierbei auf neue, noch ungelöste Fragen, die zugleich der allgemeinen Physiologie angehören und nur im Verein mit ihr, wie mit Hilfe von Chemie und Physik sich erforschen lassen.

Noch sehr viel verwickelter stellt sich das Problem über die Bedingungen der Geschlechtsbildung bei den Blütenpflanzen. Denn jeder äussere Reiz, der irgend eine Wirkung auf die Geschlechtsteile ausübt, beeinflusst auch die anderen Organe der Pflanze, wie Wurzel, Stengel, Blätter, und deren Veränderungen leiten sich wieder auf die Geschlechtsorgane fort, so dass diese von der gleichen Reizquelle verschiedenartige Wirkungen erfahren, deren Erforschung ebenso schwierig wie der Gefahr des Irrtums leicht ausgesetzt ist. Daher geben auch die älteren Versuche, Pflanzen durch äussere Einwirkungen zu reichem Blühen zu bringen, so wenig sichere Resultate; und selbst wenn der Erfolg anscheinend glückt, so befriedigt er doch nicht, weil die ihn bedingenden Umstände nicht klar liegen. Ein Beispiel dafür ist die schon erwähnte Erfahrung, dass durch Beschneiden der Wurzeln die Blütenbildung der Obstbäume befördert wird. Niemand weiss, ob der Wurzelschnitt durch die dabei erregten Wundreize wirkt, in welchem Grade er die Ernährung, die Transpiration oder das

Wachstum beeinflusst, und ob er nur deshalb oder auch unmittelbar für die Blütenbildung von Bedeutung ist.

Die einzigen wissenschaftlichen Untersuchungen, die der neueren Zeit angehören, behandeln die Wirkung des Lichtes auf die Anlage und Ausbildung der Blüten. Den Arbeiten von SACHS verdanken wir den Nachweis, dass bei einer Anzahl Pflanzen die Blätter bei Mitwirkung des Lichtes für die Blütenbildung eine massgebende Rolle spielen. SACHS nimmt an, dass unter dem Einfluss des Lichtes in den Blättern besondere Substanzen erzeugt werden, die nach Art von Fermenten das Nahrungsmaterial zum Aufbau der Blüten verarbeiten. Diese angenommenen Blütenfermente sollen merkwürdigerweise nur durch die ultravioletten, für unser Auge unsichtbaren Strahlen des Sonnenspektrums entstehen. Es ist fraglich, ob diesen Versuchen von SACHS eine allgemeinere Bedeutung zukommt, da meine Experimente an Algen beweisen, dass diese Strahlen für die Entstehung der Geschlechtsorgane gleichgültig sind. Vielmehr stimmen mit den Erfahrungen an den Algen die Versuche VÖCHTINGS überein, welche die entscheidende Bedeutung der Lichtintensität zeigen. VÖCHTING beobachtete, dass durch Schwächung der Lichtintensität die Form und Grösse vieler Blüten verändert wird, grosse offene zu kleinen sich nicht öffnenden umgewandelt werden; er stellte fest, dass *Mimulus Tilingi* in schwachem Licht überhaupt keine Blüten mehr hervorbringt und jahrelang nur auf vegetativem Wege sich erhält, wobei Laubzweige direkt an Stelle von Blüten sich bilden können. So tritt uns bei dem Vergleiche der Blütenpflanze mit der so tief unter ihr stehenden Alge ein überraschend gleiches Verhalten zum Licht entgegen, wir stehen bei beiden vor dem gleichen noch ungelösten Problem, die spezifische Wirkung des Lichtes zu erklären.

Unzweifelhaft haben neben dem Licht noch andere äussere Bedingungen tiefgreifenden Einfluss auf die Blüten, und die Beobachtungen an den Algen können als Wegweiser dienen für die experimentelle Erforschung der höheren Pflanzen. So werden auch für die Phanerogamen die Nährsalze über eine gewisse Menge hinaus hemmende Wirkungen ausüben, und

vielleicht erklären sich daraus die praktischen Erfahrungen, dass auf stark gedüngtem Boden die Blütenbildung behindert wird. Andererseits wird sich durch Versuche entscheiden lassen, ob die häufige Unfruchtbarkeit der höheren Wasserpflanzen, wie GÖBEL vermutet, bloss durch das lebhaft geförderte Wachstum der Vegetationsorgane veranlasst wird, wofür das Verhalten der Algen in strömendem Wasser sprechen könnte.

Die bisherigen Erörterungen werden genügen, um erkennen zu lassen, dass sowohl die ungeschlechtliche, als die geschlechtliche Fortpflanzung in mannigfaltigster Abhängigkeit von der Aussenwelt steht, und dass dadurch der Physiologie bald schmalere, bald breitere Pfade zum Eindringen in die Probleme geöffnet werden. Beide Arten der Fortpflanzung finden sich in der Mehrzahl der Fälle bei ein und demselben Organismus, sei es Thier oder Pflanze, und die bedeutungsvolle Frage erhebt sich, in welchem Verhältnis diese Fortpflanzungsweisen im Leben der Species zu einander stehen. In die verwirrende Menge von Thatsachen, die durch die Beobachtung der verschiedenartigen Fortpflanzung aufgehäuft war, brachte die wichtige Arbeit STEENSTRUPS über den Generationswechsel (1842) überraschende Klarheit. Durch sie wurde der Nachweis geführt, dass der Lebensgang vieler niederen Tiere nicht in der allmählichen Entwicklung eines einzelnen Individuums abläuft, sondern sich in einem bestimmten und notwendigen Wechsel von ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Individuen vollzieht.

Diese Entdeckung des Generationswechsels bei Tieren wirkte befruchtend auch auf die Botanik ein, in der HOFMEISTER entsprechende Erscheinungen bei Farnen und Moosen nachwies. Halten wir uns an den typischen Fall bei den Farnkräutern, so bemerken wir, dass die beblätterte Pflanze die ungeschlechtliche Generation vorstellt, deren Keimzellen, die Sporen, eine ganz andersartige Geschlechtsgeneration, das zarte, kleine Prothallium erzeugen, an dem durch einen Befruchtungsprozess wieder die ungeschlechtliche Farnpflanze entsteht. Beide Generationen sind ihrer Form und Funktion nach verschieden, sind selbständig frei, müssen aber notwendig auf-

einanderfolgen, wenn der normale Kreis der Entwicklung durchlaufen werden soll. Dieser Generationswechsel beruht auf inneren fest vererbten Eigenschaften des Organismus, und lässt sich nur durch Hypothesen erklären, die auf die Stammgeschichte zurückgreifen.

Auch bei den niederen Pflanzen, den Algen und Pilzen mit ihren so äusserst mannigfaltigen Fortpflanzungsweisen, hat man einen entsprechenden Generationswechsel angenommen. CELAKOWSKI und BOWER haben betont, dass die ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Generationen sich morphologisch nahe stehen, einander homolog sind und PRINGSHEIM hob hervor, dass die Zahl der ungeschlechtlichen Generationen nicht scharf bestimmt ist. Hier bot sich der Physiologie ein Angriffspunkt dar, da die Unregelmässigkeit des Generationswechsels zu der Frage nötigte, ob nicht die Aussenwelt irgend eine Rolle dabei spielt. In der That zeigen meine Untersuchungen, dass bei den daraufhin geprüften Algen gar kein Wechsel von geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Individuen stattfindet, sondern nur ein Wechsel der Fortpflanzungsweisen, der in Abhängigkeit von der Aussenwelt steht. Die Bedingungen für die geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung sind bei jedem Organismus verschieden; so lässt sich bei *Vaucheria* das gleiche Individuum durch schwaches Licht zur Zoosporenbildung, durch intensiveres zur Geschlechtsthätigkeit veranlassen. Es ist möglich, dass die Mehrzahl der Thallophyten das gleiche Verhalten zeigt, was sich nicht theoretisch, sondern nur durch das Experiment entscheiden lässt. Aber ebenso denkbar ist es, dass bei gewissen Arten bereits der Anfang eines gesetzmässigen Generationswechsels zu finden ist. Wir beobachten, dass die geschlechtlich erzeugten Keime sehr regelmässig zuerst auf ungeschlechtlichem Wege sich vermehren; warum sollte hier nicht eine Beziehung herrschen, die bereits bei Algen zu einer notwendigen, fest vererbten Eigenschaft des Organismus geworden wäre. Bei der bisher am genauesten untersuchten *Vaucheria* ist es sicher noch nicht der Fall, da die befruchtete Eizelle nach Belieben sich zwingen lässt nur zu wachsen, oder ungeschlechtlich oder gleich wieder

geschlechtlich sich zu vermehren. Wohl aber könnte eine solche Gesetzmässigkeit z. B. im Leben von Coleochaete walten, was nachzuweisen erst eine Aufgabe der Zukunft sein wird.

Der Wechsel von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung, sei es bei einzelnen Individuen, sei es bei ganzen Generationen, verliert bei den höheren Pflanzen an Bedeutung, wiewohl bei diesen noch Andeutungen in dem Wechsel von vegetativen und blühenden Sprossen vorliegen. Bei den höheren Tieren herrscht allein die geschlechtliche Zeugung. Ohne Zweifel ist die ungeschlechtliche die einfachere, für die schnelle Vermehrung vorteilhaftere Art; man fragt sich, warum sie nicht im Leben aller Organismen waltet, warum diese Vereinigung der Geschlechter von den niedersten bis zu den höchsten Lebewesen in immer steigendem Masse an Bedeutung gewonnen hat. Unwillkürlich glaubt man dem Zeugungsvorgang etwas Mystisches und Unfassbares zuschreiben zu müssen, das mit dem innersten Wesen des Organismus zusammenhängt und notwendig zum Leben der Species gehört. Besonders bei Zoologen begegnet man der Ansicht, dass die Sexualität eine primäre, allen Organismen zukommende Funktion ist, während die Botaniker annehmen, dass die geschlechtliche Fortpflanzung sich erst allmählich aus der ungeschlechtlichen entwickelt hat. Anscheinend liegen für die erste Ansicht Beweise in den interessanten Arbeiten von MAUPAS vor, die die Konjugation der Infusorien behandeln. MAUPAS stellte durch Versuche fest, dass diese kleinen Tiere sich durch einfache Zweiteilung nur eine begrenzte Zahl von Generationen hindurch vermehren können, dass bei Ueberschreitung der Grenze eine allmähliche Degeneration der Zellen um sich greift und die Infusorien dem Untergange weicht. Sowie dagegen vorher eine geschlechtliche Vereinigung zweier Individuen eingetreten ist, so kann die ungeschlechtliche Vermehrung wieder längere Zeit fortgehen. Die Konjugation verleiht nach MAUPAS den Zellen eine verjüngende Kraft, die häufig jeder geschlechtlichen Vereinigung von Organismen zugeschrieben wird. In Uebereinstimmung mit dieser Auffassung steht die bei Pflanzenzüchtern vielfach verbreitete Ansicht, dass Kulturpflanzen, die sehr lange nur ungeschlecht-

lich fortgepflanzt worden sind, deshalb einer greisenhaften Degeneration verfallen.

Wenn man auch die Richtigkeit der Versuche von MAUPAS anerkennt, so fragt man sich doch, ob die daraus gezogene Folgerung eine allgemeine Geltung hat oder ob nicht ein besonderer Fall bei den Infusorien vorliegt. Wir kennen schon lange ein anderes ähnliches Beispiel in den kleinen Kieselalgen, den Diatomeen, die nur eine begrenzte Zahl von Generationen sich teilen können, weil sie sich bei jeder Teilung fort und fort verkleinern; sie bilden von Zeit zu Zeit Sporen, durch die sie ihre normale Grösse wieder erlangen. Auch hier können wir von einem Verjüngungsprozess sprechen, der bei dem einen Teile der Diatomeen geschlechtlich, bei dem andern ungeschlechtlich verläuft, woraus folgt, dass die Sexualität kein durchaus notwendiges, sondern nur ein gelegentlich brauchbares Mittel darstellt. Wie wenig die von MAUPAS u. a. vertretene Auffassung der Befruchtung als Erzeugerin lebensverjüngender Kraft allgemein richtig sein kann, das wird durch das Verhalten jener Algen einleuchtend, die bei geschlechtlicher Fortpflanzung ihr Leben in wenigen Wochen vollenden, bei künstlicher Sterilität sich jahrelang jung und frisch erhalten lassen. Das gleiche beweist das Experiment, das die Natur im Grossen mit jenen Algen anstellt, die im strömenden Wasser Jahre, Jahrzehnte hindurch, wer weiss wie lange, ohne Geschlechtsorgane üppig vegetieren. Jene vermeintlichen Thatsachen, die eine Degeneration von Kulturpflanzen nach langer ungeschlechtlicher Vermehrung beweisen sollen, ruhen, wie schon MÖBIUS betonte, auf ganz unsicherem Boden, während es zweifellos ist, dass alte Kulturpflanzen, wie die Banane, die Feige u. a., seit Jahrhunderten ungeschlechtlich und ohne Schaden vermehrt worden sind. Ganz genau bekannt ist es, dass die Trauerweide, am Ende des vorigen Jahrhunderts nach Europa eingeführt, nur durch Stecklinge fortgepflanzt wird, dass die Wasserpest *Elodea* seit 1830 in ungeheurer Menge, durch zahllose Generationen sich nur ungeschlechtlich vermehrt hat, da eine Befruchtung wegen des Mangels an männlichen Pflanzen ausgeschlossen ist. Aus diesen Thatsachen folgt nicht, dass eine Degene-



ration empfindlicher Kulturvarietäten wegen fehlender Befruchtung unmöglich ist; wohl aber folgt, dass kein allgemein gültiges Gesetz die Welt der Organismen beherrscht, nach welchem die geschlechtliche Fortpflanzung, sei es beständig, sei es wenigstens von Zeit zu Zeit, neue verjüngende Kräfte dem Leben einflössen muss.

Die Ansicht, dass die Sexualität eine Grundfunktion jedes Organismus ist, lässt sich noch auf anderem Wege widerlegen. Bei aller Anerkennung des Satzes, dass negative Resultate eine beschränkte Beweiskraft haben, bleibt es doch eine zu auffällige Thatsache, dass bei einer so grossen Menge niederer Organismen geschlechtliche Fortpflanzung niemals beobachtet worden ist, und darunter befinden sich die so sorgfältig untersuchten Bakterien neben Flagellaten, Phycochromaceen u. s. w. Bedeutungsvoller ist es, dass nach den Untersuchungen BREFELDS das zahllose Heer der höheren Pilze nur ungeschlechtlich sich fortpflanzt, während bei niederen Pilzen noch Sexualität vorkommt. Am entscheidensten sind indessen jene merkwürdigen Vorgänge der Parthenogenesis bei der die Eizellen im Stande sind, sich ohne Befruchtung weiter zu entwickeln. Nachdem SIEBOLD als der erste diese jungfräuliche Zeugung bei gewissen Insekten nachgewiesen hatte, wurde sie bei vielen anderen Thieren beobachtet, während bis heute bei Pflanzen kaum ein sicheres Beispiel (vielleicht *Chara crinita*) dafür bekannt ist, solange man die echte Parthenogenesis darauf beschränkt, dass sicher befruchtungsfähige Geschlechtszellen auch ohne Befruchtung zur Entwicklung kommen. Gelegentliche Beobachtungen von DODEL, BERTHOLD u. a. über parthenogenetische Erscheinungen bei den niedersten Pflanzen führten mich zu Versuchen, sie künstlich zu veranlassen. Bei der grünen Fadenalge *Spirogyra*, bei der bereits der deutliche Anfang einer Geschlechtssonderung sich findet, gelang es mir, durch Einwirkung einer Salzlösung im geeigneten Augenblick die Vereinigung der Geschlechtszellen zu verhindern. Diese, die männlichen, wie die weiblichen, wandelten sich in Sporen um, die vollkommen den sonst durch die Befruchtung gebildeten Produkten glichen und in derselben Weise keimten. Besonders lehrreich verhält sich die kleine

Alge *Protosiphon*, die man sehr leicht dazu reizen kann, geschlechtliche Schwärmer zu erzeugen, die äusserst lebhaft im Wasser schwimmen und zu je zweien mit einander verschmelzen. Der kleine Zusatz einer Salzlösung genügt, um den der Kopulation so bedürftigen Schwärmern plötzlich Lust und Fähigkeit dafür zu rauben. Statt sich zu suchen, aufeinander zu stossen, bewegen sie sich gleichgültig neben einander, kommen ohne Kopulation zur Ruhe und bilden dennoch keimfähige Sporen. Auch andere Algen, wie *Ulothrix*, *Hydrodictyon* lassen sich zu einer solchen Parthenogenesis bringen, und wahrscheinlich gilt das Gleiche für zahlreiche niedere Formen. In den besprochenen Fällen wirken kleine Aenderungen der Lebensbedingungen mit, eine künstliche Parthenogenesis hervorzurufen. In der höher stehenden Alge *Draparnaldia* tritt uns ein Beispiel entgegen bei dem anscheinend ohne äussere Einwirkungen die gleichen Geschlechtszellen sowohl nach der Vereinigung von je zweien als auch ohne eine solche dieselben keimfähigen Produkte erzeugen. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist also bei diesen niederen Pflanzen rein fakultativ, sie kann, aber muss nicht erfolgen; das wesentliche Ziel wird dennoch erreicht. Wir stehen hier an dem Punkte, wo ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung ineinander übergehen.

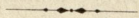
Alle die verschiedenen Beobachtungen und Versuchsergebnisse führen zum Siege jener Auffassung, dass die geschlechtliche Fortpflanzung keine ursprüngliche, notwendige Funktion jedes Organismus ist, und dass sie sich von der ungeschlechtlichen herleitet. Wollen wir weitergehen und zu erkennen suchen, wie dieser Vorgang sich vollzogen, warum die geschlechtliche Zeugung schliesslich die herrschende Macht erlangt hat, so müssen wir den sicheren Boden verlassen und uns auf den Wellen der Hypothese schaukeln. Doch ist es zu verlockend, wenigstens einigen Gedanken zu folgen, die bei diesen Fragen sich aufdrängen. Wenn wir die erkennbaren Wirkungen der Befruchtung ins Auge fassen, so erhalten wir den überzeugenden Eindruck, dass durch sie nichts ihr eigenständliches, nichts anderes geschaffen wird, als was bei manchen Organismen nicht ebenso durch ungeschlechtliche Fortpflanzung

erreichbar ist. Die geschlechtliche kann schon bei niedern Pflanzen die einzige Art der Vermehrung sein, sie dient bei andern dazu, Keime zu bilden, die in der Ungunst äusserer Umstände die Species erhalten müssen. Sie vermag bei Diatomeen, Infusorien die aus fortgesetzter Teilung sich ergebenden Nachteile, seien es solche der Grösse, seien es die der inneren Organisation, zu beseitigen, und vor allem kommt ihr die ausserordentlich wichtige Rolle bei der Entstehung und Umbildung der Arten zu, die seit DARWIN in den Vordergrund gestellt wird. Alles dieses kann auch auf ungeschlechtlichem Wege bei nahverwandten Organismen errungen werden, sogar eine grosse Mannigfaltigkeit in der Artbildung, wofür die geschlechtslosen Bakterien ein deutliches Beispiel sind.

Wenn nun auch bei niederen Organismen die beiden Fortpflanzungsweisen sich in allem vertreten können, so müssen doch mit der Sexualität in bestimmter Richtung Vorteile verbunden sein, und sie liegen darin, dass durch die Vereinigung zweier Zellen eine grössere Kraftsumme zur Verfügung steht. Für keine der Wirkungen ist aber die Vereinigung von entscheidenderer Bedeutung als für die Förderung der Artbildung. Denn die bald schon auftretenden Einrichtungen, die Vermischung blutsverwandter Geschlechtszellen zu verhindern, die Sonderung des männlichen und weiblichen Geschlechts, die Möglichkeit der Bastardbefruchtung, alles wirkt zusammen, dass die sich vereinigenden Zellen durch individuelle Verschiedenheiten in der Organisation ausgezeichnet sind. Infolgedessen kommen eigenartige Mischungen der elterlichen Eigenschaften in den Nachkommen zur Entfaltung, und damit sind die ersten Schritte zur Varietätenbildung gegeben. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist daher eine sehr viel mächtiger sprudelnde Quelle der Variabilität und hat mit der allmählich höheren Entwicklung der Arten die ungeschlechtliche in den Hintergrund gedrängt und auf engere Kreise beschränkt. Die höheren Pflanzen gestatten noch, den charakteristischen Unterschied der beiden Fortpflanzungsweisen zu erkennen; denn die praktischen Ergebnisse der Pflanzenzucht lehren uns, dass die besonderen Merkmale irgend einer ausgezeichneten Varietät

oder Rasse sich leichter durch ungeschlechtliche Vermehrung auf die Nachkommen vererben lassen, als durch die Befruchtung, die nach verschiedenen, oft sehr unerwünschten Richtungen abweichende Individuen hervorruft.

Hiermit berühren wir den Zusammenhang von Zeugung und Vererbung, eine jener Fragen, um die gerade in heutiger Zeit der heftigste Kampf widerstreitender Anschauungen wogt. Es liegt mir fern, darauf einzugehen; mir schwebte nur das Ziel vor, aus der unerschöpflichen Fülle von Problemen, die in der Fortpflanzung sich darbieten, solche herauszugreifen, die der Physiologe in seiner Arbeitsstätte zuversichtlicher als Faust mit Hebeln und mit Schrauben zu lösen gedenkt. Die Resultate sind noch klein und unscheinbar; ihr Wert besteht weniger in dem, was sie im Augenblick sind, als was sie für die Zukunft bedeuten. Sie erscheinen als die ersten glückverheissenden Spuren edlen Metalles, die in dem dunkeln scheinbar undurchdringlichen Gestein dem Forscher entgegenblinken und ihn mit hoffnungsvollem Ahnen erfüllen, dass einst herrlich schimmernde Erzstufen reichen Wissens, lebendiger Erkenntnis aus der Tiefe an das Licht gefördert werden.



---

Druck von Ant. Kämpfe, Jena.

UB Wien



+AM505836300

# Verlag von Gustav Fischer in Jena.

---

**Molisch**, Dr. Hans, a. o. Professor an der technischen Hochschule in Graz, Grundriss einer Histochemie der pflanzlichen Genussmittel. Mit 15 Holzschnitten. 1891. Preis: 2 Mark.

Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Eine physiologische Studie. Mit einer farbigen Tafel. 1892. Preis 3 Mark.

**Pringsheim**, N., Gesammelte Abhandlungen, herausgegeben von seinen Kindern. Erster Band. Mit einem Bildniss des Verfassers und 28 lithogr. Tafeln. 1895. Preis: 20 Mark.

*Die gesammelten Abhandlungen erscheinen in 4 Bänden, deren Preis 60 Mark nicht übersteigen wird.*

**Rohde**, Dr. Friedrich, Ueber den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Entstehung und Vererbung individueller Eigenschaften und Krankheiten. 1894. Preis 3 Mark.

**Schimper**, Dr. A. F. W., a. o. Professor der Botanik an der Universität Bonn. Botanische Mittheilungen aus den Tropen.

Heft 1: Die Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Ameisen. Mit einer Tafel in Lichtdruck und 2 lithographischen Tafeln. 1888. Preis: 4 Mark 50 Pf.

Heft 2: Die epiphytische Vegetation Amerikas. Mit 4 Tafeln in Lichtdruck und 2 lithographischen Tafeln. 1888. Preis: 7 Mark 50 Pf.

Heft 3: Die indo-malaysche Strandflora. Mit 7 Textfiguren, einer Karte und 7 Tafeln. 1891. Preis 10 Mark.  
(Heft 1—3 vom Herausgeber).

Heft 4: Schenck, Dr. H., Privatdozent an der Universität Bonn, Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen, im Besonderen der in Brasilien einheimischen Arten. I. Teil: Beiträge zur Biologie der Lianen. 1892. Preis: 15 Mark.

Heft 5: Schenck, Dr. H., Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen. II. Teil: Beiträge zur Anatomie der Lianen. Mit 12 Tafeln und 2 Zinkographien im Text. 1893. Preis: 20 Mark.

Heft 6: Möller, Alfred, Die Pilzgärten einiger südamerikanischer Ameisen. Mit 7 Tafeln und 4 Holzschnitten im Text. 1893. Preis: 7 Mark.

Heft 7: Möller, Alfred, Brasilische Pilzblumen. Mit 8 Tafeln. 1895. Preis: 11 Mark.

Heft 8: Möller, Alfred, Protobasidiomyceten. Untersuchungen aus Brasilien. Mit 6 Tafeln. 1895. Preis: 10 Mark.

**Schulz**, Dr. August, Grundzüge einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt Mitteleuropas seit dem Ausgang der Tertiärzeit. 1894. Preis: 4 Mark.

**Stahl**, Dr. E., o. ö. Professor der Botanik an der Universität Jena. Ueber sogenannte Compasspflanzen. Mit 1 Tafel. Zweite unveränderte Auflage. 1883. Preis: 75 Pf.

Ueber den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Mit 1 Tafel. 1883. Preis: 1 Mark 50 Pf.

## Verlag von Gustav Fischer in Jena.

**Strasburger,** Dr. Eduard, o. ö. Professor der Botanik an der Universität Bonn. **Histologische Beiträge.**

Heft 1: Ueber Kern- und Zelltheilung im Pflanzenreiche nebst einem Anhang über Befruchtung. Mit 3 lithographischen Tafeln. 1888. Preis: 7 Mark.

Heft 2: Ueber das Wachstum vegetabilischer Zellhäute. Mit 4 lithographischen Tafeln. 1889. Preis: 7 Mark.

Heft 3: Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leistungsbahnen in den Pflanzen. Mit 5 lithographischen Tafeln und 17 Abbildungen im Text. 1891. Preis: 24 Mark.

Heft 4: Das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen. Schwärmosporen, Gameten, pflanzliche Spermatozoiden und das Wesen der Befruchtung. Mit 3 lithographischen Tafeln. 1892. Preis: 7 Mark.

Heft 5: Ueber das Saftsteigen. — Ueber die Wirkungssphäre der Kerne und die Zellgrösse. 1893. Preis: 2 Mark 50 Pf.

——— Zellbildung und Zelltheilung. Dritte völlig umgearbeitete Auflage. Mit 14 Tafeln und einem Holzschnitt. 1880. Preis: 15 Mark.

——— Die Angiospermen und die Gymnospermen. Mit 22 Tafeln 1879. Preis: 25 Mark.

——— Ueber den Bau und das Wachstum der Zellhäute. Mit 8 Tafeln. 1882. Preis: 10 Mark.

——— Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung. Mit 2 lithographischen Tafeln. 1884. Preis: 5 Mark.

——— Das botanische Practicum. Anleitung zum Selbststudium der mikroskopischen Botanik für Anfänger und Geübtere. Zugleich ein Handbuch der mikroskopischen Technik. Mit 193 Holzschnitten. Zweite umgearbeitete Auflage. 1887. Preis: brosch. 15 Mark, gebunden 16 Mark.

——— Das kleine botanische Practicum für Anfänger. Anleitung zum Selbststudium der mikroskopischen Botanik und Einführung in die mikroskopische Technik. Zweite umgearbeitete Auflage. Mit 110 Holzschn. Preis: 5 Mark, geb. 6 Mark.

**von Tavel,** Dr. F., Docent der Botanik am Eidgen. Polytechnikum in Zürich. **Vergleichende Morphologie der Pilze.** Mit 90 Holzschnitten. 1892. Preis: 6 Mark.

**de Vries,** Hugo ord. Professor der Botanik an der Universität Amsterdam, **Intracellulare Pangenesis.** 1889. Preis 4 Mark.

——— Die Pflanzen und Thiere in den dunkeln Räumen der Rotterdamer Wasserleitung. Bericht über die biologischen Untersuchungen der Crenothrix-Commission zu Rotterdam vom Jahre 1887. Preis: 1 Mark 80 Pf.

**Weismann,** Dr. August, Professor in Freiburg i. Br., **Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung.** Mit 24 Abbildungen im Text. 1892. Preis: 12 Mark.

——— Aufsätze über Vererbung und verwandte biologische Fragen. Mit 19 Abbildungen im Text. 1892. Preis: 12 Mark.

——— Die Allmacht der Naturzüchtung. Eine Erwiderung an Herbert Spencer. 1893. Preis 2 Mark.

——— Aeussere Einflüsse als Entwicklungsreize. 1894. Preis: 2 Mark.

Soeben erschienen:

——— Neue Gedanken zur Vererbungsfrage. Eine Antwort an Herbert Spencer. 1895. Preis: 1 Mark 50 Pf.