



Staats- und
Universitätsbibliothek
Bremen

Staats- und Universitätsbibliothek Bremen

DFG Projekt Die Grenzboten

Die Grenzboten

Berlin u.a., 1841 - 1922

Die geschlechtliche Fortpflanzung der Gewächse.

urn:nbn:de:gbv:46:1-908

Die geschlechtliche Fortpflanzung der Gewächse.

Die Schnelligkeit der Colonisation weiter Landstriche durch Culturvölker der alten und der neuen Zeit erregt stets aufs Neue unser gerechtes Erstaunen. Nicht ohne Selbstgefühl pflegen wir uns zu sagen, daß unter den modernen Nationen vor allen die germanischen Stammes es sind, welche das stärkste Ausbreitungsgstreben, den erfolgreichsten Trieb der Besitznahme wüsten oder schlecht bewirthschafteten Bodens kund geben. Und doch, was ist die rasche Germanisirung der jetzt deutschen Länder rechts der Elbe, was die reißend schnelle Besetzung der weiten Continente Nordamerikas und Australiens gegen die Eile und die Energie, mit welcher die Pflanzenwelt den Besitz herrenlosen Bodens ergreift? Wo immer nur auf der Erde, unter Verhältnissen, welche überhaupt eine Vegetation gestatten, ein vegetationsleerer Raum gebildet werden möge, da bekleidet er sich binnen kürzester Frist mit einer Pflanzendecke. Die neuen Ansiedler sind allerwärts die Nachkommen von Pflanzen anderer Standorte, keine neuen Erschaffungen. Die Erfahrung lehrt uns dies mit ausnahmsloser Giltigkeit, für den Anflug junger Birken auf der Stätte eines Waldbrandes so gut, wie für den Ueberzug von Schimmel, der auf einer feuchten Brodkruste sich bildet. Der neue Boden wird bevölkert durch die Ankunft zur Weiterentwicklung gelangender Keime, aus dem Zusammenhang mit dem Mutterstock gelöster Theile von Individuen anderwärts gewachsener Pflanzen.

Solche vom mütterlichen Organismus sich trennende, der selbständigen Vegetation fähige Keime sind bei nicht wenigen auch der zusammengesetztest gebauten Pflanzen unmittelbare Hervorbringungen der ununterbrochen verlaufenden Entwicklung. Die Brutzwiebeln vieler Lilien und Laucharten, die Knollen der Kartoffeln, die Ausläufer der Erdbeerstauden — sie alle sind in der Entfaltung nur wenig von den übrigen Sprossen der Mutterpflanze abweichende Zweige, alle mit dem Vermögen begabt, nach Abtrennung von dem Stammgewächs für sich allein fortzuwachsen. Unter den Gewächsen einfacherer Organisation ist die Fortpflanzung durch Weiterentwicklung aus dem Zusammenhange der Mutterpflanze ohne weitere Vorbereitung sich lösender Theile von ausgedehntester Verbreitung. Aber ungleich häufiger, als diese Fortpflanzung durch Brutknospen oder durch Theilung ist unter den complicirter organisirten Gewächsen diejenige, bei welcher es der Einwirkung eines nur für diese Thätigkeit bestimmten Organs auf ein anderes eigenthümliches Gebilde bedarf, um das letztere zur Fortentwicklung auch nach seiner Abtrennung von der Stammpflanze zu befähigen. Und keinem Typus pflanzlicher Gestaltung, auch nicht dem ein-

fachsten, fehlt diese Form der Fortpflanzung. Die ausnahmslose Nothwendigkeit des Zusammenwirkens der beiderlei Organe zur Hervorbringung eines neuen Keimes bietet uns die schlagendste Analogie mit der thierischen Zeugung, und es verdient diese Vermehrungsweise der Gewächse mit vollstem Recht die allgemein ihr, beigelegte Bezeichnung der geschlechtlichen.

Wir stehen hier vor einem der tiefsten Geheimnisse der organischen Natur. Wozu die umständliche, in ihrem Gelingen nur zu häufig von Zufälligkeiten abhängige geschlechtliche Befruchtung, da doch die Pflanze so oft auch andere einfachere Mittel und Wege der Fortpflanzung besitzt? Wäre das Ergebniß der Befruchtung lediglich die Vermehrung der Individuenzahl, so müßte sie uns bei vielen Pflanzen als eine überflüssige Einrichtung erscheinen. Fern sei uns der vermessene Versuch, durch bodenlose Vermuthungen die weit gährende Lücke unserer Kenntniß auszufüllen. Unsere Aufgabe soll eine bescheidnere sein. Wir wollen in raschem Ueberblick die wesentlichen Erscheinungen der mannigfaltig verschiedenen Formen geschlechtlicher Fortpflanzung der Vegetabilien nebeneinanderstellen, und so einige allgemeinere Gesichtspunkte für die Betrachtung des verwickelten Gegenstandes zu gewinnen suchen.

Wir können die Thätigkeit der Organe geschlechtlicher Fortpflanzung der Gewächse zurückführen auf das Zusammenwirken einer Zelle des befruchtenden Organes mit einer Zelle des keimbereitenden: auf das Zusammenwirken zweier der Hohlrörper mit für Flüssigkeiten und Gase durchdringbaren Wänden und wasserhaltigem, flüssigem und festem Inhalte, aus denen die Pflanzen aufgebaut sind. Bei den blüthentragenden Pflanzen sind jene Befruchtungswerkzeuge in Form und innerem Baue von den übrigen nicht allzusehr abweichende Blätter. Die Anhäufungen solcher Blätter, einer oder beider Arten, und der in Kreisen sie umstehenden durch Form und Farbe von den Laubblättern verschiedenen Hüllblätter an den Enden bestimmter Zweige stellen das dar, was wir die Blüthen der Pflanze zu nennen gewohnt sind. Diejenigen Blätter, welche die befruchtenden Zellen in sich erzeugen, führen die Namen der Staubblätter, Staubgefäße, Stamina. Bestimmte Zellen der inneren Gewebe dieser Blätter treten aus dem organischen Zusammenhange mit den übrigen; sie sind, bei der völligen Ausbildung, der Reife des Staubblattes, frei liegende einzelne Zellen oder Zellengruppen, denen durch die Entstehung von Oeffnungen in den äußeren, oberflächlichen Zellschichten des Staubblattes die Möglichkeit gegeben wird, ihre Bildungsstätte zu verlassen. Mit seltenen Ausnahmen ist der Entwicklungsgang der Art, daß in dem oberen, anschwellenden Theile des Staubblattes, welcher Anthere oder Staubbeutel genannt wird, vier parallele Längsreihen von größeren Zellen sich aussondern; daß dann der Zusammenhalt dieser Zellen unter sich und mit den übrigen Geweben der Anthere gelockert wird. Darauf entstehen in jeder der frei gewordenen Zellen durch Theilung ihres Innenraumes vier

Tochterzellen, die nach Verdickung ihrer Wandungen durch Verflüssigung der äußeren Schichten der Wände frei werden, und nun frei in der Inhaltsflüssigkeit von Hohlräumen der Anthere schwimmen. Diese Flüssigkeit verliert sich mehr und mehr mit vorschreitender Reifung des Staubblattes. Die Anthere trocknet mehr und mehr aus. Infolge ungleichmäßiger Austrocknung der ihre Hohlräume umhüllenden Schichten reißen diese in bestimmter Weise auf. Die in den Höhlungen enthaltenen freien Zellen kommen mit der Luft in unmittelbare Berührung. Diese Zellen, jetzt ein feines Pulver darstellend, heißen Blütenstaub oder Pollen. Die Pollenzelle zeigt zwei deutlich unterschiedene Schichten ihrer Wand: eine äußere, sprödere, verschiedenartig gefärbte, und eine innere, dehnbarere, farblose.

Diejenigen Blattoorgane der Blüthe, welche bestimmt sind, die durch die Befruchtung zur Weiterentwicklung anzuregenden Keime zu erzeugen, die Fruchtblätter oder Carpelle, vereinigen ihre seitlichen Ränder und bilden so Hohlräume, deren unterer Theil bedeutend erweitert, deren mittlerer enger, deren oberster knopf- oder bandähnlich ausgebreitet zu sein pflegt. Man nennt jenen bauchigen untern Theil Fruchtknoten oder Germen, den ihn überragenden, von einem engen Kanale durchzogenen Halstheil Griffel oder Stylus, die endständige Ausbreitung desselben Narbe oder Stigma.

Aus der Innenwand des Fruchtknotens, und zwar in der Regel aus Bewachungsstellen der Seitenränder von Carpellen, entwickeln sich in die Höhlung derselben hinein Sprossungen aus Zellgewebe, welche sich in den meisten Fällen durch das Hervorwachsen krausenähnlicher Ringwülste aus ihrem Grunde mit einer oder mehreren, am Scheitel offenen Hüllen umkleiden. Diese Sprossen, die Cythen der Pflanze, sind es, in deren Innerem die Keime neuer Individuen erzeugt werden. Eine in der Längsachse des Cythens liegende Zelle, sehr selten mehre solche, nimmt an Größe beträchtlich zu, ihre Nachbarzellen zusammendrückend und verdrängend: bei vielen Pflanzen in dem Maße, daß sie den ganzen von den Cyhüllen umschlossenen Raum, oder doch den größeren oberen Theil desselben einnimmt. Diese Zelle heißt der Embryosack. geraume Zeit vor der Befruchtung, meist lange vor dem Oeffnen der Blume, entstehen in ihrem der Oymündung zugewendeten Ende, durch Zellbildung aus einem Theile ihres Inhalts, einige — selten mehr als drei — ursprünglich freie, weiterhin aber der Scheitelwölbung des Embryosackes sich fest einschmiegende und anhaftende, zartwandige Zellen, die Keimbläschen.

Bei allen Pflanzen wird Pollen in viel größerer Masse gebildet, als zu befruchtende Cythen. Das Mißverhältniß der Zahl wird da ganz excessiv, wo durch Vertheilung der Befruchtungsorgane beiderlei Art an verschiedene Sprossen oder Individuen das Zusammenbringen der Fortpflanzungszellen lediglich dem Zufalle überlassen ist: bei der Kiefer nach sehr mäßigem Ueberschlage wie

1 zu 400,000, bei der Haselnuß wie 1 zu einer Million, dem Tagus wie 1 zu 2 Millionen. Die Ausbildung des Pollens schreitet der der Eychen beträchtlich voraus; bisweilen um sehr lange Zeiträume: um zwei Monate bei unsern deutschen Eichenbäumen; um vierzehn Monate bei mehreren südeuropäischen und nordamerikanischen Eichenarten. Die Narbe ist in allen diesen Fällen verspäteter Entwicklung der Eychen schon bei dem Versten der Antheren vorhanden, und auf diese wird der Pollen unmittelbar nach seiner Reise gebracht. Aber seine weitere Entwicklung erleidet eine lange Verzögerung und Unterbrechung.

Für die Einleitung zur Befruchtung ist es unerlässlich, daß Pollen auf die Narbe gelange. Diese ist zur Zeit des Verstens der Antheren durch Auswachsen der Zellen ihrer Oberfläche zu Papillen sammtartig rauh, meistens auch durch Ausschwigen einer Flüssigkeit klebrig feucht. Der Bau nur weniger Blüthen ist der Art, daß deren Blüthenstaub durch die Mechanik des Aufspringens der Antheren sofort auf die eigene Narbe gebracht würde. Bei einer großen Zahl der Pflanzen, deren Blüthen beiderlei Befruchtungsorgane einschließen, bestehen vielmehr Einrichtungen, welche die Bestäubung der Narbe durch den Pollen der männlichen Blüthe unwahrscheinlich, ja unmöglich machen, und schier die Mehrzahl der blüthentragenden Gewächse ist in Bezug auf die Uebertragung des Pollens auf die Narbe auf fremde Beihilfe, vorzugsweise auf die von Insecten, welche die Blüthen besuchen, mit unbedingter Nothwendigkeit angewiesen.

Nach kürzerem oder längerem Verweilen auf der Narbe beginnt die Pollenzelle eine rasche Wachsthumsthätigkeit ihrer inneren Haut. Diese stülpt sich an einer oder mehreren Stellen nach außen, durchbricht die spröde äußere Pollenhaut, meistens an bestimmten, vorgebildeten verdünnten Stellen oder Oeffnungen und tritt als eine cylindrische Röhre, als Pollenschlauch, aus dieser hervor. Die Anregung zur Entwicklung von Pollenschläuchen ist keine besondere Eigenthümlichkeit der Narbe oder der von ihr ausgesonderten Flüssigkeit. Die gleichen Wachsthumsercheinungen treten häufig ein, wenn Pollenzellen in den von Blüthen ausgesonderten Honigsaft, oder in Zuckerwasser gebracht werden; und in nicht wenigen Fällen beginnt der Pollen noch innerhalb der Anthere Schläuche zu treiben: so bei einigen Orchideen, der *Aristolochia* und gewissen Wasserpflanzen.

Die Pollenschläuche, fortdauernd in die Länge wachsend, dringen in den Griffelkanal, nach Zurücklegung desselben in die Höhle des Fruchtknotens, an die Anheftungsstellen, endlich bis in die Mündungen der Eychen. Sehr häufig ist der Weg durch Streifen papillos gewordener Zellen der Außenflächen der Organe ihnen bezeichnet, an denen hin sie zu wachsen haben, und wo solche Einrichtungen nicht bestehen, da bürgt die ausnehmend große Zahl der in die Fruchtknotenöhle hinabwachsenden Pollenschläuche für das Eintreffen etlicher

derselben in der Mündung von Eichen. Im Gymunde angelangt, bahnt sich das weiter wachsende Pollenschlauchende seinen Weg bis zur Außenfläche des Embryosacks. Ist dieser noch von Gewebsschichten des Eychens eingehüllt, so durchbricht der Pollenschlauch zerstörend diese Zellenmassen. An der Embryosackhaut endet bei den meisten Pflanzen das Vordringen des Pollenschlauches. Er legt sich derselben dicht an, haftet mehr oder minder fest an ihr, aber er durchbohrt sie nicht. In einigen wenigen Ausnahmefällen dringt indeß das Pollenschlauchende bis ins Innere des Embryosackes, indem es in der Scheitelwölbung desselben ein enges Loch macht. Das Ende des Pollenschlauches bleibt in beiden Fällen völlig geschlossen, ohne jede wahrnehmbare Oeffnung.

Die Beobachtung zeigt ausnahmslos, daß die Ankunft eines Pollenschlauches am oder im Embryosacke der Weiterentwicklung eines der Keimbläschen zum Keime einer neuen Pflanze vorausgeht. Lediglich in solchen Embryosäcken, die von einem Pollenschlauche erreicht worden sind, tritt in einem der Keimbläschen, und zwar stets in dem dem Gymunde fernsten, eine Reihenfolge von Zellvermehrungen durch Theilung ein, deren nächstes Ergebniß die Bildung eines einfach gebauten, cylindrischen Zellstranges ist, des Vorkeimes. Aus der Zelle oder der Zellengruppe des unteren Endes des Vorkeimes, mit welchem dieser frei in den Raum des Embryosackes hineinragt, entwickelt sich durch gesteigertes und complicirteres weiteres Wachsthum ein massiger Körper aus Zellgewebe, das Embryofügelchen. Dieses ist die Anlage des Stammes des neuen, der Mutterpflanze ähnlichen Individuum, der in den zum Samen sich umbildenden Eychen eingeschlossenen Miniaturpflanze, des Keimes oder Embryo, der zur Weiterentwicklung nach der Lostrennung des Samens aus der Frucht befähigt ist.

Es ist für die Anregung eines der Keimbläschen zur Umwandlung in den Embryo innerhalb eines weiten Spielraums gleichgiltig, auf welche Stelle des Embryosackscheitels das befruchtende Pollenschlauchende auftrifft. Insbesondere steht diese Verührungsstelle in keiner bestimmten Beziehung zu dem Orte, an welchem das zur Weiterentwicklung gelangende Keimbläschen der Innenfläche des Embryosackes anhaftet. Es ist geradezu Regel, daß beide Punkte nicht zusammenfallen; oft sind sie eine beträchtliche Strecke von einander entfernt.

Bei einigen wenigen Pflanzen werden mehre Keimbläschen desselben Embryosacks durch die Befruchtung zur Weiterentwicklung veranlaßt. Es sind dies solche, bei denen die Zahl der Keimbläschen ungewöhnlich groß, mehr als drei ist. Derartige Samen enthalten mehre Embryonen; bis zu fünf den *Funkia coerulea*, bis zu achten die Orange. Die Beobachtung zeigt, daß die Ankunft eines einzigen Pollenschlauches am Embryosacke genügt, eine Mehrzahl von Keimbläschen zur Umgestaltung in Embryonen zu bestimmen.

Während der Ausbildung des Embryo vergrößern sich Hüllen und innere Gewebe des Eychens; neue Zellgewebe werden häufig, im Innern des sich sehr

erweiternden Embryosackes, hinzu gebildet; das Eychen wächst zum Samenkorn heran. Und damit geht die Umbildung des Fruchtknotens zur Frucht Hand in Hand: das oft überraschend große Wachsthum derselben, die Aenderung ihrer Beschaffenheit, ihr Saftig- oder Holzsigwerden.

Für diese Umwandlungen des Eychen zu Samen, des Fruchtknotens zur Frucht ist indeß das Auftreten eines Embryo im Innern der Eychen kein absolut nothwendiges Erforderniß. Die Ausbildung tauber, embryonenloser Samenkörner, wie auch die tauber, samenloser Früchte sind beide sehr häufige Erscheinungen. Es seien die Corinthen, die Bananen, als Beispiele regelmäßigen solchen Vorkommens genannt. Zwar ist es nur für einige der hierher gehörigen Fälle festgestellt, daß auch die Anlegung eines Embryo unterbleibt, daß nicht etwa ein solcher nach kurzer Vegetation wieder abstirbt; — für diese wenigen Fälle aber auch mit vollster Sicherheit.

Vielfach verschieden von der der blüthentragenden Pflanzen ist die Samenbildung der Nadelhölzer. Die Eychen derselben sind nicht in Höhlungen an den Rändern eingeschlagener Fruchtblätter eingeschlossen, sondern stehen frei auf oder an ausgebreiteten Carpellten. In den Pollenzellen beginnt, nach ihrer Ausbildung und kurz vor oder während ihres Verstäubens, ein Entwicklungsproceß, der zur Bildung einer, in den Innenraum der Zelle eingeschlossenen, ihrer Wand mit dem einen Ende aufsitzenden kurzen Zellenreihe mit angeschwollener Endzelle führt. Die Pollenzellen gelangen durch die weite Oeffnung der Eychülle auf den Scheitel des Eychens selbst, und hier entwickeln sie durch Wachsthum der Endzelle jene Reihe Pollenschläuche, welche die ursprüngliche Wand der Pollenzelle durchbrechen und in das Gewebe des Eychens dringen. Noch mannigfaltigere Entwicklungsvorgänge ereignen sich in den Embryosäcken, noch bevor Pollenschläuche an der Außenfläche derselben eintreffen. Die Embryosäcke der Nadelhölzer sind weit häufiger als bei den blüthentragenden Pflanzen, in demselben Eychen in Mehrzahl vorhanden. Ihre Verbindung mit dem sie einschließenden Zellgewebe des Eychens ist sehr locker; ihre Wand läßt deutlich und im ganzen Umfange zwei Schichten unterscheiden, deren äußere der äußeren Schaaale der Pollenkörner ähnelt. Sie füllen sich mit geschlossenem Zellgewebe, und wachsen, unter gleichzeitiger Massenzunahme der sie umhüllenden und tragenden Theile, zur vollen Größe heran, die sie in den reifen Samen und reifen Fruchtstand einnehmen. Der Zapfen und die künftigen Samen einer Fichte oder Kiefer erreichen ihren schließlichen Umfang, noch bevor die Befruchtung in ihrem Inneren erfolgte. Von den Zellen, welche den herangewachsenen Embryosack ausfüllen, nehmen einige an Größe sehr bedeutend zu. Sie liegen in dem Ende des Zellkörpers, welches dem Gymunde zugewendet ist, und dicht unter der äußersten Zellschicht desselben. Diese großen Zellen sind die sogenannten Corpuseula oder die secundären Embryosäcke. In ihren Inneren

bilden sich freie, sphärische Zellen, in größerer Anzahl und durch den ganzen Raum des Corpusculum vertheilt. Die Pollenschläuche wachsen inzwischen durch das Gewebe des Cychens bis an die Außenfläche des Embryosackes herab, durchbrechen dessen Haut und dringen bis an die Scheitelwölbung der Corpuscula, oder selbst bis ins Innere derselben. Von da ab nimmt eines der vom Pollenschlauchende berührten Keimbläschen rasch an Größe und Concentration des Inhalts zu. Es wandert, die übrigen zur Seite drängend, nach der unteren Wölbung des Corpusculum, preßt sich dieser fest ein, und verwandelt sich, durch wiederholte Theilung mittelst übers Kreuz gestellter Längswände, in eine Rosette von Zellen, den Vorkeim. Diese Zellengruppe streckt sich, ihr Ende dringt tiefer und tiefer in das den Embryosack ausfüllende Gewebe; seine Zellen theilen sich dabei durch Querswände. Die einzelnen Längsreihen von Zellen treten seitlich aus dem Zusammenhange, und aus den Endzellen einer, oder mehrerer, oder aller dieser Reihen entwickeln sich Embryonen. Da nun auch in der Regel mehre Corpuscula desselben Embryosackes befruchtet werden, so enthält der junge Same eines Nadelbaums stets eine beträchtliche Zahl von Embryonen: die der Kiefer selten unter acht, die des Wachholders oft über dreißig. Einer dieser vielen Embryonen pflegt aber durch weit vorausseilende Entwicklung die anderen zur Seite zu drängen und zur Verkümmernng zu bringen. Der reife Samen liefert in der Regel nur eine Keimpflanze.

Die zwischen dem Verstäuben des Pollens und dem Eindringen der Pollenschläuche in die Corpuscula vor sich gehenden Entwicklungen nehmen einen längeren Zeitraum in Anspruch: bei den Fichten zwei, bei den Kiefern vierzehn Monate.

Die Eigenthümlichkeiten der Samenbildung der Nadelhölzer stellen den Uebergang dar von derjenigen der blüthentragenden Pflanzen zur Embryobildung der diesen ähnlichsten kryptogamischen Gewächse. Die ausgiebigste, in vielen Fällen die einzige Fortpflanzung der Kryptogamen geschieht durch die Vermittlung einfacher Zellen, deren Entwicklung in allen Stücken der gewöhnlichen des Blütenstaubes gleicht, und die nach erlangter Ausbildung von der Mutterpflanze sich trennen, um selbständig zu vegetiren. Gleich den Pollenzellen entstehen sie durch Umwandlung des inneren Gewebes von Blättern oder Blatttheilen, zu vieren in je einer Mutterzelle; gleich jenen zeigen sie eine dickere, sprödere äußere, und eine zartere, dehnbarere innere Schicht der Wand. Man belegt diese Zellen mit dem Namen der Sporen. Bei den Kryptogamen, welche den blüthentragenden Pflanzen am nächsten stehen, sind die Sporen von zweierlei Größe, deren Volumen um beiläufig das Tausend- bis Zweitausendfache differirt. Der Entwicklungsgang der großen und der kleinen ist der nämliche; nur darin besteht ein Unterschied, daß die großen in geringerer Zahl angelegt, und daß eine der je in der nämlichen Mutterzelle entstandenen Gruppen

von vier Sporen vor allen übrigen einen großen Vorsprung im Wachsthum gewinnt; diese übrigen verkümmern und verschwinden endlich, noch bevor der die Sporen umschließende Hohlraum durch Versten seiner Wand sich öffnet. Diese vier erhalten sich in gleichmäßiger Ausbildung bis zur Reife der Sporenfucht bei denjenigen Lycopodien, welche die Gattungen *Selaginella* und *Isaetes* bilden; aber auch noch von den vierten verdrängt eine die anderen drei bei dem Pillenkraute, der *Salvinia*. Die Uebereinstimmung einer solchen Sporenfucht, deren aus Zellgewebe bestehende Wand eine einzige, kolossale Spore einschließt, mit den Eichen der Nadelhölzer ist unverkennbar.

Nachdem die beiderlei Sporen ins Freie gelangten, schwillt die innere Haut der kleinen an; in der Anschwellung erfolgt eine Zellvermehrung von geringer Lebhaftigkeit, deren Endergebniß die Bildung einer Anzahl freier, ellipsoidischer Zellchen ist. Der gesammte bildungsfähige Inhalt der Zellchen, von der Consistenz eines sehr zähen Schleimes ordnet sich zu einem schraubenlinig aufgerollten, der Innenwand angelagerten Strange. Dann berstet die Wand des in Wasser liegenden Zellchens; der in seinem Innern gebildete fadenförmige Körper tritt hervor, und bewegt sich nun selbständig und frei in der Flüssigkeit umher. Man erkennt, daß er bei dieser Bewegung um die Achse der Schraubenwindungen seines Körpers sich dreht, und daß die Bewegung durch peitschenschnurähnliche Schwingungen langer Wimpern vermittelt wird, welche den vorderen Windungen ansitzen. Diese schwärmenden Fäden, die Spermatozoiden, sind die Träger der befruchtenden Kräfte.

In den großen Sporen hat inzwischen die Ausbildung der keimbereitenden Organe stattgefunden. Eine Anschwellung der inneren Haut hat die äußere an im Voraus bestimmten Stellen zum Auseinanderweichen gebracht. In der bloß gelegten Wölbung der inneren Haut hat sich ein Körper aus Zellgewebe gebildet, das Prothallium. Einzelne Zellen des Innern desselben haben an Größe zugenommen. Die Zellen, welche eine solche vergrößerte Zelle nach außen hin decken, sind in ihren Berührungskanten auseinandergetreten, und haben so einen auf jene Zelle zuführenden Gang gebildet. Die Mündungszellen dieses Ganges erheben sich über die Fläche des Prothallium. Die Uebereinstimmung der wesentlichen Züge des Baues dieser Organe, der Archegonien, mit den Corpusculis der Nadelhölzer liegt auf der Hand. In der großen centralen Zelle des Archegonium entstanden eine oder zwei freie Zellen, die Keimbläschen.

Nur in solchen großen Sporen, zu welchen die aus den kleinen Sporen hervorgebildeten Spermatozoiden freien Zutritt haben, entwickelt sich eines der Keimbläschen zum Embryo. Das Keimbläschen wächst rasch zur Größe der Centralzelle des Archegonium heran, theilt sich dann wiederholt durch Scheidewände, wird zu einem vielzelligen Körper, der nach bestimmten Richtungen wachsend die erste Wurzel, das erste Blatt bildet; die umhüllenden Schichten

des Prothallium sprengt und nun die selbständige Vegetation der neuen Pflanze beginnt.

Die Kryptogamen mit zweierlei Sporen zeigen uns somit die ohne vorausgegangene Befruchtung erfolgte Bildung von der Mutterpflanze sich trennender Fortpflanzungszellen von zweierlei Art, beide in wesentlich gleicher Weise sich entwickelnd, deren eine die augenscheinlichste Uebereinstimmung mit den Pollenzellen, die andere mit den Embryosäcken der Nadelhölzer und der Blüten tragenden Pflanzen bieten. Nach der Abtrennung vom mütterlichen Individuum beginnt jede solcher Fortpflanzungszellen eine selbständige Vegetation. Ihre Entwicklung stellt eine völlig neue Generation dar; und der Abschluß dieser Generation ist mit der Befruchtung gegeben. Nach dieser hebt die Wiederholung der ersten Generation an, welche ohne vorausgegangene Befruchtung Keime der zweiten Generation bildet. Die Existenz dieser Pflanzenformen wickelt sich in dem stetig wiederkehrenden Wechsel der beiden Generationen ab. Von diesen Thatsachen rückwärts schließend, müssen wir die Entwicklung des mehrzelligen Körpers in den Pollenkörnern, die des vielzelligen Körpers, der Corpuscula und der Keimbläschen in den Embryosäcken der Nadelhölzer ebenso als Aeußerungen der Vegetation einer zweiten, der Befruchtung dienenden, mit der rein vegetativen regelmäßig wechselnden Generation auffassen, als die Bildung der Pollenschläuche und der Keimbläschen der blüthentragenden Pflanzen, obschon bei den letzteren diese Befruchtungsgeneration nur andeutungsweise in die Erscheinung tritt.

Diese Schlüsse erhalten die festeste Stütze, wenn wir die Befruchtung der Schafthalme, der Farnkräuter und der Moose ins Auge fassen. Alle diese Pflanzen bringen nur Sporen von einerlei Gestalt hervor. Aus der Keimung dieser Sporen aber entwickelt sich ein Prothallium von großer Ausdehnung. Unter sichtlich, bedeutender Massenzunahme wächst das aus der Dehnung und Zellvermehrung der Sporenzelle sich entwickelnde Gebilde in einer umfangreichen, freudig grünen, zahlreiche Würzelchen treibenden Masse heran: kraus und vietheilig bei den Schafthalmen, platt, von rundlicher, am Vorderrande tief eingeschnittener Form bei den Farnkräutern. Die Schafthalme bringen auf jedem Prothallium nur Fortpflanzungsorgane je einer Art hervor, die Farnkräuter successiv beiderlei. In der Jugend entwickelt das Prothallium der Farnkräuter aus seinen Rändern, und vorwiegend aus seiner Unterfläche, halbfugelige Sprossungen, aus einer Rindenschicht aus platten Zellen, und einer größeren, centralen Zelle bestehend: Antheridien, die Bildungsstätten von Spermatozoiden. Die große, innere Zelle verwandelt sich durch eine Reihe von Zweitheilungen in eine Gruppe niedriger, vierseitiger Zellen. In jeder derselben entsteht, innerhalb eines freien, abgeplatteten ellipsoidischen Mutterzellchens, ein forsziehartig gewundenes Spermatozoid, an den vorderen Windungen mit zahlreichen

schwingenden Wimpern besetzt. Bei der Reife der Antheride werden die Spermatozoiden haltenden Zellchen aus dem bestenden Scheitel der Antheridie durch den Druck der Zelle der seitlichen Wandungen ausgetrieben. In einen Wassertropfen gelangend, reißt die Wand des Zellchens, welches das Spermatozoid einschließt. Dieses befreit sich, und schießt in reißend schnellen Drehungen in der Flüssigkeit umher. Erreichen die Prothallien der Farnn ein etwas höheres Alter, so wachsen sie, die bis dahin eine einfache Lage von Zellen waren, in der Gegend hinter der Einkerbung des Vorderrandes auch in die Dicke. Es bildet sich hier ein nach unten vorspringendes Rissen von Zellgewebe, und auf diesem entstehen keimbereitende Organe, Archegonien. Sie sind zusammengesetzt aus einer, in das Gewebe des Prothallium eingebetteten Centralzelle, einer diese umhüllenden Rindenschicht, und einem diese beiden überragenden Cylinder aus vier Längsreihen von Zellen, die, in ihren Berührungskanten auseinanderweichend, einen auf die Centralzelle zu führenden Kanal bilden. In der Centralzelle des Archegonium entstand schon zuvor eine freie, der Wand angeschmiegte Zelle, ein Keimbläschen. Bei der Reife bricht der Scheitel des Archegonium auf, infolge eines von den Zellen seiner Seitenwandungen nach Innen geübten Druckes. Der Zugang zu der Centralzelle des Archegonium ist jetzt den Spermatozoiden geöffnet. Die in Masse im Wasser, z. B. in Thautropfen, die an die Unterfläche des Prothallium sich sammelnden, herumschwärmenden Spermatozoiden gelangen gelegentlich in den Halskanal, und dann bis in die Centralzelle des Archegonium. Ihr Eintritt in den Kanal, ihre lebhaften Bewegungen in der Centralzelle sind direct beobachtet. Nun schließt sich, durch quere Streckung der Zellen des Grundes der Kanalwandung, die untere Oeffnung desselben. Das Keimbläschen schwillt rasch zur Größe der Centralzelle des Archegonium an; verwandelt sich durch eine Reihe von Scheidewandbildungen in einen Zellkörper, den Embryo, der bald sein erstes Blatt und seine erste Wurzel entwickelt, das ihn einschließende Gewebe des Prothallium durchbricht, und nun zur Farnkrautpflanze sich heranbildet, die alljährlich neue Sporen in Unzahl austreut, um aus diesen ohne Befruchtung aus ihr entstandenen Fortpflanzungszellen neue Prothallien, und auf diesen neue Befruchtungsorgane zu bilden. Im Wesentlichen übereinstimmend sind die Geschlechtsorgane und die Embryoentwicklung der Schachtelhalme beschaffen.

Die Fruchtkapseln der Moose enthalten ein feines, bräunliches Pulver: die Sporen. Diese Fortpflanzungszellen keimen in ähnlicher Weise wie die der Farnkräuter, und es entwickelt sich dabei aus ihnen, in ununterbrochener Vegetation, die reichverzweigte, beblätterte Moospflanze. Sie ist, ihrer langen Lebensdauer, ihrer mannigfaltigen Gestaltung ungeachtet, die in vieler Beziehung an diejenige der durch geschlechtliche Befruchtung entstandenen Individuen von Farnkräutern oder blüthentragenden Pflanzen erinnert, doch nur ein dem Pro-

thallium der Farnekräuter entsprechendes Gebilde, insofern sie, die aus ungeschlechtlicher Vermehrung entstandene Generation der Species, Geschlechtsorgane bildet, in deren keimbereitenden durch die Befruchtung die Entwicklung des Embryo einer anderen Generation angeregt wird, welche zur Frucht sich entwickelt. Aber ein großer Unterschied zwischen Farnekräutern und Moosen besteht darin, daß bei jenen das Prothallium zwar auch einer selbständigen Vegetation, einer Vermehrung seiner Substanz durch Umbildung von außen her aufgenommener, dem Organismus bis dahin fremder Stoffe fähig ist; daß aber dieser ersten Generation im Vergleiche mit der zweiten, aus ihr durch geschlechtliche Zeugung entstandenen, Blätter und Frucht tragenden Generation nur ein sehr geringes Maß selbstständiger Vegetation und eigener Massenzunahme zukommt. Bei den Moosen dagegen ist der Geschlechtsorgane erzeugenden, dem Prothallium entsprechenden Generation das eigentliche Wachsthum, die Nahrungsaufnahme und die Mehrung der Substanz so gut wie ausschließlich zugetheilt; die zweite Generation, die Moosfrucht, kann nicht selbständig auf fremdem Boden gedeihen, sondern nur in bleibender organischer Verbindung mit der ersten sich entwickeln und leben. Die Moosfrucht verhält sich zu der beblätterten Moospflanze wie ein Pflanzreis zum Wildling, wie ein parasitisches Gewächs zu seiner Nährpflanze.

Die Organe geschlechtlicher Fortpflanzung der Moose werden an den Enden der blättertragenden Stengel, oder an denen besondern Zweige, in manchen Fällen verkümmerten, blattwinkelständiger gebildet. Die ersten Entwicklungszustände der befruchtenden und der keimbereitenden stimmen in den wesentlichen Zügen ihres Baues überein: es sind keulensförmige Zellenmassen, aus einer inneren Längsreihe von Zellen und einer einfachen Rindenschicht bestehend. In den Antheridien verwandeln sich die oberen Zellen der inneren Reihe durch wiederholte Scheidewandbildungen in einen kleinzelligen Körper. An jeder Zelle desselben entsteht ein freiliegendes, rundliches Zellchen, und in diesem bildet sich Spermatozoid: ein in wenigen Schraubenwindungen gerollter fadenförmiger Körper, dessen dünneres Vorderende zwei lange Wimpern trägt. Bei der Reife der Antheridien treten an ihrem Scheitel die Zellen ihrer Rindenschicht auseinander, die äußerste Schicht der Häute derselben berstet, und die rundlichen Mutterzellen der Spermatozoiden, in einer Schleimmasse eingebettet zu welcher die Scheidewände des Innern der Antheridie aufgequollen waren, werden aus dem Risse ausgetrieben; nicht selten mit großer Gewalt, zollweit spritzend.

Die keimbereitenden Organe der Moose, die Archegonien, sind Körper aus Zellgewebe von flaschenförmiger Gestalt. In einer größeren, im Centrum des oberen Endes des Bauchtheils befindlichen Zelle wird, einige Zeit vor der Befruchtung eine freie kugelige Zelle, ein Keimbläschen erzeugt. In dem Innern des weit vorgezogenen Halstheils des Archegonium bildet sich ein Kanal, welcher

den Hals seiner ganzen Länge nach durchzieht, in die das Keimbläschen enthaltende Centralzelle einmündet, und durch Auseinanderweichen der Zellen des Scheitels das Archegonium nach außen sich öffnet. In solcher Weise wird ein offener Zugang der Spermatozoiden zu der Centralzelle des Archegonium hergestellt.

Nur dann gelangt das Keimbläschen zur Weiterentwicklung, wenn Spermatozoiden zu den Archegonien Zutritt haben. Das Keimbläschen schwillt dann rasch zur vollen Größe der Centralzelle an; der Bauchtheil des Archegonium nimmt nach allen Richtungen hin an Masse zu; die Centralzelle erweitert sich fort und fort, und dieser Erweiterung folgt stetig das Wachsthum des Keimbläschens, welches durch fortgesetzte Scheidewandbildung in einen zelligen Körper von meist keuliger Form sich umwandelt: die Anlage der Moosfrucht. Das untere Ende derselben dringt tiefer und tiefer in das Zellgewebe des Archegonium, endlich bis in dasjenige des dieses tragenden beblätterten Stengels ein, dieses Gewebe vor sich her zum Theil verdrängend und zerstörend. Seine Außenfläche verklebt dabei mit den Wänden der Zellen des Stengels; immer aber bleibt die Grenze zwischen beiden deutlich erkennbar; mindestens ebenso deutlich als die zwischen Parasit und Nährpflanze. Der dickere obere Theil der Fruchtanlage entwickelt sich zur Kapsel, in welcher durch Vertheilung bestimmter Zellen eine große Anzahl schließlich frei liegender, auf ungeschlechtlichem Wege entstandene Fortpflanzungszellen, Sporen, entstehen, die dem bloßen Auge als feiner Staub erscheinen. Der dünnere untere Theil der Fruchtanlage wird zum Stiel, dessen Verlängerung die Gewebsschichten des Bauchtheils des Archegonium sprengt, welche die Fruchtanlage umhüllen. Die Kapsel wird frei, platzt bei der Reife auf, und verstreut die in ihr entstandenen Sporen. Gelangen diese unter ihrer Entwicklung günstige Umstände, so beginnt eine zweite Generation. Die Sporen keimen; sie entwickeln früher oder später wiederum beblätterte Stengel, und auf diesen endlich Geschlechtsorgane, Archegonien und Antheridien, durch deren Zusammenwirken die Bildung der aus geschlechtlicher Zeugung entstehenden, selbst geschlechtslosen Generation wieder anhebt.

Bei den Moosen ist die vegetative Thätigkeit vorzugsweise der aus den Sporen entkeimten, die Geschlechtsorgane tragenden Generation zugetheilt; bei den Algen und Pilzen, von denen geschlechtliche Fortpflanzung bekannt ist, fällt die gesammte Vegetation der Pflanze in jene Generation. Die Veränderungen, welche mit der befruchteten Zelle infolge des Zutrittes der befruchtenden vor sich gehen, beschränken sich darauf, daß Reservenernährungstoffe in ihr angehäuft werden, oder daß ihre Haut einen zusammengesetzteren Bau erhält, oder daß nach einer Periode der Ruhe ihr bildungsfähiger Inhalt in mehre Keimzellen sich theilt. Die Einzelheiten des Vorganges sind ziemlich mannigfaltig. Den Moosen ähnlich verhalten sich die Charen oder Armluchter — einfach gebaute

aber mit zierlicher Regelmäßigkeit beblätterte und verzweigte Algen der süßen oder schwach salzigen Gewässer — insofern ihre Spermatozoiden genau von der Form derjenigen der Moose sind: forkzieherähnlich gewunden, mit zwei langen schwingenden Wimpern am dünneren Vorderende. Die Archegonien sind eiförmige Körper, bestehend aus einer inneren, und einer Anzahl parallel schraubenlinig gewundener, röhrenförmiger Rindenzellen, die über dem Scheitel der inneren einen engen Zugang zu dieser offen lassen. Bei allen andern Algen weichen die Spermatozoiden in Beschaffenheit und Gestalt nicht wesentlich von den ey- oder birnförmigen, der festen Zellhaut entbehrenden, mittelst schwingender Wimpern frei im Wasser sich bewegenden Zellen ab, welche bei sehr vielen dieser einfach gebauten untergetauchten Gewächse als bewegliche Keime die ungeschlechtliche Fortpflanzung vermitteln, den Schwärmsporen. Gleich diesen, sind die Spermatozoiden eine Umformung des gesammten, oder eines Theiles des plastischen Inhalts der Zelle, in welcher sie entstehen. Ebenso die Keimbläschen. Zu diesen unbeweglichen, membranlosen Inhaltmassen von Zellen erlangen die beweglichen Spermatozoiden einen Zugang, entweder, indem die feste Haut, welche jene umschließt, zu dünnflüssiger Galle zerfließt (so bei einigen der größeren Meeresalgen), oder indem die elastische Membran scharfbegrenzte Löcher an bestimmten Stellen erhält. In einigen Fällen läßt sich mit voller Bestimmtheit beobachten, daß die ganze Masse des Spermatozoids mit der des Keimbläschens verschmilzt: so namentlich bei den relativ großen Spermatozoiden der Dedogonien, gemeiner Fadenalgen des süßen Wassers.

Bei einer umfangreichen Gruppe von Süßwasser-algen, den Conjugaten, sind die befruchtenden und die zum Befruchtetwerden bestimmten Zellen im Aussehen wenig oder gar nicht verschieden. Die von starrer Zellhaut bekleideten Zellen zweier verschiedener Individuen, die im Wasser zufällig nahe bei einander liegen, vereinigen ihre Innenräume zu einem einzigen Hohlraume, indem an den Berührungstellen Löcher entstehen, und nun fließt der plastische Inhalt beider Zellen zu einer einzigen Fortpflanzungszelle zusammen. — Diejenigen Pilze dagegen, von denen mit Sicherheit der Vorgang geschlechtlicher Befruchtung bekannt ist (es sind schmarogende Pilze, nächste Verwandte desjenigen, welcher die Ursache der verheerenden Kartoffelkrankheit ist) ähneln im Mechanismus der Befruchtung den blüthentragenden Pflanzen. In die Zelle hinein, deren plastischer Inhalt zum Keimbläschen geballt frei im Mittelraume schwebt, wächst die Wand durchbohrend ein fadenförmiger Ast einer von außen sich anlegenden andern Zelle. Sobald als die Spitze dieses Astes das Keimbläschen erreicht hat, umkleidet sich dieses mit einer festen Membran von complicirter Structur; die Befruchtung ist vollzogen. Auch nachher noch ist die Spitze jenes Astes der befruchtenden Zelle ohne jede sichtbare Deffnung.

Die Deutung der Vorgänge bei der Befruchtung dieser einfachst gebauten

Gewächse als eine geschlechtliche Zeugung beruht auf Analogenschlüssen. Ein unverkennbarer Uebergang führt schrittweise von den blüthentragenden Pflanzen durch die Nadelbäume, die Farrnkräuter zu den Moosen und von diesen zu den Algen. Für die Kryptogamen mit Sporen von zweierlei Größe (wie die Selaginellen, das Pillenkraut u. s. w.), sowie für solche Moose, bei denen jedes Individuum der beblätterten Pflanze nur einerlei Geschlechtsorgane hervorbringt, liegen zahlreiche Beobachtungen vor, welche mit der nämlichen Sicherheit, wie für die Blüthenpflanzen, auch für diese blüthenlosen Gewächse den Nachweis liefern, daß die weibliche Pflanze, wenn sie von männlichen getrennt vegetirt, keinen Embryo, keine Frucht zu entwickeln vermag. Je tiefer unsere Erfahrung eindringt, mit um so ausnahmsloserer Schärfe erhärtet sich dieser Satz. Alle vermeintlichen Beobachtungen der Embryobildung ohne Mitwirkung der befruchtenden Organe haben sich bei genauerer Untersuchung als Täuschungen erwiesen. Dieser Beweis der Nothwendigkeit der Befruchtung ist indeß nur ein negativer. Eine positive Andeutung über die Art der Wirkung der Befruchtung gibt uns die Bastardzeugung.

Wenn die Narbe einer Blüthenpflanze, bei sorgfältigem Ausschluß des Blumenstaubes der eigenen Art, mit dem Pollen einer fremdartigen, aber nicht allzu weit verschiedenen Form bestäubt wird, so erfolgt in vielen Fällen die Entwicklung keimfähiger Samen. Zwar schwieriger, und minder reichlich als bei normaler Befruchtung; aber doch häufig genug. Die Pflanzen, welche solchen Samen entkeimen, sind Mischlinge. Sie zeigen in ihren Eigenschaften, namentlich in ihren Formen, eine Vermengung der Eigenschaften der beiden Stammeltern. Hier zeigt sich uns aufs deutlichste, daß die Befruchtung eine die Form der Nachkommenschaft bestimmende Kraft übt. Die Vereinigung der Formen der Stammeltern in der Bastardpflanze unterliegt bestimmten Regeln. Nicht nur sind, mit seltenen Ausnahmefällen, die aus derselben Bastardzeugung hervorgegangenen Mischlinge gleichgestaltet, sondern es gilt das Nämliche auch von denen, welche aus der Vereinigung der nämlichen Stammarten zu anderer Zeit und an anderem Orte entstehen. Dabei tritt das höchst merkwürdige Verhältniß hervor, daß die Bastarde zweier Arten völlig gleich gestaltet sind, möge nun die eine Art die befruchtende, die andere die keimbereitende Rolle übernommen haben, oder umgekehrt. Wenige Thatsachen sind durch zahlreiche, genaue und von verschiedenen Forschern wiederholte Versuche so fest gestellt, als diese.

Die Bastarde von Stammeltern, die in ihren Formen in dem Grade verschieden sind, daß sie als verschiedene Arten der nämlichen Gattung betrachtet zu werden pflegen, sind minder fruchtbar, als die reinen Arten. Die Schwächung der Fortpflanzungsfähigkeit beruht in ungenügender Ausbildung des Blüthenstaubes. Denn die weiblichen Organe der Bastarde liefern reichlichst keimfähige Samen, wenn sie mit dem Pollen einer der Stammarten bestäubt werden.

Die Formen aus solcher Zeugung hervorgegangener Nachkömmlinge sind denen der befruchtenden Stammart mehr genähert; und es vermag die öftere Wiederholung derartiger Befruchtung die Nachkommenschaft endlich der jungen Stammart völlig gleichbeschaffen zu machen, welche eine Reihe von Zeugungen hindurch den Pollen lieferte. Die Sterilität der Bastarde sogenannter reiner Arten ist indeß nicht entfernt eine absolute, und von nicht wenigen hat die Beobachtung gezeigt, daß sie durch viele (bis zu zehn) Generationen hindurch formbeständig sich fortpflanzen. Bei Pflanzen von mäßiger Verschiedenheit der Formen und Eigenschaften, von solcher Differenz, welche zur Unterscheidung von Racen oder Varietäten Anlaß zu geben pflegt, ist die geschlechtliche Fortpflanzungsfähigkeit aus der Vereinigung der beiden Formen entstandener Mischlinge nicht bloß nicht vermindert, sondern häufig sichtlich gesteigert.

Wir stehen hier an dem Punkte, von dem aus wir einen Einblick gewinnen können, nicht in den Zweck der geschlechtlichen Zeugung — nach dem Zwecke einer Erscheinung hat die Naturforschung nicht zu fragen — wohl aber in ihren Erfolg. Alle Pflanzen lassen ein Streben erkennen, ihre Formen und Eigenschaften gelegentlich zu ändern, zu variiren. Die Erscheinung tritt bei verschiedenen Formen mit sehr verschiedener Intensität auf. Ihre Ursachen, ihre Anlässe sind uns völlig unbekannt. Aber ihre Allgemeinheit ist außer Zweifel. Die Formenänderungen sind erblich, dasern bei geschlechtlicher Fortpflanzung der eigene Blütenstaub mitwirkte. Wäre dieser Trieb der Pflanzen ohne irgendein Correctiv thätig, so würde die Zahl der verschiedenen Formen ins Endlose sich mehren, und die Unterschiede der Formen würden in demselben Maße minder hervortretend werden. Dem entgegen wirkt aber die geschlechtliche Zeugung. In weitester Verbreitung besteht die schon oben angedeutete Einrichtung, daß die Befruchtung der weiblichen Organe einer Pflanze durch den eigenen Befruchtungstoff erschwert, selbst unmöglich gemacht ist. Dies bedingt stetig wiederkehrende Kreuzungen zwischen verschiedenen, in ihren Eigenschaften mehr oder weniger verschiedenen Individuen. Die Nachkommenschaft stellt ein Mittel aus den verschiedenartigen Formen dar, und immer aufs Neue, und zwischen nach den verschiedensten Richtungen, wenn auch nur wenig, auseinandergehenden Formen wird dieses Mittel gezogen. So ist es die geschlechtliche Fortpflanzung welche bewirkt, daß bestimmte Complexe von Pflanzen gemeinsamer Abstammung und Blutsverwandtschaft uns als gleichartig erscheinen. Auf der sexuellen Zeugung beruht die Möglichkeit der Fassung des Artenbegriffs, beruht die Reinhaltung der Art.