

## Erstes Capitel.

### Geschichte der Sexualtheorie.

#### 1.

Von Aristoteles bis auf N. J. Camerarius.

Zu einer richtigen Würdigung dessen, was am Ende des 17. Jahrhunderts durch Rudolph Jakob Camerarius und später durch seine Nachfolger über die Geschlechtsverhältnisse der Pflanzen entdeckt worden ist, wird es beitragen, wenn wir uns darüber unterrichten, was man seit Aristoteles in dieser Beziehung zu Tage gefördert hatte; wir werden dabei zugleich erfahren, wie äußerst unfruchtbar die auf oberflächliche Beobachtung gestützte ältere Philosophie auf einem Gebiet sich erwies, wo nur die inductive Forschung zu Resultaten führen konnte.

Daß Aristoteles <sup>1)</sup> wie viele Spätere die sexuelle Befruchtung zu den Ernährungsvorgängen rechnete und auf diese Weise gerade das specifisch Eigenthümliche der letzteren verkannte, ersieht man deutlich genug aus seiner Aeußerung: dieselbe Kraft der Seele sei die ernährende und die erzeugende. Zu dieser auf ungenauer Erwägung beruhenden Subsumption gefellte sich bei Aristoteles noch außerdem ein auf sehr mangelhafter Erfahrung beruhender Irrthum, insofern er die Sexualität der Organismen in eine causale Beziehung zu ihrer Ortsbewegung setzte. „Bei allen Thieren, heißt es in seinen botanischen Fragmenten, welche Ortsbewegung haben, ist das Weibliche vom Männlichen getrennt, und ein Thier weiblich, das andere männlich, beide jedoch

<sup>1)</sup> Vergl. Ernst Meyer's Gesch. d. Bot. Bd. 1 pag. 98 ff.

gleicher Art, wie beiderlei Menschen. Bei den Pflanzen dagegen sind diese Kräfte vermischt und das Männliche vom Weiblichen nicht unterschieden, daher sie auch aus sich selbst zeugen und keinen Befruchtungstoff ausstoßen“, worauf es weiterhin heißt: „Bei den nicht schreitenden Thieren, wie bei den Schalthieren und denen, welche angewachsen leben, indem sie ein den Pflanzen ähnliches Leben haben, fehlt, wie bei diesen, das Weiblich-Männliche. Gleichwohl werden sie nach der Aehnlichkeit und Analogie männlich und weiblich genannt; denn einen gewissen geringen Unterschied haben sie allerdings. Auch unter den Bäumen tragen einige Frucht, andere keine Frucht; unterstützen aber die fruchtbaren bei dem Garmachen der Früchte, wie dieß der Fall ist bei der Feige und dem Caprificus (der wilden Feige).“

Im Vergleich mit diesen Ansichten des Aristoteles erscheinen die seines Schülers Theophrastos<sup>1)</sup> schon einigermaßen geklärt und auf eine etwas reichhaltigere Erfahrung gestützt. Aber freilich ist auch bei ihm von eigener Beobachtung im Interesse der Frage Nichts zu merken; denn bei Gelegenheit der Angabe, daß unter den Blüthen des medizinischen Apfels (*mali Medicae*) einige fruchtbar, andere nicht fruchtbar seien, sagt er, es sei nöthig nachzusehen, ob etwas Aehnliches auch bei anderen Pflanzen stattfinde, was er selbst in seinem Garten leicht hätte thun können. Uebrigens kommt es ihm mehr darauf an, das ihm Bekannte logisch zu ordnen, als die Frage zu beantworten, ob bei den Pflanzen ein Geschlechtsverhältniß existire. Daß von den Pflanzen gleicher Gattung, sagt er, einige blühen, andere aber sich keiner Blüthe erfreuen, das werde versichert; so solle die männliche Palme blühen, die weibliche nicht, dafür aber Früchte bringen.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Ich benutze hier Gottlob Schneider's: *Theophrasti Eresii, quae supersunt opera*, Leipzig 1818. Man vergl. daselbst außer dem oben Gesagten die Sätze: *De causis* l. I. c. 13, 4, l. IV. c. 4 und *Historia plantarum* l. II. c. 8.

<sup>2)</sup> Es ist hier zu beachten, daß nicht nur von Theophrast, sondern auch von den Botanikern des 16. und 17. Jahrhunderts, wie bereits in der Geschichte der Systematik gezeigt wurde, die Fruchtanlage überhaupt nicht

Das, so schließt er diesen Satz, sind die Differenzen der Pflanzen und derer, welche keine Frucht zu Stande bringen: woraus fattsam einleuchte, wie groß die Verschiedenheit der Blüthe sei. Im dritten Buch *De causis* (c. 15,3) heißt es: die *Terebinthe* sei theils männlich, theils weiblich, jene sei steril und werde ebendeshalb männlich genannt. Daß *Theophrast* in diesen Dingen sich ganz auf die Erzählung anderer verließ, zeigt eine Stelle in demselben Buch (c. 18,1), wo es heißt: Was man sich erzählt, daß die Frucht der weiblichen *Dattelpalme* nicht ausdauere, wenn man nicht die Blüthe der männlichen mit ihrem Staub über ihr ausschüttelt, ist in der That sonderbar, doch ähnlich der *Caprification* der *Feige*, woraus man fast schließen könnte, daß die weibliche zur Vollendung des Fötus sich selbst nicht genüge; allein dieß müßte nicht bei einer Gattung oder zweien, sondern entweder bei allen oder vielen stattfinden. Man sieht an dieser Stelle recht deutlich, wie vornehm der griechische Philosoph diese wichtige Frage abthut, ohne sich im Entferntesten zu einer eigenen Beobachtung herabzulassen.

Es scheint, daß bis auf *Plinius'* Zeiten, wenn auch nicht bei den Schriftstellern, so doch bei Personen, die sich selbst mit der Natur beschäftigten, die Annahme einer sexuellen Differenz der Pflanzen sich mehr ausgebildet und befestigt habe; denn *Plinius* sagt in seiner *Historia mundi*, wo er das Verhältniß der männlichen und weiblichen *Dattelpalme* beschreibt und namentlich den Blüthenstaub als das Befruchtungsmittel bezeichnet, die Naturkundigen erzählen, alle Bäume und selbst Kräuter besäßen beiderlei Geschlecht.<sup>1)</sup>

Wenn dieses Thema der Naturgeschichte den Philosophen nur wenig Stoff zum Nachdenken bot, so ermangelte es desto weniger, die Phantasie der Dichter anzuregen. *De Candolle*

zur Blüthe gerechnet wird, was *Meyer* *Geschichte* I. p. 164 übersehen zu haben scheint.

<sup>1)</sup> Die ganze betreffende Stelle ist in *De Candolle's* *Pflanzenphysiologie* 1835 II. p. 44 wörtlich citirt und betreffs des Pollens heißt es daselbst: *Ipsa et pulvere etiam foeminas maritare.*

citirt ausführlich die darauf bezüglichen Verse des Ovid, des Claudian und mit selbstverständlicher Uebergang des gesammten Mittelalters die lebhaft poetische Schilderung des Jovianus Pontanus vom Jahr 1505, welche sich auf zwei Dattelpalmen verschiedenen Geschlechts in Brindisi und Otranto bezieht. Für die Naturwissenschaft war damit freilich Nichts gewonnen.

Wie es um die Kenntniß der Sexualität bei den deutschen und niederländischen Botanikern des 16. Jahrhunderts stand, hat bereits Treviranus (Phys. d. Gew. 1838 II p. 371) treffend ausgesprochen: „Was man als männliches Geschlecht bei den Pflanzen bezeichnete, z. B. Abrotanum, Asphodelus, Filix, Polygonum Mas et Femina, gründete sich nur auf eine Verschiedenheit des Habitus, ohne daß man die wesentlich dazu erforderlichen Theile berücksichtigte. Es ist jedoch zu bemerken, daß die minder gelehrteren unter den älteren Botanikern z. B. Fuchs, Mattioli, Tabernaemontanus sich dieser Bezeichnungsart der Pflanzen häufiger bedienen; die gelehrten aber z. B. Konrad Gesner, Clusius, J. Bauhin seltener und nur, um eine bereits bekannte Pflanze anzudeuten. Clusius merkt zwar in der Beschreibung von ihm aufgesundener Gewächse häufig die Form und Farbe, auch wohl die Zahl der Staubfäden an — — — auch nennt er von Carica Papaya das Individuum mit Staubfadenblüthen das männliche, das mit Fruchtblüthen das weibliche, indem er sie, obwohl der nämlichen Gattung, doch einem verschiedenen Geschlechte angehörend hält. Allein er begnügt sich zu sagen: Man behaupte, sie seien einander so befreundet, daß der weibliche Baum keine Frucht bringe, wenn der männliche nicht in seiner Nähe, sondern durch einen weiten Raum von ihm getrennt sei (Cur. poster. 42).“

Bei den hier genannten Botanikern haben wir es mit einfacher Unkenntniß der Sache zu thun; bei dem botanischen Philosophen Caesalpin dagegen ist es die Consequenz des aristotelischen Systems, welche ihn veranlaßt, die Annahme getrennter Geschlechtsorgane bei den Pflanzen als ihrer Natur widersprechend ausdrücklich zurückzuweisen. Es ist schwer begreiflich, wie De

Candolle l. c. p. 48 sagen konnte, Caesalpin habe das Vorhandensein der Geschlechter bei Pflanzen bereits erkannt. Schon seine Auffassung der vegetabilischen Samenkörner als Analagon des männlichen Samens der Thiere, mußte ihm das Verständniß der Sexualität bei den Pflanzen unmöglich machen. Dasselbe beweist auch seine Annahme, daß der Same der Pflanzen aus dem Mark als dem Lebensprincip der Pflanze entspringe und in Zusammenhang hiermit heißt es im ersten seiner sechzehn Bücher p. 11: *Non fuit autem necesse, in plantis genituram aliquam distinctam a materia secerni, ut in animalibus, quae mare et femina distinguuntur.* Die den Fruchtknoten umgebenden oder von ihm getrennten Blüthentheile sammt den Staubgefäßen betrachtete er nur als Hüllen des Fötus und wenn er auch, wie schon gezeigt wurde, sehr wohl wußte, daß bei manchen Pflanzen, wie bei der Haselnuß, Kastanie, dem Ricinus, Taxus, Mercurialis, Urtica, Cannabis, Mais, die Blüthen von den Fruchtanlagen getrennt sind und sogar anführt, daß man die sterilen Individuen Männchen, die fruchtbaren Weibchen nenne, so faßte er dieß doch nur als eine populäre Bezeichnung auf, ohne ein Geschlechtsverhältniß wirklich zuzulassen; bezüglich der Ausdrücke *mas et foemina* heißt es p. 15: *Quod ideo fieri videtur, quia foeminae materia temperatior sit, maris autem calidior; quod enim in fructum transire debuisset, ob superfluum caliditatem evanuit in flores, in eo tamen genere foeminas melius provenire et foecundiores fieri ajunt, si juxta mares serantur, ut in palma est animadversum, quasi halitus quidam ex mare efflans debilem foeminae calorem expleat ad fructificandum.*

Vom Pollen ist dabei keine Rede, noch weniger von einer Verallgemeinerung des bei den getrenntgeschlechtigen Blüthen Wahrgenommenen auf die gewöhnlichen, wo Blüthe und Fruchtanlage im Sinne Caesalpin's vereinigt sind. Auch das in unserem ersten Buch p. 51 über seine Ansicht von dem Verhältniß zwischen Samen und Sproß Citirte zeigt, daß ihm die Samenbildung nur eine edlere Art der Fortpflanzung, als die

durch Knospen sei, nicht aber wesentlich verschieden davon. So wie sich Caesalpin einmal die aristotelische Lehre zurecht gelegt hatte, konnte ihm überhaupt die Annahme der Sexualität der Pflanzen nicht passen.

Was Prosper Alpin 1592 über die Bestäubung der Dattelpalme sagt, enthält nichts Neues, außer, daß er in Aegypten es selbst gesehen hatte. (De Candolle l. c. p. 47).

Der Böhme Adam Zaluzianský<sup>1)</sup> suchte 1592 das bis dahin Ueberlieferte, ohne jedoch selbst Beobachtungen zu machen, zu einer Art Theorie zu verschmelzen. Der Foetus, sagt er, ist ein Theil der pflanzlichen Natur, den die Pflanze aus sich hervorbringt und unterscheidet sich also von dem Sproß, insofern dieser aus der Pflanze hervowächst, wie ein Theil aus dem Ganzen, jener dagegen, wie ein Ganzes aus einem Ganzen.

Fast wörtlich citirt er aus Plinius den Satz: die Naturbeobachter behaupteten, daß alle Pflanzen beiderlei Geschlecht besitzen, aber so, daß bei den einen die Geschlechter vermischt, bei den anderen vertheilt sind. Bei vielen Pflanzen sei das Männliche und Weibliche gemischt, weshalb sie die Fähigkeit haben, für sich allein zu zeugen, ähnlich wie manche androgynne Thiere; und er versteht nicht, deutlicher als Aristoteles, dies aus der mangelnden Ortsbewegung der Pflanzen zu erklären. So sei es bei der größten Mehrzahl der Pflanzen. Bei anderen jedoch, wie es namentlich bei der Palme feststeht, sei das Männliche und Weibliche getrennt und die weiblichen bringen ohne die männlichen keine Frucht und wo der Staub der letzteren nicht von selbst zu jenen gelangt, da könne der Mensch nachhelfen. Auch hier wie bei den anderen Schriftstellern blickt die Sorge durch, man möge Pflanzen von verschiedenem Geschlecht für verschiedene Arten halten. Auch nimmt Zaluzianský Bezug auf

<sup>1)</sup> Seine *Methodus herbaria* soll schon 1592 herausgekommen sein; mir ist sie jedoch unbekannt; das oben Mitgetheilte stützt sich auf ein langes wörtliches Citat Koeper's (in seiner Uebersetzung von De Candolle's Physiologie. II. p. 49) der eine Auflage von 1604 vor sich hatte.

die landläufige Unterscheidung vieler Pflanzen in männliche und weibliche nach gewissen äußerlichen Verschiedenheiten.

Gewiß hat auch Jungius die damals bekannten Thatfachen und Ansichten ebenfalls gekannt; das Studium seiner botanischen Schriften jedoch zeigt Nichts, was auf eine Annahme wirklicher Sexualität bei den Pflanzen, auf die Nothwendigkeit des Zusammenwirkens zweierlei Geschlechter zum Zweck der Fortpflanzung sich deuten ließe. Fast möchte man glauben, daß gerade die gelehrtesten und ernstesten Männer, wie Caesalpin und Jungius, die Annahme der Sexualität bei den Pflanzen als eine Absurdität betrachteten, mit der man sich nicht gerne befaßt. Diesen Eindruck macht auch die Lectüre von Malpighi's Pflanzenanatomie. Er war es, der die erste sorgfältige Entwicklungsgeschichte des Samens gab und sogar die früheren Entwicklungsstufen des Embryos im Embryosack studirte und dennoch sagt er bei dieser Gelegenheit Nichts über die Mitwirkung des in den Antheren enthaltenen Staubes zur Embryobildung, ja er erwähnt nicht einmal der Ansichten früherer Schriftsteller darüber. Auch Malpighi betrachtete wie Caesalpin die Samenbildung nur als eine andere Form der gewöhnlichen Knospenbildung, wie überhaupt die Fortpflanzung nur als eine andere Form der Ernährung. Daß man die Pflanzen mit unfruchtbaren Blüthen als männliche bezeichnet, wird nur nebenbei als Volksmeinung mit erwähnt (p. 52) und zum Schluß die Theorie aufgestellt, daß die Staubgefäße ebenso wie die Blumenblätter einen Theil des Saftes aus der Blüthe entfernen, um so einen reineren Saft zur Bildung der Samen zu gewinnen (p. 56).

In allen die Geschichte der Sexualität betreffenden Nachrichten wird ein in der Geschichte der Botanik sonst Unbekannter Sir Thomas Millington als derjenige bezeichnet, der zuerst die Staubgefäße als männliche Geschlechtsorgane in Anspruch genommen habe. Die einzige Nachricht darüber beschränkt sich jedoch auf folgende Mittheilung Grew's, in dessen *Anatomy of plants* 1682 p. 171 ch. 5. §. 3. „In Unterredung hierüber (nämlich über die Bedeutung der von Grew mit dem Worte

attire Schmuß<sup>1)</sup> bezeichneten Staubfäden für die Samenbildung) mit unserem gelehrten Savilian Professor Sir Thomas Millington, sagte mir derselbe, er sei der Meinung, daß das attire als männliches Organ zur Erzeugung des Samens diene. Ich erwiderte sogleich, daß ich derselben Meinung, sei, gab ihm einige Gründe dafür an und beantwortete einige Einwürfe, welche derselben entgegenstehen könnten.“ Dann fährt Grew fort (p. 172), die Summe seiner diesen Gegenstand betreffenden Gedanken<sup>2)</sup> sei Folgendes: Zunächst schein es, daß das attire dazu diene, gewisse überflüssige Theile des Saftes abzuscheiden, zur Vorbereitung der Erzeugung des Samens. Sowie die Blütenblätter (foliature) dazu dienen, die flüchtigen salinischen Schwefeltheile wegzuschaffen, so dient das attire zur Verminderung und Adjustirung der luftartigen; damit der Same desto öligter werden könne und seine Principien besser fixirt werden. Wir befinden uns hier nämlich auf dem Boden der damaligen Chemie, wo Schwefel, Salz und Del die Hauptsache war. Dem entsprechend, fährt Grew fort, habe die Blume gewöhnlich einen stärkeren Geruch als das attire, weil der salinische Schwefel stärker ist, als der luftartige, welcher zu subtil ist, um den Sinn zu afficiren u. s. w. Mit engem Anschluß an Malpighi's Ansicht betrachtet er nun diese Abscheidungen ähnlich den menses als solche, durch welche der Saft im Fruchtknoten für die herannahende Entstehung des Samens qualificirt wird. Und so wie das junge attire bevor es sich öffnet, den weiblichen menses entspreche, sei es wahrscheinlich, daß später, wenn es sich öffnet, es die Function des Männchens erfülle, wie sich aus der Form (!) dieser Theile schließen lasse. Wie verwirrt es aber auch in dieser Beziehung noch bei Grew steht, zeigt folgender Satz, (p. 152 § 6), den ich mit den Worten des Dri-

<sup>1)</sup> Bei den Compositen bezeichnet Grew jedoch die einzelnen Blüten als florid attire (p. 37).

<sup>2)</sup> Man vergl. damit p. 38 und 39 des ersten 1671 erschienenen Theils dieses Werkes Gesagte, wo Grew noch keine fernelle Bedeutung der Staubfäden annahm.



ginals hier folgen lasse: for in the florid attire (in den einzelnen Blüthen der Compositenköpfe) the blade (Griffel und Narbe) doth not unaptly resemble a small penis, with the sheath upon it, as its praeputium. And in the seedlike attire the several thecae are, like so many little testikles. And the globulets and other small partikles upon the blade or penis and in the thecae, are as the vegetable sperme. Wich as soon, as the penis is exserted or the testikles come to break, falls down upon the seedease or wombe and so touches it with a prolific virtue.

Dem Bedenken, daß demnach dieselbe Pflanze männlich und weiblich sein müsse, tritt er mit der Thatsache entgegen, daß Schnecken und andere Thiere sich ebenso verhalten. Daß aber die Pollenkörner nur dadurch, daß sie auf den Fruchtknoten (uterus) fallen, diesem oder seinem Saft eine prolific virtue ertheilen, sei um so wahrscheinlicher, wenn man den Befruchtungsvorgang bei manchen Thieren damit vergleicht (wobei Grew sonderbare Dinge zur Lage fördert). Der ganze Abschnitt schließt mit der Bemerkung, wenn man eine vollständige Aehnlichkeit zwischen Thieren und Pflanzen in dieser Beziehung fordern wollte, so hieße das, verlangen, die Pflanze solle nicht einem Thiere ähnlich, sondern selbst ein Thier sein.

Fragt man sich nun, was etwa Millington und Grew wirklich geleistet haben, so besteht es in der Vermuthung, daß die Staubgefäße den männlichen Befruchtungstoff erzeugen, eine Ansicht, die hier aber mit den wunderlichsten chemischen Theorieen und thierischen Analogieen eng verknüpft auftritt. Merkwürdig wie krumm die Wege sind, auf denen die Wissenschaft zuweilen fortschreitet; Grew, wenn er einmal irgend Sexualität bei den Pflanzen annehmen wollte, hätte einfach an Theophrast's Angabe anknüpfen können, daß man zur Befruchtung weiblicher Palmen den Blütenstaub der männlichen über ihnen ausschüttle und da Grew ebenso wie Malpighi den Blütenstaub in den Staubgefäßen vorfand, konnten diese letzteren ohne

Weiteres und noch dazu auf ein Jahrtausende altes Experiment gestützt als die männlichen Organe in Anspruch genommen werden. Der älteren Ansichten und Erfahrungen jedoch erwähnt Grew mit keinem Wort. Irgend ein Experiment zur Beantwortung der Frage hat auch er ebensowenig gemacht, wie irgend ein anderer Schriftsteller vor Camerarius. Es war schon ein Fortschritt, daß Ray in seiner *Historia plantarum* (1693. I. Cap. 10. p. 17. II. p. 1250) diesen so äußerst unklaren Gedankengang Grew's durch Hinweis auf die diöcischen Pflanzen und auf die alten Erfahrungen an der Dattelpalme, klärte und mehr in's richtige Geleise brachte, ohne jedoch auch seinerseits durch Experimente der Frage näher zu treten. Zudem war der eigentliche Entdecker der Sexualität, Camerarius, schon zwei Jahre vor dem Erscheinen der *Historia plantarum* Ray's mit der experimentellen Lösung des Problems beschäftigt. Auch was Ray 1694 in der Vorrede zu seinem *Sylloge stirpium* sagt, ist eben nur eine Behauptung, die sich auf kein Experiment stützt. Aber selbst wenn man den Aeußerungen Grew's und Ray's einen größeren Werth beilegen wollte, so würde doch die Vergleichung der Art und Weise, wie Camerarius die Sache angriff, ohne Weiteres zeigen, daß er es gewesen ist, der zunächst die Frage theoretisch soweit geklärt hat, daß sie einer experimentellen Behandlung zugänglich wurde und daß er unzweifelhaft der Erste war, der nicht nur Experimente überhaupt in dieser Richtung unternahm, sondern diese auch mit großem Geschick durchführte, wie wir im Folgenden sehen werden. Linné traf das Richtige, wenn er (*Amoenitates* I 1749 p. 62) sagt, Camerarius habe zuerst das Geschlecht und die Erzeugung der Pflanzen deutlich bewiesen (*perspicue demonstravit*).

## 2.

Begründung der Lehre von der Sexualität der Pflanzen durch Rudolph  
Jacob Camerarius  
1691 — 1694.

Was man bis zum Jahre 1691 über die Sexualität der Pflanzen wußte, waren also die schon von Theophrast erzählten Thatsachen betreffs der Dattelpalme, der Terebinthe und des medischen Apfels, ferner die Vermuthungen Millington's Grew's und Ray's, denen jedoch die Ansicht Malpighi's als ebenso berechtigt entgegenstand. Zu einer wissenschaftlich festgestellten Thatsache konnte die Sexualität der Pflanzen nur auf einem einzigen Weg, dem des Experiments, erhoben werden; es mußte gezeigt werden, daß ohne die Mitwirkung des Blütenstaubes keimfähige Samen nicht entstehen. Nach allen vorliegenden historischen Documenten war N. J. Camerarius der Erste, welcher einen derartigen Versuch zur Lösung der Frage machte und demselben zahlreiche andere Experimente folgen ließ. Eine ganz andere Frage ist es, wie der Befruchtungstoff zu den befruchtungsfähigen Samenanlagen gelangt und diese konnte erst dann einen Sinn haben, wenn durch Experimente festgestellt war, daß der Pollen überhaupt zur Befruchtung des Samens unentbehrlich ist.

J. Ch. Mikán, Professor der Botanik in Prag, hat sich das Verdienst erworben, die sehr zerstreuten, daher wenig bekannt gewordenen Schriften des Rudolph Jakob Camerarius<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Rudolph Jacob Camerarius geboren zu Tübingen 1665 starb daselbst 1721. Nachdem er Philosophie und Medicin studirt, durchreiste er von 1685 bis 1687 Deutschland, Holland, England, Frankreich und Italien; 1688 wurde er Prof. extraord. und Director des botan. Gartens in Tübingen, 1689 Professor der Physik bis 1695 und zuletzt, als Nachfolger seines Vaters Elias Rudolph Camerarius, erster Professor der Universität; sein Sohn Alexander, eines seiner zehn Kinder, wurde später sein Nachfolger in dieser Stellung. (Nach einem Artikel der Biographie universelle von Du Petit-Thouars). Auch die anderen, nicht das Ge-

in Verbindung mit einigen solchen Koelreuter's zu sammeln und unter dem Titel R. J. Camerarii opuscula botanici argumenti 1797 (Pragae) herauszugeben. Ich werde mich hier ganz vorwiegend an dieses, wie es scheint, nur wenig bekannte Buch halten. Die kleinen vorläufigen Mittheilungen des Camerarius sind daselbst aus dem neunten und zehnten Jahrgang der zweiten und aus dem fünften und sechsten Jahrgang der dritten Dekurie der Ephemeriden der Leopoldina wörtlich abgedruckt; der uns später beschäftigende Brief an Valentin nach J. G. Smelin's Ausgabe von 1749 wiedergegeben; ebenso ein Auszug desselben und eine Antwort des Valentin.

Camerarius hatte beobachtet, daß ein weiblicher Maulbeerbaum einmal Frucht trug, obwohl kein männlicher Baum (amentaceis floribus) in der Nähe war, daß aber die Beeren nur taube, hohle Samen enthielten, welche er mit den unfruchteten Windeiern der Vögel verglich. Durch diese Beobachtung aufmerksam geworden, machte er nun das erste Experiment mit einer anderen zweihäufigen Pflanze, dem Bingelkraut (*Mercurialis annua*); er nahm von den freiwachsenden Pflanzen Ende Mai zwei weibliche Exemplare (die man früher als männliche bezeichnete, die er jedoch als die weiblichen erkannte), setzte sie in Töpfe und sonderte sie von anderen ab. Die Pflanzen gediehen vortrefflich, die Früchte schollen zahlreich an, halb reif aber begannen sie zu vertrocknen und nicht eine brachte vollen Samen; seine Mittheilung darüber ist vom 28. Dezember 1691 datirt. In der dritten Dekurie der Ephemeriden annus V erzählt er, daß er in einer Ausfaat von Spinat neben diöcischen Pflanzen auch monöcische gefunden habe, daselbe habe Ray bei *Urtica romana* beobachtet, was Camerarius an drei anderen Arten bestätigt fand. Die Nichtbeachtung dieser Thatsache hat später vielfach irrige Deutung der Experimente und Zweifel an der Sexualität veranlaßt.

schlecht der Pflanzen betreffenden Abhandlungen des Camerarius zeichnen sich vor denen ihrer Zeit durch geistvolle Auffassung und klare Darstellung aus.

Das Hauptwerk des Camerarius über die Sexualität der Pflanzen ist jedoch seine vielgenannte, aber wie es scheint, von sehr Wenigen gelesene *De sexu plantarum expistola*, die er am 25. August 1694 an Valentin Professor in Gießen richtete. Dieser Brief ist das umfangreichste, was bis dahin und selbst bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts über die Sexualität der Pflanzen geschrieben wurde; er enthält aber auch das bei Weitem Gründlichste in dieser Richtung vor Koelreuter. Die Darstellungsweise weicht sehr zu ihrem Vortheil von der jener Zeit weit ab und ist durchaus im modern naturwissenschaftlichen Sinn gehalten: eine vollständige Kenntniß der einschlägigen Literatur wird hier mit sorgfältiger Kritik gehandhabt; der Blüthenbau klarer als jemals vorher und lange nach ihm dargestellt und zwar ausdrücklich in der Absicht, den Sinn seiner Experimente über die Sexualität verständlich zu machen. Man sieht es der ganzen Haltung des Briefes an, daß Camerarius von der außerordentlichen Wichtigkeit der Frage durchdrungen war und daß es ihm darauf ankam, die Existenz der Sexualität auf jede mögliche Weise festzustellen.

Nach der ausführlichen Betrachtung der Blüthenheile, der Antheren mit ihrem Pollen, des Verhaltens der befruchteten und unbefruchteten Samenanlagen, der Erscheinungen an gefüllten Blumen u. dgl., woraus er mit vieler Umsicht die Bedeutung der Antheren (apices) ableitet, geht er nun zum directen Beweis über: „In der zweiten Abtheilung von Pflanzen sagt er, bei welcher die männlichen Blüthen von den weiblichen auf derselben Pflanze getrennt sind, habe ich auch zwei Beispiele davon kennen gelernt, welch' schlimme Wirkung die Entfernung der Antheren ausübt. Als ich nämlich zunächst von dem Ricinus die männlichen Blüthen (globulos), bevor die Antheren sich ausbreiteten, wegnahm und das Auftreten jüngerer verhinderte, während ich zugleich die vorhandenen Fruchtstände schonte, erhielt ich niemals vollständigen Samen, sondern ich sah leere Blasen, welche endlich erschöpft und vertrocknet zu Grunde gingen. Ebenso wurden von dem Mais die bereits herabhängenden Narben

(coma) geschickt abgeschnitten, worauf die beiden Kolben völlig ohne Samen blieben, obgleich die Zahl der tauben Schalen (vesicularum) sehr groß war.“ Betreffs der diöcischen Pflanzen *Morus* und *Mercurialis* verweist er auf seine früheren Mittheilungen in den Ephemeriden und auch der Spinat habe diese Resultate bestätigt. Nach dem Hinweis auf ähnliche Verhältnisse bei den Thieren fährt er fort: „Im Pflanzenreich findet keine Erzeugung durch Samen, dieses vollkommenste Geschenk der Natur, dieses allgemeine Mittel zur Erhaltung der Species statt, wenn nicht vorher die Antheren, die in dem Samen enthaltene junge Pflanze vorbereitet haben (nisi praecedanei florum apices prius ipsam plantam debite praeparaverint). Es scheint daher gerechtfertigt, jenen apices einen edleren Namen beizulegen und die Bedeutung von männlichen Geschlechtsorganen, da die Kapseln derselben Behälter sind, in welchen der Same selbst, nämlich jenes Pulver, der subtilste Theil der Pflanze, secernirt und gesammelt wird, um von hier aus später abgegeben zu werden. Ebenso leuchtet ein, daß der Fruchtknoten mit seinem Griffel (seminale vasculum cum sua plumula sive stilo) das weibliche Geschlechtsorgan der Pflanze darstellt.“ Weiterhin geht er auf des Aristoteles Theorie der vermischten Geschlechter der Pflanzen ein und führt Swammerdam's Entdeckung des Hermaphroditismus der Schnecken an, was bei Thieren Ausnahme, bei den Pflanzen aber Regel sei. Ein Irrthum, der aber erst hundert Jahre später durch Konrad Sprengel erkannt und endlich in neuester Zeit vollkommen widerlegt worden ist, war es allerdings, wenn Camerarius glaubte, daß die hermaphroditischen Blüthen sich selbst befruchten, was er im Vergleich mit den Schnecken sehr sonderbar findet, was aber die meisten Botaniker trotz Koelreuter und Sprengel bis auf die neueste Zeit nicht sonderbar gefunden haben. Daß man am Schluß des 17. Jahrhunderts die Sexualität der Pflanzen höchstens im bildlichen Sinne gelten ließ (wobei Ray ausgenommen werden muß), daß aber Camerarius dieselbe ganz in demselben Sinne, wie bei den Thieren auffaßte, und diese Auffassung zur

Geltung zu bringen suchte, erkennt man an den starken Ausdrücken, welche er braucht, um zu zeigen, daß bei den Diöcisten der Unterschied von männlicher und weiblicher Pflanze nicht bloß bildlich zu verstehen sei. Sowie bei den Thieren entstehe auch bei den Pflanzen der neue Fötus, das im Samen enthaltene Pflänzchen, erst nach dem Abblühen innerhalb der Samenhaut. Bezeichnend ist es dabei für die in jener Zeit noch immer geltende Autorität der Alten, daß Camerarius es für nöthig hält, ausdrücklich hervorzuheben, daß die Ansichten des Aristoteles, Empedokles und Theophrast seiner eigenen Sexualtheorie nicht im Wege stehen. Der ächte Naturforscher und kritische Geist macht sich aber darin bei Camerarius geltend, daß er den für die Thiere schon damals erhobenen Streit, ob das Ei oder das Spermatozoid (vermis) den Fötus erzeuge, auf sich beruhen läßt, da es einstweilen nur darauf ankomme, die sexuelle Differenz zu konstatiren, aber nicht die Art der Zeugung; wünschenswerth sei ihm allerdings, daß man untersuche, was die Pollenkörner enthalten, wie weit sie in die weiblichen Theile eindringen, ob sie unverletzt bis zu den empfangenden Samen vorrücken, oder was sie entlassen, wenn sie etwa vorher zerspringen. Den Verdiensten Grew's um die Kenntniß des Pollens und seiner Bedeutung läßt er volle Gerechtigkeit widerfahren.

Dem naturwissenschaftlichen Sinn des Camerarius macht es alle Ehre, daß er selbst eine Reihe von Einwänden gegen seine Sexualtheorie hervorhebt; zu diesen gehört, daß die Lycopodien und Equiseten aus ihrem Staub, wie er glaubt, keine jungen Pflanzen erzeugen; er vermuthete daher, daß ihnen die Samen fehlen. Es ist aber zu beachten, daß die Keimung der Equiseten und Lycopodien überhaupt erst in unserem Jahrhundert beobachtet worden ist. Ein für jene Zeit wichtigerer Einwand lag darin, daß ein dritter Kolben einer kastrierten Maispflanze elf befruchtete Samen enthielt, über deren Entstehung er keine Rechenschaft zu geben wußte. Noch ärgerlicher war ihm, daß drei aus dem Feld genommene Hanspflanzen, im Garten

kultivirt, dennoch fruchtbare Samen brachten, was er durch verschiedene Annahmen über unbemerkte Bestäubung zu erklären sucht. Auch dieß veranlaßte ihn zu einem neuen Versuch; im nächsten Jahr brachte er nämlich einen Topf mit Hanfskeimpflanzen in einen abgeschlossenen Raum; es entstanden drei männliche und drei weibliche Pflanzen; die drei männlichen wurden (nicht von ihm selbst) bevor sie ihre Blüthen öffneten, abgeschnitten; es entstanden zwar sehr viele taube Samen, aber auch ziemlich viel fruchtbare. Wie es zu gehen pflegt, klammerten sich die Neider und diejenigen, welche sich selbst das Verdienst des Camerarius anzueignen suchten, an diese mißlungenen Versuche, ohne freilich irgend eine Erklärung der gelungenen Versuche geben zu können. Für uns ist die Angabe seiner mißlungenen Versuche vielmehr der Beweis der Genauigkeit seiner Beobachtungen, denn wir kennen jetzt die Ursache des Mißlingen, die Camerarius selbst eigentlich schon beobachtet, aber nicht zur Erklärung benutzt hatte. Man darf wohl annehmen, daß er in ruhigerer Zeit seine ohnehin ausgezeichnete Untersuchung auch in dieser Beziehung abgerundet haben würde, denn am Schluß des Briefes beklagte er sich über die Unbill des herrschenden Krieges; es war die Zeit der Raubzüge Ludwig's XIV. Am Schluß des Briefes findet sich eine aus 26 vierzeiligen Strophen bestehende lateinische Ode, welche von einem Unbekannten, wahrscheinlich einem Schüler des Camerarius, gedichtet worden ist; ähnlich wie Goethe's bekanntes Gedicht den Inhalt seiner Metamorphosenlehre, so enthält diese, allerdings nicht göthische Ode im Wesentlichen den Inhalt der *epistola de sexu plantarum*; sie beginnt mit den Worten:

Novi canamus regna cupidinis,  
 Novos amores, gaudia non prius  
 Audita plantarum, latentes  
 Igniculos, veneremque miram.



## 3.

Verbreitung der neuen Lehre, ihre Anhänger und Gegner.

1700 — 1760.

Kein Theil der Botanik ist so oft historisch behandelt worden, wie die Lehre von der Sexualität der Pflanzen. Da jedoch die Mehrzahl der Berichtersteller die Quellen nicht aufsuchten, so sind die Verdienste der wirklichen Begründer und Förderer der Lehre vielfach zum Vortheil Anderer verdunkelt worden; selbst deutsche Botaniker haben das Verdienst des *Cam er a r i u s*, weil sie dessen Schriften nicht kannten oder kein Urtheil über die Frage und ihre Lösung hatten, Franzosen und Engländern zugeschrieben. Ich habe es mir angelegen sein lassen, die Literatur des 18. Jahrhunderts in dieser Beziehung sorgfältig zu durchforschen und werde hier zu zeigen versuchen, in wie weit vor *Koelreuter* noch irgend Jemand zur Gründung der Sexualtheorie thatsächlich Etwas beigetragen hat. Wie es bei großen Neuerungen in der Wissenschaft immer zu gehen pflegt, fanden sich solche, welche die neue Theorie einfach leugneten, Viele, die sie ohne Verständniß des Fragepunctes annahmen, Andere, welche sie von herrschenden Vorurtheilen durchdrungen schief auffaßten und entstellten, Manche, die es versuchten, das Verdienst des Entdeckers sich selbst zuzuschreiben und nur sehr Wenige, welche mit richtigem Verständniß der Frage durch neue Untersuchungen die Sache förderten.

Von denen, welche durch eigene Beobachtungen zur Lösung der Frage beizutragen suchten, sind aber zwei Abtheilungen zu unterscheiden; zuerst diejenigen, denen die Frage, ob überhaupt der Pollen zur Samenbildung nöthig sei, die Hauptsache war. In diese Abtheilung gehören *Bradley*, *Logan*, *Müller*, *Gleditsch*. Andere nahmen dagegen die Sexualität überhaupt als erwiesen an und suchten zu zeigen, auf welche Weise der Pollen die Befruchtung des Samens bewirke; dahin gehören *Geoffroy* und *Morland*. Eine zweite Classe der hier in

Betracht kommenden Schriftsteller sind diejenigen, welche die Frage ohne eigene Beobachtungen und Experimente glaubten behandeln zu können, und aus allgemeinen Gründen das von den Beobachtern Festgestellte entweder einfach acceptirten wie Leibniz, Burckhard und Baillant, oder aus philosophischen Gründen von Neuem zu beweisen suchten, wie Linné und seine Schüler, oder endlich die Sexualität einfach verwarfen, wie Tournefort und Pontedera. Endlich wäre Patrick Blair zu nennen, der selbst nichts leistete, sondern einfach die gesammten Resultate des Camerarius sich aneignete und zum Lohn dafür sogar von deutschen späteren Schriftstellern auch als einer der Begründer der Sexualtheorie angeführt wird.<sup>1)</sup>

Sehen wir zunächst, was durch weitere Experimente und Beobachtung wirklich zu Tage gefördert wurde. Der Erste, welcher Experimente mit hermaphroditen Blüthen anstellte, um die Sexualität der Pflanzen überhaupt zu erweisen, scheint Bradley (*New improvements in gardening* 1717 I p. 20) gewesen zu sein. Er pflanzte zwölf Tulpen auf einen von anderen Tulpen abgelegenen Platz des Gartens und nahm ihnen, sobald sie sich zu öffnen anfingen, die Antheren weg; der Erfolg war, daß nicht eine derselben Samen hervorbrachte, während an einer anderen Stelle desselben Gartens 400 Tulpen massenhaft Samen lieferten.

Wieder vergehen zwei Jahrzehnte, bis ein neues Experiment gemacht wird. James Logan,<sup>2)</sup> Gouverneur von Pennsylvanien, ein geborner Irländer, hatte in jeder Ecke seines Gartens, der vierzig Fuß breit und ungefähr achtzig lang war,

<sup>1)</sup> Man vergl. P. Blair's: *Botanik essays in two parts* 1720 p. 242 bis 276; das unverschämte Plagiat an Camerarius erstreckt sich sogar bis auf die erwähnte Ode.

<sup>2)</sup> Dieß nach Koelreuter's Bericht in dessen: *Historie der Versuche über das Geschlecht der Pflanzen in opuscula bot. argum.* von Rifan p. 188. Logan's Werk: *Experim. et meletemata de plant. generatione* ist mir unbekannt geblieben; nach Prißel erschien es 1739 in Haag Koelreuter citirt eine Londoner Ausgabe von 1747.

einige Maispflanzen gesetzt und verschiedene Maßregeln getroffen. Im October bemerkte er nun folgende Ergebnisse: die Kolben derjenigen Pflanzen, an denen er die männlichen Rispen, als bereits die Narben herabhingen, weggeschnitten hatte, schienen zwar ein ganz gutes Ansehen zu haben; nach genauerer Untersuchung waren sie jedoch sämmtlich unbefruchtet, ausgenommen einen, der nach jener Seite gerichtet war, von woher der Wind den Pollen anderer Maispflanzen zuwehen konnte. An denjenigen Kolben, die ihrer Narben zum Theil beraubt worden waren, fand er gerade so viel Körner als er Narben hatte stehen lassen. Ein noch vor Austritt der Narben in Mouffelin eingehüllter Kolben ergab nur unfruchtbare, leere Samenschalen.

Von besonderem Interesse sind die späteren Versuche Müller's von 1751, welche Koelreuter aus dem Gärtnerlexicon (II. Theil p. 543)<sup>1)</sup> mittheilt, insofern hier zum ersten Mal die Insectenhülse bei der Bestäubung beobachtet wurde. Müller pflanzte zwölf Tulpen in einer Entfernung von sechs bis sieben Ellen von einander und nahm ihnen sobald sie sich öffneten, ihre Staubfäden sorgfältig weg; er glaubte hierdurch die Befruchtung gänzlich verhindert zu haben; einige Tage später jedoch sah er Bienen in einem gewöhnlichen Tulpenbeet sich mit Pollen bedecken und zu seinen kastrierten Blumen hinfliegen. Als sie wieder fort waren, bemerkte er, daß sie eine zur Befruchtung hinreichende Menge von Blumenstaub auf den Narben zurückgelassen hatten und wirklich brachten auch diese Tulpen Samen. Müller sonderte auch männliche Spinatpflanzen von weiblichen ab und fand, daß die letzteren zwar große aber keimlose Samen trugen.

Professor Leditsch, Director des botanischen Gartens in Berlin, veröffentlichte in demselben Jahr (Hist. de l'acad. roy. des sc. et des lettres für das Jahr 1749, ausgegeben 1751, Berlin) einen Versuch über die künstliche Befruchtung der *Palma tactylifera folio flabelliformi*, was unzweifelhaft

<sup>1)</sup> Ich benutze hier Koelreuter's schon genannten Bericht in Mikán's citirter Sammlung.

unser *Chamerops humilis* ist, da er selbst p. 105 sagt, es sei Linné's *Chamerops* und Koelreuter die Pflanze in seinem Bericht ebenfalls so nennt. Diese Abhandlung ist durch ihre wissenschaftliche Haltung, durch die gelehrte Behandlung der Fragepunkte das Beste, was seit Camerarius bis auf Koelreuter in dieser Richtung geleistet wurde. Wir erfahren aus der Einleitung, daß es im Jahre 1749 nur noch Wenige gab, welche die Sexualität der Pflanzen in Zweifel zogen. Er selbst habe sich eine vollständige Ueberzeugung von der Sexualität durch mehrjährige Experimente mit Pflanzen der verschiedensten Art zu erwerben gesucht. Er habe besonders in den letzten Jahren vorwiegend die diöcischen Bäume zur Untersuchung gewählt, *Ceratonia*, *Therebinthus*, *Lentiscus* und diejenige Species der Dattelpalme, welche man gewöhnlich *Chamerops* nennt. Nachdem er über die Entstehung keimfähiger Samen der Terebinthe und des Mastixbaumes durch künstlich eingeleitete Bestäubung berichtet, wendet er sich zu dem *Chamerops*, von welcher Art Prinz Eugen wiederholt Exemplare von bedeutender Größe aus Afrika hatte kommen lassen; ein Exemplar habe bis zu hundert Pistolen gekostet; sie gingen jedoch zu Grunde, ohne zu blühen. Unsere Palme in Berlin, fährt er fort, die vielleicht achtzig Jahre alt sein mag, ist rein weiblich; sie habe nach der Behauptung des Gärtners niemals Früchte getragen und Glebitsch selbst fand in fünfzehn Jahren keinen fruchtbaren Samen an derselben. Da es in Berlin keinen männlichen Baum dieser Art gab, ließ Glebitsch den Pollen aus dem Garten des Caspar Bose in Leipzig kommen. Auf dem neuntägigen Transport war bereits der größte Theil des Pollens aus den Aetheren gefallen und Glebitsch fürchtete schon, er könne verdorben sein; aber die Nachricht des Leipziger Botanikers Ludwig, der in Algier und Tunis erfahren hatte, daß die Afrikaner gewöhnlich trockenen und einige Zeit aufbewahrten Pollen zur Befruchtung verwenden, ließ ihn auf Erfolg hoffen. Obgleich der weibliche Baum schon beinahe abgeblüht hatte, streute er den ausgefallenen Pollen dennoch auf dessen Blüthen

und befestigte den schon verschimmelten männlichen Blütenstand an einen nachträglich blühenden weiblichen Sproß. Das Resultat war, daß im folgenden Winter Früchte reiften, welche im Frühjahr 1750 keimten. Ein zweiter Versuch in ähnlicher Weise ausgeführt, ergab ein gleich günstiges Resultat.<sup>1)</sup>

Koelreuter, der in seiner „Historie der Versuche, welche vom Jahr 1691 bis auf 1752 über das Geschlecht der Pflanzen an gestellt worden sind“, das hier Vorgeführte ebenfalls mittheilt, beendigt seinen Bericht darüber mit den Worten: „Dies sind, soviel mir bekannt ist, alle Versuche, die von 1691 bis auf das Jahr 1752 in der Absicht, das Geschlecht der Pflanzen zu beweisen und zu bestätigen gemacht und beschrieben worden sind“; Koelreuter's Schrift war eben dem Nachweis gewidmet, daß wo es sich um die Constatirung der Sexualität im Pflanzenreich handelt, ausschließlich Experimente entscheiden können und daß eben außer Camerarius, Bradley, Logan, Müller, Gleditsch bis 1752 Niemand solche gemacht habe.

Während es sich bei den oben Genannten um die Frage handelte, ob überhaupt Sexualität im Pflanzenreich besteht, begegnen wir schon im Anfang des 18. Jahrhundert zweien Schriftstellern, welche die Sexualität als vorhanden betrachten, sich aber die Frage vorlegen, in welcher Weise der Pollen die Bildung des Embryos bewirke. Beide waren Anhänger der Evolutionstheorie, schlechte Beobachter und mit der Literatur nicht vertraut. Der Erste derselben ist Samuel Morland. In den *philosophical transactions* 1704 (für das Jahr 1702 und 1703 p. 1474) nennt derselbe Grew denjenigen, der bemerkt habe (*observed*), daß der Pollen dem männlichen Samen entspreche; auf Camerarius' Experimente, damals noch die einzigen,

<sup>1)</sup> Koelreuter, der ebenfalls über diese Versuche berichtet, sagt dabei er habe 1766 Pollen von *Chamerops* nach Petersburg und Berlin geschickt, wo er von Gleditsch und Gleditsch mit Erfolg zur Bestäubung benutzt wurde. Koelreuter wollte auf diese Art prüfen, wie lange der Pollen seine Wirksamkeit behält.

nimmt er keine Rücksicht. Er stellt aber die Annahme auf, die jungen Samen seien unbefruchteten Eiern vergleichbar, der Pollenstaub (farina) enthalte Samenpflänzchen, von denen je eines in jede Samenanlage (ovum) gelangen müsse, damit diese fruchtbar werde; demnach müsse der Stilus eine Röhre sein, durch welche jene Samenpflänzchen in ihre Brutnester hineingleiten. Bei der Kaiserkrone (*Fritillaria imperialis*) läßt er den Blüthenstaub sogar durch Wind und Regen von der Narbe aus durch den Griffelkanal hindurch in den Fruchtknoten gespült werden, ohne zu beachten, daß diese Bewegung in der hängenden Blüthe aufwärts stattfinden müßte. Wenn ich nachweisen könnte, sagt er, daß man in den unbefruchteten Samen niemals Embryonen findet, so würde der Beweis zur Demonstration werden; er aber sei nicht so glücklich gewesen, dies zu entscheiden; davon, daß Camerarius gerade dies bereits zehn Jahre früher geleistet hatte, erwähnt Morland Nichts. Statt dessen findet er nun den Hauptbeweis für seine Vermuthung darin, daß bei den Bohnen der Embryo nahe an dem Loche (der Mikropyle) der Samenschale liegt, woraus wir zugleich ersehen, daß Morland nicht einmal wußte, daß die beiden großen Körper in Bohnensamen (die Cotyledonen) zum Embryo gehören, worüber seine Landsleute Grew und Ray bereits das Nöthige publicirt hatten. Die Frage, auf welche Weise die Befruchtung stattfindet, hat also Morland in keiner Weise beantwortet; seine Abhandlung enthält Nichts als die Behauptung, daß die Embryonen bereits in den Pollenkörnern enthalten sind und durch einen hohlen Griffel in die Samen gelangen, wo sie ausgebrütet werden, eine durchaus irrige Vorstellung, die noch dazu nichts Originelles bietet, da sie sich ganz und gar an die damals herrschende Evolutionstheorie anschließt.

Geoffroy's Mittheilungen (*Hist. de l'acad. roy. d. sc. Paris 1714 p. 210*) sind ein wenig reicher an thatsfächlichen Angaben; ohne Grew, Camerarius oder selbst nur Morland zu erwähnen, knüpfte er seine schon 1711 gemachten „Beobachtungen über die Structur und den Nutzen der wichtigeren

Blüthentheile“ an Tournefort an, der ein entschiedener Gegner der Sexualität der Pflanzen war. Die Blüthentheile werden flüchtig beschrieben, einige Formen der Pollenkörner abgebildet, die vorgefaßte Meinung, daß der Griffel eine Röhre sein müsse, durch einen einzigen Versuch, durch Wasseraufsaugung mittelst des Griffels einer Lilie scheinbar bestätigt. Die Ansicht, daß der Pollen nicht, wie Tournefort gleich Malpighi behauptet hatte, ein Excrement sei, wird zum Theil durch ganz nichtsagende Beweise gestützt z. B. durch die falsche Behauptung, die Staubgefäße seien immer so gestellt, daß die Extremität der Pistills nothwendig ihren Staub aufnehmen müsse. Der einzige Beweis, daß die Samen unfruchtbar bleiben, wenn Blütenstaub nicht mitwirkt, wird durch sehr flüchtige Angaben über Versuche mit Mais und Mercurialis gegeben. Der Erfolg dieser Versuche ebenso wie gewisse sonstige Aeußerungen Geoffroy's erinnern mehr, als bloßer Zufall bewirken könnte, an den Text des Briefes von Camerarius. Sollte Geoffroy, was ich einigermassen bezweifle, wirklich selbst Versuche mit Mais und Mercurialis gemacht haben, so wären sie doch um fünfzehn Jahre jünger als die des Camerarius, der unter anderen auch diese Versuche gemacht und viel besser beschrieben hatte. Geoffroy sucht nun zu zeigen, auf welche Weise der Blütenstaub die Befruchtung bewirke und stellt darüber zweierlei Ansichten auf: 1) der Staub sei sehr schwefelhaltiger Natur, seine Theile lösen sich auf dem Pistill, die subtilsten dringen in den Fruchtknoten, wo sie durch eine von ihnen eingeleitete Fermentation die Entstehung des Embryos bewirken; oder 2) die Pollenkörner enthalten schon die Embryonen, die in den Samen gelangt daselbst ausgebrütet werden; also die bereits von Morland, der jedoch nicht erwähnt wird, gemachte Annahme. Dies hält er für den wahrscheinlicheren Fall, zunächst deshalb, weil man vor der Befruchtung noch keinen Embryo im Samen erblicke und weil die Samen der Bohnen eine Oeffnung (die Mikropyle), besitzen; es entgeht ihm dabei, daß diese Thatfachen ebenso sehr für die erste, wie für die zweite Ansicht sprechen.

Es wird nur dieser Anführungen bedürfen, um zu zeigen, daß Morland und Geoffroy weder zur Constatirung der Sexualität überhaupt, noch zur Entscheidung der Frage, wie der Pollen die Befruchtung bewirkt, Etwas beigetragen haben.

Ich habe jedoch diese beiden zunächst deshalb hinter den eigentlichen Förderern der Sexualtheorie genannt, weil sie doch wenigstens auf empirischem Boden standen und Organisationsverhältnisse nachzuweisen suchten, welche das Wie der Befruchtung erläutern sollten, wenn ihnen dieß auch nicht gelang. Es sind nun aber noch eine Reihe von Männern zu nennen, die man gewöhnlich als Mitbegründer der Sexualtheorie angeführt findet; so Leibniz, Burckhard, Baillant, Linné, von denen sich aber nachweisen läßt, daß sie zur wissenschaftlichen Begründung dieser Lehre gar Nichts beigetragen haben. Was zunächst den Philosophen Leibniz betrifft, so sagt er 1701 in einem Briefe, aus welchem Jessen (Botanik der Gegenwart und Vorzeit 1864 p. 287) das Wesentlichste mittheilt: „Die Blüthen haben nun die genaueste Beziehung zur Fortpflanzung der Pflanzen, und in der Fortpflanzungsweise (principiis generationis) Unterschiede aufzufinden, ist von großem Nutzen u. s. w. ferner: „Einen neuen und äußerst wichtigen Vergleichungspunct werden auch in Zukunft die neuen Untersuchungen über das doppelte Geschlecht der Pflanzen darbieten.“ Nach Jessen's Referat nennt er als Beobachter N. J. Camerarius und Burckhard. Man wird von Leibniz nicht erwarten, daß er selbst Experimente gemacht habe und die citirten Aeußerungen weisen eben nur darauf hin, daß er die Blüthentheile, weil sie nach anderen Beobachtern die Fortpflanzung vermitteln, zur systematischen Eintheilung benutzt wissen wollte. Ganz dasselbe und in viel höherem Grade gilt von Burckhard, welcher in seinem schon oben p. 89 citirten Briefe vom Jahre 1702 den von Leibniz angedeuteten Gedanken weiter ausführte, indem auch er die Sexualität als solche für eine erwiesene und selbstverständliche Sache nahm. Die in den historischen Angaben früherer Botaniker häufig genannte Rede des Sebastian Baillant, womit



derselbe 1717 seine Vorlesung am Jardin de roy in Paris eröffnete, habe ich nicht zu Gesicht bekommen; De Candolle jedoch, der ihm eine ganz besondere Bedeutung für die Entwicklung der Sexualtheorie beimisst, sagt <sup>1)</sup>, daß er in dieser Rede „die Sexualität der Pflanzen auf das Höchlichste und als eine zu seiner Zeit bekannte Sache aufstellte“, und ferner „Baillant beschreibe sehr malerisch, auf welche Weise die Staubgefäße den Stempel befruchten,“ wobei wohl nicht viel Richtiges untergelaufen sein mag, da erst Koelreuter, Konrad Sprengel und die Botaniker der neuesten Zeit gerade über diesen letzten Punkt ins Reine gekommen sind. Baillant's Verdienst dürfte sich also auf eine rhetorische Schilderung des damals Bekannten beschränken. Dennoch fährt De Candolle fort „Baillant's Entdeckungen wurden u. s. w.“, sowie es auf der folgenden Seite daselbst heißt: „Linné bestätigte diese Entdeckungen im Jahre 1736 in seinen Fundamenta botanica und benutzte dieselbe im Jahre 1735 bei der Begründung seines Sexualsystems auf eine geschickte Weise.“ Welche Verwirrung der Begriffe diesen und vielen ähnlichen Angaben zu Grunde liegt, habe ich schon oben p. 88 gezeigt und wie es mit Linné's Verdiensten um die Constatirung der Sexualität ausah, wird man aus meiner Darstellung im I. Buch p. 93—95 bereits zur Genüge entnommen haben. Linné's ganze geistige Anlage brachte es mit sich, daß er auf den experimentellen Nachweis einer Thatsache, auch wenn sie, wie die Sexualität, nur und ausschließlich experimentell bewiesen werden kann, doch nur unbedeutenden Werth legte; auf seinem scholastisch philosophischen Standpunct war es ihm viel wichtiger, die Existenz dieser Thatsache philosophisch, wie er meinte, aus dem Begriff der Pflanze oder aus der Vernunft abzuleiten und dabei verschiedene Analogieen von den Thieren herbeizuziehen; daher ließ er des Camerarius Verdienst zwar gelten, kümmerte sich jedoch wenig um die allein entscheidenden Experimente desselben, während er

<sup>1)</sup> Pflanzenphysiologie übersetzt von Koeper II. 1835. p. 82.

lang und breit aus Vernunftgründen u. s. w. den Beweis für die Sexualität selbst zu führen unternimmt. Wie er dieß in den *Fundamenten* und in der *Philosophia botanica* that, wurde l. c. dargestellt; hier wollen wir noch kurz bei der häufig citirten Dissertation *Sponsalia plantarum* im ersten Band der *Amoenitates academicae* von 1749 verweilen. Dort werden die Ansichten von Millington, Grew, Camerarius u. s. w. mitgetheilt; dann aber läßt sich Linné p. 63 vom Promovenden Gustav Wahlboom sagen, er, Linné sei 1735 in den *Fundamenta botanica* mit unendlicher Mühe an diese Frage gegangen und habe daselbst §. 132—150 das Geschlecht der Pflanzen mit so großer Gewißheit demonstirt, daß Keiner zögern würde, auf dasselbe das weitläufige System der Pflanzen zu gründen. Wir haben also auch hier wieder die Gründung des sogenannten Sexualsystems Linné's in die Sexualitätsfrage hereingezogen, als ob dieselbe das Geringste mit der Constatirung der Sexualität selbst zu thun hätte, und was es mit der unendlichen Mühe (*infinito labore*), welche Linné der Sache gewidmet haben soll, auf sich hat, so enthalten die citirten Paragraphen der *Fundamenta* die von uns p. 93 bereits dargestellten scholastischen Kunststücke, aber keinen einzigen thatsächlich neuen Nachweis. Ganz in derselben Weise sind übrigens auch die Beweisführungen in der hier betrachteten Dissertation gehalten, welche überhaupt nur eine weitläufige Paraphrase der in den *Fundamenta botanica* aufgestellten Linné'schen Sätze unter Zuhilfenahme der von Anderen gemachten Experimente ist, mit einem äußerst spärlichen Zusatz nebensächlicher, zum Theil mißverständener Wahrnehmungen. So heißt es z. B. p. 101: Beinahe in allen Blüthen finde sich Nektar, von welchem Pontedera glaube, er werde von den Samen eingesogen, damit sie sich länger conserviren u. s. w.; man könne glauben, die Bienen seien den Blüthen schädlich, insofern sie den Nektar und den Pollen wegnehmen; doch wird gegen Pontedera bemerkt, daß die Bienen mehr Nutzen als Schaden stiften, da sie den Pollen auf das Pistill austreuen, obgleich noch nicht feststehe, was der Nektar in der

Physiologie der Blüthe zu bedeuten habe. Auch diese bald darauf von Müller besser konstairte Thatsache der Insectenhülfe wird hier nicht weiter verfolgt, denn p. 99 wird von den Kürbissen gesagt, sie bringen ihre Früchte hinter Fenstern deshalb nicht zur Ausbildung, weil der Wind die Bestäubung nicht mehr vermitteln könne.

Von Versuchen wird nur einer genannt, ohne daß man erfährt, wer ihn angestellt hat. Es heißt nämlich p. 99, daß im Jahre 1723 im Garten von Stenbrohuld ein Kürbis geblüht habe, welchem täglich die männlichen Blüthen genommen wurden, worauf nicht eine einzige Frucht sich gebildet habe. Nebenbei wird auch auf die Kunstgriffe der Gärtner hingewiesen, um Varietätbastarde von Tulpen und Kohl zu erzielen, die Sache aber mehr als eine angenehme Spielerei behandelt. — Im dritten Band der *Amoenitates* vom Jahr 1764, wo Koelreuter's erste Untersuchungen über Hybridation bereits publicirt waren, finden wir aber eine Dissertation von Haartman über hybride Pflanzen abgedruckt, welche allerdings schon 1751 geschrieben war. In dieser Abhandlung wird nun die Nothwendigkeit hybrider Formen aus philosophischen Gründen gerade so gefolgert, wie Linné früher aus solchen auch die Sexualität abgeleitet hatte; Experimente werden nicht gemacht, sondern beliebige Pflanzenformen als Bastarde in Anspruch genommen; bei einer *Veronica spuria*, im Garten von Upsala 1750 gesammelt, wird behauptet, sie stamme von der *Veronica maritima* als Mutter und von *Verbena officinalis* als Vater ab; dieser letzteren aber wird die Vaterschaft nur deshalb zugeschrieben, weil sie in der Nähe wuchs; ebenso finden wir hier ein *Delphinium hybridum* aus der Bestäubung von *Delphinium elatum* mit *Aconitum Napellus*, eine *Saponaria hybrida* aus der Bestäubung von *S. officinalis* mit dem Pollen einer *Gentiana*; wir erfahren unter Anderem, daß *Actaea spicata alba* aus *A. spicata nigra* mit dem Pollen von *Rhus toxicodendron* u. s. w. entstanden sei. Daß hier nicht von Beobachtung der entscheidenden Momente, sondern nur von Folgerungen aus

beliebig angenommenen Prämissen die Rede ist, leuchtet sofort ein.

Demnach haben Linné und seine Schüler in dem Zeitraum zwischen Camerarius' und Koelreuter's Arbeiten zur Begründung der Thatsache, daß es eine geschlechtliche Differenz bei den Pflanzen und eine Bastardirung verschiedener Arten gebe, keinen einzigen neuen oder stichhaltigen Beweis beigebracht und wenn dennoch zahlreiche spätere Botaniker Linné's große Verdienste um die Sexualtheorie gerühmt, ihn als den hervorragendsten Begründer derselben bezeichnet haben, so beruhte das zum Theil darauf, daß sie Linné's scholastische Deductionen von naturwissenschaftlichen Beweisen nicht zu unterscheiden vermochten, zum Theil auf der früher schon erwähnten Verwechslung der Begriffe Sexualität und der auf die Sexualorgane gegründeten Eintheilung der Pflanzen; auf eine solche laufen z. B. auch die Ansprüche hinaus, welche Renzi für Patrizi erhoben, Ernst Mayer jedoch bereits als auf diesem Irrthum beruhend zurückgewiesen hat (Mayer, Gesch. d. Bot. IV p. 420). Noch in unserm Jahrhundert wurde De Candolle von Johann Jacob Römer getadelt, daß er Linné nicht als den Begründer der Sexualtheorie habe gelten lassen.

Nun zum Schluß noch einige Worte über diejenigen Schriftsteller, welche nach des Camerarius Untersuchungen die Sexualität der Pflanzen noch leugneten, weil sie entweder die Literatur nicht kannten, oder unfähig waren, wissenschaftliche Beweise zu würdigen. Zunächst ist hier Tournefort zu nennen, der großen Autorität wegen, welche er unter den Botanikern in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts genoß. In seinen uns schon bekannten Institutiones rei herbariae vom Jahr 1700 (I. p. 69) handelt er von der physiologischen Bedeutung der Blüthentheile, wie es scheint, völlig ohne Kenntniß der Untersuchungen des Camerarius, aber jedenfalls mit Anlehnung an Malpighi's Ansichten. Die Blumenblätter sollen aus den Blüthenstielen Nahrung aufnehmen, welche sie wie Eingeweide weiter verarbeiten und der wachsenden Frucht darbieten, während

die ungeeigneten Bestandtheile des Saftes durch die Staubfäden in die Antheren übergehen und sich in den Loculamenten derselben ansammeln, um als Excrete ausgeworfen zu werden. Selbst die Nothwendigkeit der Bestäubung der weiblichen Dattelpalme bezweifelte Tournefort. Er kannte eben die Thatsache nicht hinreichend, und war durch Vorurtheile irre geführt. Ganz ähnlich verhielt es sich noch 1720 mit dem italienischen Botaniker Fontedera, der in seiner Anthologia noch einmal Malpighi's unglückliche Ansicht aufwärmte und zugleich den Nektar zur Ausbildung der Samen vom Fruchtknoten aufsaugen ließ; bei Pflanzen mit diklinischen Blüthen hielt er die männliche für eine unnütze That.

Valentin, an welchen Camerarius seine berühmte Epistel (De sexu plantarum 1694) gerichtet hatte, erwies diesem einen schlechten Dienst, indem er einen kurzen Auszug derselben veröffentlichte, welcher grobe Mißverständnisse bezüglich der Thatsachen enthielt.<sup>1)</sup> Auf diese falschen Angaben gestützt bestritt auch Alston sogar noch 1756 die Folgerungen des Camerarius, indem er zugleich aus ganz nichtssagenden Gründen die sexuelle Bedeutung der Staubfäden bezweifelte. Die besser begründeten Zweifel eines Herrn Möller in Deutschland, der weibliche Spinat- und Hanfpflanzen auch nach der Entfernung der männlichen noch Samen tragen sah, und sich auf die scheinbar ungeschlechtliche Fortpflanzung der Kryptogamen berief, wurden von Kästner in Göttingen mit dem Hinweis auf die Thatsache zurückgewiesen, daß diöcische Pflanzen zuweilen Zwitterblüthen bringen, wofür er die Weiden anführte. Diese Zweifel wären überhaupt ganz unmöglich gewesen, wenn die hier Genannten die Abhandlungen des Camerarius gelesen und verstanden, überhaupt die Literatur gekannt hätten.

<sup>1)</sup> Genauere Nachweisungen darüber gab Koelreuter in seiner Historie der Versuche u. s. w. Vergl. in opuscula botanici argumenti von Milan p. 180.

## 4.

## Evolutionstheorie und Epigenesis.

Dem Einfluß der Evolutionstheorie auf die Befruchtungslehre der Pflanzen begegneten wir schon oben bei Morland und Geoffroy. Ausführlicheres erfahren wir darüber in dem schon früher genannten Werk des Philosophen Christian Wolff „Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur“ (Magdeburg 1723), dessen betreffende Aeußerungen ich hier auch deßhalb citire, um zu zeigen, was selbst ein so gebildeter und belesener Mann im Vaterlande des Camerarius und 30 Jahre nach dessen Schrift über die Sexualität der Pflanzen wußte. Im 2. Capitel des 4. Theils, welches über Leben, Tod und Erzeugung der Pflanzen handelt, sagt Wolff: „Ordentlicher Weise werden die Pflanzen aus Samen erzeugt, denn der Same enthält nicht allein die Pflänzlein im Kleinen in sich, sondern auch zugleich die erste Nahrung.“ Ebenso natürlich sei die Fortpflanzung durch Augen, deren jedes einen Zweig im Kleinen enthält. „Man findet in der Blüthe inwendig allerlei Stengel rings herum, daran oben Etwas zu sehen so ganz staubig ist und den Staub auf den obern Theil des Behältnisses von den Samen fallen läßt, das einige mit dem Geburtsglied der Thiere und den Staub mit dem männlichen Samen vergleichen. Nach ihrer Meinung wird der Same durch den Staub fruchtbar gemacht und müssen demnach die kleinen Pflänzlein durch den Staub in das Samenbehältniß und darinnen in den Samen gebracht werden. Ich habe mir zwar vorgenommen gehabt, die Sache zu untersuchen, allein ich habe es immer wieder vergessen.“ — — „Da Dieses Alles, was bisher beigebracht worden, auch bei den Blumen zu finden, die aus Zwiebeln wachsen, und gleichwohl gewiß ist, daß die Blätter der Zwiebeln folgendes auch Pflänzlein in sich haben — — — so sieht man leicht, daß die jungen Pflänzlein (Embryonen) aus den Blättern der Zwiebeln kommen müssen. Weil sie nun daraus so leicht mit dem Saft in die Samenkörnlein können gebracht werden, als in den

Staub, der sich oben in der Blume erzeugt, so zweifle noch gar sehr, ob die Sache auch ihre Richtigkeit hat und mit der Erfahrung übereinstimmen wird. Es entsteht aber nun die Hauptfrage, woher die kleinen Pflänzchen in den Saft kommen: weil sie nicht bloß eine äußerliche Figur, sondern auch eine innerliche Struktur haben, so sieht man nicht, wie sie entweder durch bloße innere Bewegung des Saftes oder durch Absonderung gewisser Theile entstehen können. — Und dieses ist allerdings glaublicher, daß die kleinen Pflänzlein schon im Kleinen vorhanden gewesen, ehe sie in dem Saft und der Pflanze durch einige Veränderung in den Zustand gesetzt worden, wie sie im Samen und den Augen anzutreffen. Allein es ist nun ferner die Frage, wo sie denn vorher gewesen. Sie stecken demnach entweder in einer kleinen Gestalt in einander, wie in Sonderheit Malbranche behauptet oder werden aus der Luft und Erde mit dem Nahrungssaft in die Pflanze gebracht, wie Honoratus Fabri vorgegeben und Perrault und Sturm nach ihm weiter ausgeführt. Nach der ersten Meinung muß das erste Samentörnlein Alles in sich enthalten haben, was bis auf diese Stunde daraus gewachsen ist.“ Diese Zumuthung geht jedoch selbst über Wolff's Glauben hinaus; denn, sagt er, es mache der Einbildungskraft viel zu schaffen, wie man sich diese Einschachtelung der Reime denken solle. Es ist bekannt, daß derartige Vorstellungen im 18. Jahrhundert sehr verbreitet waren, und daß man die Spermatozoiden der Thiere für eine wichtige Stütze derselben hielt; selbst Albert Haller war noch in den sechziger Jahren Anhänger der Evolutionstheorie. So confus auch der Gedankengang Wolff's im Uebrigen ist, verdient doch die Hervorhebung des Gedankens Beachtung, daß bei der Annahme der Evolution die sexuelle Bedeutung der Staubgefäße eigentlich wegfällt. Wir werden unten sehen, wie Koelreuter in ganz anderer Weise die Natur der geschlechtlichen Fortpflanzung aufzufassen mußte. Ueberhaupt wird die für die Sexualtheorie epochemachende Bedeutung Koelreuter's erst dann recht verstanden, wenn wir die theoretischen Ansichten seiner Vorgänger und Zeitgenossen betrachten. Es wird

daher am Orte sein, hier zum Theil chronologisch vorgehend auch die Ansichten des Freiherrn von Gleichen-Rußwurm und die schwachen Gründe Kaspar Friedrich Wolff's gegen die Evolutionstheorie zu erwähnen. Der zuerst Genannte vertrat in seinem Werk: „Das Neueste aus dem Reich der Pflanzen“ u. s. w. 1764, vorwiegend auf mikroskopische Beobachtung des Inhaltes der Pollenkörner gestützt, die Ansicht, daß die kleinen Körnchen desselben den Spermatozoiden der Thiere entsprechen und in die Samenknospen eindringen, um dort zu Embryonen ausgebildet zu werden. Trotzdem war Gleichen ein eifriger Verfechter der Sexualtheorie und suchte bekannte Einwendungen gegen dieselbe durch den Hinweis auf das Vorkommen weiblicher Blüten an männlichen Spinatpflanzen zu entkräften, auch machte er mit Mais und Hanf Experimente in dieser Richtung. Ohne zu beachten, daß gerade die Bastarde den schlagendsten Beweis gegen die Evolutionstheorie darstellen, nahm er dieselben doch ganz richtig für einen besonders starken Beweis zu Gunsten der Sexualität überhaupt in Anspruch. Was freilich seine wirkliche Kenntniß von Bastarden betraf, so stützte sie sich zum Theil auf Linné's uns bekannte Angaben, ja er beschreibt sogar einen Bastard zwischen Hirsch und Kuh u. dgl. und ärgert sich über Koelreuter, weil dieser das Vorkommen der Hybriden so sehr einschränkte. So geht es, der Erste, der überhaupt Bastarde im Pflanzenreich methodisch erzeugte, mußte sich schelten lassen, daß er die ganz aus der Luft gegriffenen Bastarde seiner Zeitgenossen nicht gelten ließ. Uebrigens ist Gleichen's genanntes Buch, sowie seine auserlesenen mikroskopischen Entdeckungen von 1777 reich an guten Wahrnehmungen im Einzelnen; er war es sogar, der die Pollenschläuche von *Asclepias* zuerst sah und abbildete, ohne natürlich ihre Natur und Bedeutung zu ahnen.

Kaspar Friedrich Wolff wird gewöhnlich als derjenige bezeichnet, der die Evolutionstheorie zuerst widerlegt habe. Anzuerkennen ist jedenfalls, daß er schon in seiner Doktordissertation 1759, der bekannten *Theoria generationis*, entschieden gegen die Evolution auftrat; was aber das Gewicht seiner Gründe



betrifft, so war dasselbe nicht groß; und jedenfalls haben die fast gleichzeitig von Koelreuter entdeckten Pflanzenbastarde einen viel schlagenderen Beweis gegen jede Form der Evolutionstheorie geliefert. C. F. Wolff faßte den Befruchtungsact einfach als eine andere Form der Ernährung auf. Auf die sehr unvollständige, zum Theil unrichtige Wahrnehmung hin, daß schlecht genährte Pflanzen früher blühen, betrachtete er überhaupt die Blütenbildung als den Ausdruck geschwächter Ernährung, (*vegetatio languescens*). Die Fruchtbildung aber soll in der Blüthe dadurch hervorgerufen werden, daß dem Pistill in dem Pollen eine vollendetere Nahrung dargeboten werde. Wolff griff hiermit wieder auf die älteste, schon von Aristoteles in gewissem Sinne vertretene Ansicht zurück, die unfruchtbarste, die sich denken läßt, da sie durchaus ungeeignet scheint, die zahlreichen mit der Sexualität zusammenhängenden Erscheinungen irgend wie zu erklären, vor allem aber den Hybridationsresultaten Rechnung zu tragen. Wolff konnte so zwar die Evolutionstheorie abweisen; aber ihm selbst gieng dabei das wesentlich Eigenthümliche des Sexualactes verloren.

## 5.

Weiterer Ausbau der Sexualtheorie durch Joseph Gottlieb Koelreuter und Konrad Sprengel.

1761 — 1793.

N. J. Camerarius hatte auf experimentellem Wege gezeigt, daß bei den Pflanzen zur Hervorbringung embryohaltiger Samen die Mitwirkung des Pollens unentbehrlich ist und einige wenige spätere Beobachter hatten die Thatsache der Sexualität durch verschiedene weitere Experimente bestätigt. Für die streng naturwissenschaftliche weitere Forschung kam es jetzt darauf an, ebenfalls wieder auf experimentellem Wege zu erfahren, welchen Antheil das männliche und weibliche Princip an der Bildung der durch den Geschlechtsact entstehenden neuen Pflanze nimmt. Wenn Pollen und Samenknospe derselben Pflanzenform angehören, so nimmt auch der Nachkomme dieselbe Form an und die Frage

bleibt unentschieden. Es kam also darauf an, Pollen und Samentknospe verschiedener Pflanzenformen zu vereinigen; hier mußte sich zeigen, ob und welche Eigenschaften die Nachkommen durch den Pollen, und welche durch die Samentknospe sie gewinnen; vorausgesetzt natürlich, daß eine solche Vereinigung von verschiedenen Pflanzenformen überhaupt möglich sei. Auch diese Fragen konnten ausschließlich durch Experimente d. h. durch künstliche Bastardirung beantwortet werden; denn bevor man nicht auf diese Weise hybride Formen wirklich erzeugt hatte, blieb es eine ganz unsichere Hypothese, anzunehmen, daß gewisse wildwachsende Pflanzenformen durch Bastardbefruchtung entstanden seien.

Die Frage, ob bei den Pflanzen Bastardbefruchtung möglich sei, hatte schon Camerarius in seinem Briefe angeregt mit dem Zusatz, ob dann ein veränderter Nachkomme entstehe (an et quam mutatus inde prodeat foetus). Nach Bradley's Bericht hatte sogar schon vor 1719 ein Gärtner in London einen Bastard von *Dianthus caryophyllus* und *D. barbatus* künstlich erzielt. Der erste aber, der sich wissenschaftlich und eingehend mit der Frage beschäftigte, war Koelreuter.<sup>1)</sup> Er erkannte zuerst die ganze Wichtigkeit derselben und bearbeitete sie mit einer bewunderungswürdigen, damals ganz unerhörten Ausdauer und

<sup>1)</sup> Joseph Gottlieb Koelreuter geb. zu Sulz am Neckar 1733, starb 1806 in Karlsruhe, wo er Professor der Naturgeschichte und von 1768 bis 1786 auch Oberaufseher der botanischen und fürstlichen Hofgärten war; diese letztere Stellung mußte er jedoch, der Widersetzlichkeit der Gärtner weichend aufgeben, nachdem seine Beschützerin, die Markgräfin Caroline von Baden gestorben war, worauf er seine Beobachtungen in seinem eigenen kleinen Garten bis 1790 fortsetzte. Es ist wohl ein Mißverständniß, wenn C. F. Gärtner (in seinem Werk über Bastardbefruchtung 1849 p. 5) sagt, Koelreuter habe seitdem alchimistischen Versuchen obgelegen. — Mehr Biographisches über ihn zu erfahren ist mir trotz vielen Suchens nicht gelungen, auch die biographie universelle anc. et mod. enthält nichts über diesen hochverdienten Mann. Obige Angaben nach Gärtner l. c. und Flora 1839 p. 245. Daß Koelreuter vor 1766 auch in Petersburg war, geht aus einer Notiz in der 3. Fortsetzung der „vorkläuf. Nachricht“ p. 151 hervor.

Einsicht, so zwar, daß Koelreuter's Bastardirungen auch jetzt noch, obgleich seitdem Tausende derartiger Experimente gemacht worden sind, zu den besten und lehrreichsten zählen. Er war es aber auch, der zuerst die verschiedenen Einrichtungen innerhalb der Blüthe in ihrer Beziehung zum Sexualverhältniß sorgfältig studirte, zuerst die Bedeutung des Nektars und die Mithilfe der Insecten bei der Bestäubung erkannte und die Ansicht vom Wesen des Sexualactes als einer Vermischung zweier verschiedener Materien aufstellte, welche, wenn auch mit namhaften Veränderungen, in der Hauptsache jetzt noch als die giltige zu betrachten ist.

Vergleicht man Koelreuter's nicht umfangreiche, aber inhaltschwere Schriften mit Allem, was seit Camerarius geschrieben worden war, so erstaunt man, nicht nur über die Fülle neuer Gedanken, sondern noch mehr über die außerordentliche Klarheit und Durchsichtigkeit derselben und über die Sicherheit ihrer Begründung durch Experimente und Beobachtung. Bei der Lectüre von Linné's, Gleichen's, Wolff's Schriften über die Sexualität tritt man in eine uns längst fremdgewordene, schwer verständliche Gedankenwelt ein, die nur noch historisches Interesse darbietet. Koelreuter's Schriften dagegen heimsen uns an, als ob sie unserer Zeit angehörten; sehr natürlich, weil das Beste, was wir über die Sexualität wissen, von ihm zuerst ausgesprochen worden ist; selbst nach mehr als hundert Jahren sind seine Schriften nicht als veraltet zu betrachten. Man sieht hier, wie ein wirklich begabter Denker mit der nöthigen Ausdauer in wenigen Jahren allein weit mehr leistet, als zahlreiche weniger begabte Beobachter im Laufe vieler Jahrzehnte. Wie es aber gerade in solchen Fällen gewöhnlich geschieht und wie es schon Camerarius erfahren hatte, so geschah es auch hier; es dauerte viel länger, bis Andere die Bedeutung seiner Arbeiten schätzen lernten, als er nöthig gehabt hatte, seine Entdeckungen zu Tage zu fördern.

Koelreuter's wichtigste und bekannteste Schrift kam in vier Abtheilungen 1761, 1763, 1764, 1766 unter dem Titel:

„Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen“ heraus; ich werde versuchen, die wichtigeren Resultate übersichtlicher gruppirt in Kürze zusammenzufassen.

An verschiedenen Stellen finden sich Beobachtungen und Versuche über die Bestäubungseinrichtungen, die bis dahin nur selten und nachlässig beobachtet worden waren. Da man den Pollenschlauch noch nicht kannte und auch Koelreuter von der Ansicht ausging, daß aus den auf die Narbe gebrachten Pollenkörnern eine Flüssigkeit in die Samentknochen eindringe, so war es zunächst von Interesse, die Quantität des Pollens festzustellen, welche zur vollständigen Befruchtung eines Fruchtknotens nöthig ist; zu diesem Zweck zählte Koelreuter die in einer Blüthe gebildeten Pollenkörner und verglich sie mit derjenigen Zahl, welche zur vollständigen Befruchtung auf die Narbe gebracht werden muß, und fand, daß die letztere Zahl bei Weitem kleiner ist. So zählte er z. B. in einer Blüthe des *Hibiscus venetianus* 4863 Pollenkörner, während 50—60 derselben genügten, um mehr als 30 Samen des Fruchtknotens zu befruchten; bei *Mirabilis Jalappa* und *longiflora* zählte er in den Antheren circa 300 Samenkörner, während 2—3 derselben, sogar ein einziges genügte, um den einsamigen Fruchtknoten zu befruchten. Ebenso untersuchte er, ob bei mehrtheiligen, selbst tiefgespaltenen Griffeln die Befruchtung durch einen einzigen derselben in allen Fächern des Fruchtknotens bewirkt werde, was er bestätigt fand.

Sein besonderes Augenmerk richtete Koelreuter auf die Einrichtungen, durch welche im natürlichen Lauf der Dinge der Pollen aus den Antheren auf die Narben gelangt. Wenn er hierbei auch dem Wind und der Erschütterung noch einen zu großen Spielraum gönnte, so war er doch der Erste, der die große Bedeutung der Insectenwelt für die Bestäubung der Blüthen erkannte: „Ueberhaupt, sagt er, sind die Insecten bei Pflanzen, bei welchen das Bestäuben nicht gewöhnlichermaßen durch eine unmittelbare Berührung geschieht, (nach neueren Erfahrungen freilich meist auch in solchen Fällen) immer mit im Spiel

und tragen das Meiste zur Bestäubung und folglich auch zur Befruchtung derselben bei und wahrscheinlicher Weise leisten sie wo nicht den allermeisten Pflanzen, doch wenigstens einem sehr großen Theil derselben diesen ungemein großen Dienst; denn es führen alle hierher gehörigen Blumen Etwas bei sich, das ihnen angenehm ist und man wird nicht leicht eine derselben finden, bei der sie sich nicht in Menge einfinden sollten.“ Bei *Epilobium* erkannte er sogar schon die Dichogamie, ohne diese Wahrnehmung jedoch weiter zu verfolgen. — Das erwähnte Etwas in den Blüthen, was den Insecten angenehm ist, untersuchte nun Koelreuter; er sammelte den Nektar zahlreicher Blumen (1760) künstlich in größern Quantitäten auf und fand, daß derselbe nach dem Abdünsten des Wassers eine Art wohlschmeckenden Honigs darstellte; nur bei der Kaiserkrone, die auch von den Hummeln nicht beachtet wird, war dieser Honig schlecht. Koelreuter zweifelte daher nicht, daß die Bienen ihren Honig aus dem Nektarsaft der Blüthen bereiten. Wie sehr ihn die Beziehungen der Existenz der Pflanzen zur Existenz gewisser Thiere interessirten, Beziehungen, welche erst in neuester Zeit durch Darwin wieder in den Vordergrund gestellt worden sind, zeigt seine Untersuchung über die Fortpflanzung der Mistel (1763); mit Nachdruck hebt er hervor, daß bei dieser Pflanze nicht nur die Bestäubung von Insecten bewirkt werden muß, sondern daß auch die Ausfaat ihrer Samen ausschließlich durch Vögel bewirkt werden könne, daß also die Existenz dieser Pflanze an zweierlei Thiere aus ganz verschiedenen Klassen gebunden sei.

Ebenso zog Koelreuter die Bewegungen, zumal die durch Reizbarkeit vermittelten, der Staubgefäße und Narben in den Kreis seiner Beobachtungen. Der Graf Giambattista dal Covolo hatte 1764 die ersten Beobachtungen über die Reizbarkeit der Staubgefäße distelähnlicher Pflanzen gemacht und die Mechanik derselben zu erklären gesucht. Koelreuter kümmerte sich weniger um die letztere, als vielmehr um den Nutzen, welchen die Reizbarkeit der Staubgefäße für die Bestäubung der Narben haben könne; er zog dabei auch die schon von Du Hamel erwähnten

reizbaren Staubfäden von *Opuntia*, *Berberis* und *Cistus* in Betracht, und entdeckte seinerseits die Reizbarkeit der Narbenlappen von *Martynia proboscidea* und *Bignonia radicans*. Hier erkannte er, daß die Narbenlappen mechanisch gereizt, sich schließen, bald aber wieder öffnen; wenn sie dagegen mit Pollen belegt werden, so lange geschlossen bleiben, bis die Befruchtung gesichert ist.

Wie vollkommen die Bestäubung der Blüthen durch Insecten ausgeführt wird, stellte er durch einen vergleichenden Versuch fest, wo 310 Blumen mit dem Pinsel künstlich, ebensoviele von den Insecten bestäubt wurden; die Samenbildung der letzteren blieb nur wenig hinter der jener zurück, obgleich die Insecten von ungünstigem Wetter behindert waren.

Ebenso suchte er die Zeit festzustellen, welche von der Auftragung des Pollens aus gerechnet nöthig ist, um die zur Befruchtung erforderliche Quantität „Samenstoff“ in den Fruchtknoten gelangen zu lassen; auch zeigte er, daß die Bestäubung auch im Finstern die Befruchtung bewirkt; spätere Botaniker behaupteten zwar das Gegentheil, aber mit Unrecht.

Weniger glücklich war Koelreuter mit seinen Beobachtungen über die Structur der Pollenkörner, da es sich hier ausschließlich um mikroskopische Beobachtungen handelte und gerade in jener Zeit die Mikroskope noch sehr mangelhaft waren. Dennoch sah er, daß die Haut des Pollenkornes aus zwei isolirten Schichten besteht, erkannte die Stacheln und sonstigen Skulpturverhältnisse der äußeren Schicht und ihre Elasticität; bei *Passiflora coerulea* beobachtete er die Deckel an den Löchern der Gyne und bei den in Wasser gelegten Pollenkörnern sah er sogar die innere Haut in Form zapfenartiger Ausstülpungen hervortreten, die dann freilich zerissen und den Inhalt ausgossen. Doch deutete er die von ihm gesehenen Pollenschlauchanfänge unrichtig, indem er annahm, diese Ausstülpungen hätten den Zweck, das Plazen befeuchteter Pollenkörner zu verhindern. Klarer wurde man über diesen Punct jedoch erst 60—70 Jahre später. Koelreuter hielt den Inhalt des Pollens für ein

„zellenförmiges Gewebe“. Als die eigentlich befruchtende Substanz betrachtete er aber das Del, welches den Pollenkörnern außen anhängt; er nahm an, es werde im Innern derselben bereitet und trete durch feine Canäle der Pollenhaut heraus. Das Zerplatzen der Pollenkörner, welches sein Gegner Gleichen für nöthig hielt, um die von ihm angenommenen Samenthierchen austreten zu lassen, bezeichnete Koelreuter als einen widernatürlichen Vorgang.

Von der Annahme ausgehend, daß das den Pollenkörnern anhängende Del die befruchtende Substanz sei, stellte nun Koelreuter den damaligen chemischen Anschauungen entsprechend, folgende Ansicht über den Befruchtungsvorgang auf, indem er zugleich die Ansicht abwies, als ob die Pollenkörner selbst in den Fruchtknoten gelangen könnten: „Beide, sagt er, sowohl der männliche Same, als die weibliche Feuchtigkeit auf den Stigmata sind öligter Natur, vermischen sich daher, wenn sie zusammenkommen auf das Innigste unter einander und machen nach der Vermischung eine gleichartige Mischung aus, die wenn anders eine Befruchtung erfolgen soll, von dem Stigma aufgesogen und durch das Stielchen zurück bis zu den sogenannten Sameneiern oder unbefruchteten Kernen geführt werden muß.“ Koelreuter ließ also die Befruchtung eigentlich schon auf der Narbe stattfinden und den gemischten männlichen und weiblichen Stoff in den Fruchtknoten hinabwandern, um dort in den Samen die Embryonen zu erzeugen. Diese Ansicht hatte er schon 1761 ausgesprochen; 1763 führte er sie weiter aus, indem er den Gedanken geltend machte, daß die männliche und weibliche Feuchtigkeit sich untereinander verbinden wie eine saure und eine laugenhafte Substanz sich zu einem Mittelsalz vereinigen; aus dieser Verbindung entstehe entweder sogleich oder erst später eine neue belebte Maschine. Noch 1775 kam er bei einer Untersuchung über die Bestäubungsverhältnisse der *Asclepiadeen* auf diesen Gedanken wieder zurück und betonte hier besonders, daß im ganzen Pflanzen- und Thierreich der Befruchtungssact in der Vermischung zweier flüssigen Materien bestehe. Doch scheint er später die Narben-

feuchtigkeit nicht mehr als die sexuell weibliche betrachtet zu haben, da ihn Versuche lehrten, daß durch Ersetzung der eigenen durch fremde Narbenfeuchtigkeit bei Bestäubung mit eigenem Pollen keine Bastardform entsteht.<sup>1)</sup> Jedenfalls hatte Koelreuter eine richtigere Vorstellung von dem Wesen der sexuellen Befruchtung, als irgend Jemand vor ihm und besonders war dieselbe geeignet, auch die Erfolge seiner Bastardirungen für jene Zeit hinreichend zu erklären, während zugleich die Bastarde selbst die schlagendsten Beweise gegen die herrschende Evolutionstheorie ergaben.

Wir sind hier bei der bedeutendsten Leistung Koelreuter's angelangt, bei der Herstellung der Bastarde; hier, wo es sich abermals um geschicktes Experimentiren handelte, wo es nicht auf mikroskopisches Sehen ankam, erreichte Koelreuter Resultate, an denen auch später Nichts zu ändern war, die vielmehr noch in neuester Zeit mit späteren Beobachtungen zusammen, zur Ableitung allgemeiner Gesetze der Hybridation benutzt worden sind. Der erste Bastard, den Koelreuter durch Uebertragung des Pollens von *Nicotiana paniculata* auf die Narben von *N. rustica* erhielt, brachte zwar impotenten Pollen; bald darauf aber erhielt er Bastarde dieser beiden Species, welche keimfähige Samen lieferten und 1763 beschrieb er außerdem eine lange Reihe neuer Bastarde in den Gattungen *Nicotiana*, *Kedmia*, *Dianthus*, *Mattiola*, *Hyoseyamus* u. a. Im letzten Abschnitt seiner erwähnten Schrift von 1766 beschreibt er achtzehn Hybridationsversuche mit fünf einheimischen *Verbascum*-Arten und unterwirft er *Linne's* oben mitgetheilte Ansichten über Bastardpflanzen einer vernichtenden Kritik. Zugleich zeigt er, gestützt auf Experimente, daß, wenn eigener und fremder Pollen gleichzeitig auf eine Narbe kommt, nur der eigene befruchtend wirke, und daß hierin zum Theil das Fehlen wilder Bastarde,

<sup>1)</sup> Vergl. darüber Gärtner: Bastardbefruchtung 1849 p. 62. Mir ist die betreffende zweite Fortsetzung von Koelreuter's Arbeit leider unzugänglich.



die man aber künstlich erzeugen kann, begründet sei. Auf eine ausführlichere Darstellung seiner berühmten Bastarde dritten, vierten und fünften Grades, die Rückführung der Bastarde in die väterliche Urform durch wiederholte Bestäubung mit der letzteren u. s. w., deren Resultate Nägeli später ausführlich theoretisch bearbeitet hat, kann ich hier nicht eingehen.

Der allgemein theoretische Werth von Koelreuter's künstlichen Pflanzenbastarden ist gar nicht hoch genug anzuschlagen; die Vermischung der Eigenschaften der väterlichen und mütterlichen Form war der stärkste Beweis gegen die Evolutionstheorie und ließ gleichzeitig einen tiefen Blick in das wahre Wesen der sexuellen Vereinigung thun. Auch ging aus Koelreuter's zahlreichen Untersuchungen sofort hervor, daß nur ganz nahe verwandte Pflanzen und auch diese nicht immer einer geschlechtlichen Vereinigung fähig sind, wodurch die vagen Vorstellungen Linné's für jeden Urtheilsfähigen sofort beseitigt wurden, wenn es auch immerhin noch lange dauerte, bis die Wissenschaft alle Vortheile aus Koelreuter's Untersuchungen zog. Die Pflanzensammler aus der Linné'schen Schule ebenso, wie die eigentlichen Systematiker am Ende des vorigen Jahrhunderts, hatten kein Verständniß für derartige Leistungen, ja Koelreuter's Ergebnissen zum Troß, verbreiteten sich in der botanischen Literatur später unrichtige Vorstellungen über Bastarde und ihre Fähigkeit sich fortzupflanzen; den Gläubigen der Constanzlehre konnten die Bastarde ohnehin nur unbequem sein, sie störten ihnen die Reinlichkeit des Systems und paßten zudem nicht recht zu der Annahme, daß jede Species eine „Idee“ repräsentire.

Indeß fielen Koelreuter's Lehren doch nicht ganz auf unfruchtbaren Boden; wenigstens in Deutschland fanden sich zwei Botaniker, welche an ihn anknüpften: Joseph Gärtner, der Verfasser der berühmten Carpologie und Vater von Carl Friedrich Gärtner, der später 25 Jahre lang Befruchtungsversuche und Bastardirungen machte und Konrad Sprengel, der mit Anknüpfung an Koelreuter's Entdeckung der Insectenhülse zu ganz neuen, äußerst merkwürdigen Resultaten gelangte.

Joseph Gärtner machte nicht selbst neue Beobachtungen über die Sexualität, benutzte jedoch Koelreuter's Ergebnisse in der Einleitung zu seiner Carpologie 1788 dazu, die verschiedenen Arten der Fortpflanzung strenger von einander zu unterscheiden und zugleich auch seinerseits der Evolutionstheorie entgegenzutreten. Die Keimkörner oder Sporen der kryptogamischen Pflanzen, die man damals vielfach ohne genügenden Grund für wirkliche Samen hielt, stellte er diesen gerade deshalb gegenüber, weil sie ohne Befruchtung entstehen und keimfähig sind, wogegen der Same erst durch den Pollen keimfähig gemacht werde. Die Sexualität der Kryptogamen leugnete Joseph Gärtner entschieden; denn erst ein halbes Jahrhundert später gelang es, auch auf diesem Gebiet an die Stelle vager Vermuthungen streng wissenschaftliche Nachweisungen zu setzen und im Interesse methodischer Wissenschaft war es zu Gärtner's Zeit in der That besser, die Sexualität der Kryptogamen ganz zu läugnen, als die Spaltöffnungen der Farne, wie Gleichen that, oder das Indusium der Farnkräuter mit Koelreuter oder selbst die Volva der Hutpilze für männliche Befruchtungsorgane zu halten. Den Vertheidigern der Evolutionstheorie hielt Gärtner sehr richtig die Bastarde Koelreuter's entgegen, und denen, welche in den Samen nur eine andere Form vegetativer Knospen sahen, sagte er, daß eben die Knospe ohne Befruchtung, der Samen jedoch nur durch diese zur Bildung einer neuen Pflanze befähigt werde. Welche Verdienste sich Gärtner um die Kenntniß des unreifen und reifen Samens erwarb, wurde schon in der Geschichte der Systematik mitgetheilt. Was den Vorgang der Befruchtung selbst betrifft, so adoptirte er im Wesentlichen Koelreuter's Ansicht, daß es auf die Vermischung einer männlichen und einer weiblichen Flüssigkeit ankomme, aus welcher das Keimkörperchen in der Samenknospe gewissermassen herauskrystallisire. Auch Konrad Sprengel schloß sich dieser Ansicht vollständig an, die ihn jedoch hinderte, den Befruchtungsvorgang bei den Asclepiadeen richtig aufzufassen.

In Konrad Sprengel<sup>1)</sup> begegnen wir zum dritten Mal, wie bei Camerarius und Koelreuter, einem genialen Forscher, der aber an Kühnheit des Gedankens weit über die beiden Vorgänger hinausging und deshalb von seinen Zeitgenossen und Epigonen noch weniger als diese verstanden wurde. Konrad Sprengel's Ergebnisse waren so überraschend, paßten so gar nicht in den trockenen Schematismus der Linné'schen Botanik und noch weniger in die späteren Ansichten vom Wesen der Pflanze, daß erst Darwin die ganz vergessene Leistung Sprengel's wieder an's Licht ziehen und ihre große Bedeutung für die Descendenztheorie darthun mußte. — Hatte Camerarius zuerst bewiesen, daß Pflanzen überhaupt Sexualität besitzen, und Koelreuter gezeigt, daß auch Pflanzen verschiedener Species sich sexuell verbinden können, und fruchtbare Bastarde erzeugen, so zeigte nun Conrad Sprengel, daß eine gewisse Form der Bastardirung im Pflanzenreich allgemein vorkommt, nämlich die Kreuzung verschiedener Blüthen oder verschiedener Individuen gleicher Species mit einander. In seinem Werk: „Das neu entdeckte Geheimniß der Natur in Bau und Befruchtung der Blumen“ (Berlin 1793 p. 43), sprach er den Satz aus: „Da sehr viele Blumen getrennten Geschlechtes und wahrscheinlich

<sup>1)</sup> Christian Conrad Sprengel, geb. 1750, war Rector in Spandau und begann erst in dieser Stellung sich mit Botanik zu beschäftigen und zwar mit solchem Eifer, daß er darüber sein Amt und selbst die Sonntagspredigt versäumte und abgesetzt wurde. Später lebte er in ärmlichen Verhältnissen in Berlin und als Sonderling sehr vereinsamt, von den Gelehrten sogar gemieden. Zu seinem Unterhalt gab er Unterricht in Sprachen und Botanik; Sonntags früh machte er Excursionen, an denen jeder gegen 2—3 Groschen pro Stunde theilnehmen konnte. Wegen Mangels an Unterstützung und Aufmunterung gab er den 2. Theil seines berühmten Werkes nicht heraus; sein Verleger hatte ihm nicht einmal ein Freieremplar des 1. Theils gegeben. Der sehr verzeihliche Aerger über den geringen Beifall, den sein Werk fand, veranlaßte ihn, sich später ganz von der Botanik zurückzuziehen und sich mit Sprachen zu beschäftigen, bis er 1816 starb. Einer seiner Schüler widmete ihm einen sehr herzlichen Nachruf in der „Flora“ 1819 p. 541, dem ich diese Angaben entlehne.

wenigstens ebensoviele Zwitterblumen Dichogamisten sind, so scheint die Natur es nicht haben zu wollen, daß irgend eine Blume durch ihren eigenen Staub befruchtet werden solle.“ Das war indessen nur eines der merkwürdigsten Resultate, vielleicht noch wichtiger war das Theorem, daß die ganze Gestalt und alle Eigenschaften einer Blüthe überhaupt nur aus ihren Beziehungen zu den sie besuchenden und sie bestäubenden Insecten verstanden werden könne; der erste Versuch, die Entstehung organischer Formen aus bestimmten Beziehungen zu ihrer Umgebung zu erklären. Seit Darwin diesen Gedanken durch die Selectionstheorie neu belebt hat, ist er zugleich eine der wesentlichsten Stützen dieser letzteren geworden.

Es ist anziehend zu lesen, wie der sinnige Mann aus anscheinend ganz unbedeutenden, für Jedermann offen daliegenden Structurverhältnissen der Blüthen zuerst auf Gedanken kam, die ihn im Verfolg weniger Jahre zu so weittragenden Ergebnissen führen sollten. „Als ich im Sommer 1787, sagt Sprengel, die Blumen des Waldstorchschnabels (*Geranium silvaticum*) aufmerksam betrachtete, so fand ich, daß der unterste Theil ihrer Kronenblätter auf der inneren Seite und an den beiden Rändern mit feinen und rauhen Haaren versehen war. Ueberzeugt, daß der weise Urheber der Natur auch nicht ein einziges Härchen ohne eine gewisse Absicht hervorgebracht hat, dachte ich darüber nach, wozu denn wohl diese Haare dienen möchten. Und hier fiel mir bald ein, daß, wenn man voraussetze, daß die fünf Safttröpfchen, welche von eben so vielen Drüsen abgesondert werden, gewissen Insecten zur Nahrung bestimmt seien, man es zugleich nicht unwahrscheinlich finden müßte, daß dafür gesorgt sei, daß dieser Saft nicht vom Regen verdorben werde und daß zur Erreichung dieser Absicht diese Haare hier angebracht seien. Da die Blume aufrecht steht und ziemlich groß ist, so müssen, wenn es regnet, Regentropfen in dieselbe hineinfallen. Es kann aber keiner von den hineingefallenen Regentropfen zu einem Safttröpfchen gelangen und sich mit demselben vermischen, indem er von den Haaren, welche sich über den Safttröpfchen befinden, aufgehalten

wird, sowie ein Schweißtropfen, welcher von der Stirn des Menschen herabgeflossen ist, von den Augenbrauen und Augenwimpern aufgehalten und verhindert wird, in das Auge hineinzuzuschießen. Ein Insect wird durch diese Haare keineswegs verhindert, zu den Safttröpfchen zu gelangen. Ich untersuchte hierauf andere Blumen und fand, daß verschiedene von denselben Etwas in ihrer Struktur hatten, welches zu eben diesem Endzweck zu dienen schien. Je länger ich diese Untersuchung fortsetzte, desto mehr sah ich ein, daß diejenigen Blumen, welche Saft enthalten, so eingerichtet sind, daß zwar die Insecten sehr leicht zu demselben gelangen können, der Regen aber ihn nicht verderben kann; sich schloß aber hieraus, daß der Saft dieser Blumen, wenigstens zunächst um der Insecten Willen abge sondert werde, und damit sie denselben rein und unverdorben genießen können, gegen den Regen gesichert sei.“ Im folgenden Jahr fand er, veranlaßt durch die Blüthen des Bergfämel (Myosotis palustris), daß verschiedenfarbige Flecken auf den Blumenkronen in ihrer Lage gewisse Beziehungen zu dem Ort der Saftabsonderung darbieten und mit derselben schlagfertigen Logik wie oben folgerte er nun weiter: „Wenn die Krone der Insecten wegen an einer besonderen Stelle besonders gefärbt ist, so ist sie überhaupt der Insecten wegen gefärbt; und wenn jene besondere Farbe eines Theils der Krone dazu dient, daß ein Insect, welches sich auf die Blume gesetzt hat, den rechten Weg zum Saft leicht finden könne, so dient die Farbe der Krone dazu, daß die mit einer solchen Krone versehenen Blumen den ihrer Nahrung wegen in der Luft umherschwärmenden Insecten als Saftbehälter schon von weitem in die Augen fallen.“

Später fand er, daß die Narben einer Iris-Art schlechterdings nicht anders befruchtet werden können, als durch Insecten und seine weiteren Untersuchungen überzeugten ihn immer mehr, „daß viele, ja vielleicht alle Blumen, welche Saft haben, von den Insecten, die sich von diesem Saft ernähren, befruchtet werden, und daß folglich diese Ernährung der Insecten zwar in Ansehung ihrer selbst Endzweck, in Ansehung der Blumen aber nur ein Mittel, und zwar das

einziges Mittel, zu einem gewissen Endzweck ist, welcher in ihrer Befruchtung besteht, und daß die ganze Structur solcher Blumen sich erklären läßt, wenn man bei Untersuchung derselben folgende Punkte vor Augen hat: 1) die Blumen sollen durch diese oder jene Art von Insekten oder durch mehrere Arten derselben befruchtet werden; 2) dieses soll also geschehen, daß die Insekten, indem sie dem Saft der Blumen nachgehen und beschweben sich entweder auf den Blumen auf eine unbestimmte Art aufhalten oder auf eine bestimmte Art entweder in dieselben hineinkriechen, oder auf denselben im Kreise herumlaufen, nothwendig mit ihrem mehrentheils haarigen Körper oder nur mit einem Theil desselben den Staub der Antheren abstreifen und denselben auf das Stigma bringen, welches zu dem Ende entweder mit kurzen und feinen Haaren besetzt, oder mit einer klebrigen Feuchtigkeit besetzt ist."

Im Sommer 1790 entdeckte er die Dichogamie, die er zuerst an dem Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*) wahrnahm. Er fand, „daß diese Zwitterblume von Hummeln und Bienen befruchtet wird, aber nicht ein jedes Individuum vermittelst seines eigenen Staubes, sondern die älteren Blumen vermittelst desjenigen Staubes, welchen diese Insekten aus den jüngeren Blumen in dieselben schleppen.“ Nachdem er ein ähnliches Verhalten bei *Nigella arvensis* kennen gelernt hatte, fand er später bei der gemeinen Wolfsmilch gerade das entgegengesetzte Verhalten, daß nämlich die Narben mittelst der Insekten nur den Pollen von älteren Blüthen empfangen können.

„Auf diese sechs, in fünf Jahren gemachten Hauptentdeckungen, fährt er fort, gründe sich seine Theorie der Blumen“, welche er nun im Folgenden ausführlich entwickelt, indem er zunächst die saftabscheidenden Drüsen (Nektarien), die Safthalter, die Saftdecken, ferner die Veranstaltungen, durch welche die Insekten den Saft der Blumen leicht finden können, auseinandersetzt. Nachdem er auf Koelreuter's gute Beobachtungen über die Befruchtung der Saftblumen durch Insekten hingewiesen, hebt er hervor, noch Niemand habe gezeigt, daß die ganze Struk-

tur der Saftblumen auf diesen Endzweck abzielt und sich aus demselben vollständig erklären läßt. Den Hauptbeweis für diesen wichtigen Satz findet er in der Dichogamie.

„Nachdem, sagt er (bei den Dichogamisten), die Blume sich geöffnet hat, so haben oder erhalten die Filamente entweder alle zugleich oder eines nach dem andern eine bestimmte Stellung, in welcher ihre Antheren sich öffnen und ihren Staub zur Befruchtung darbieten. Unterdessen aber befindet sich das Stigma an einer von den Antheren entfernten Stelle und ist noch klein und fest geschlossen. Es kann also der Staub der Antheren schlechterdings weder auf eine mechanische Art, noch durch ein Insekt auf das Stigma gebracht werden, weil es noch nicht existirt. Dieser Zustand währt eine bestimmte Zeit. Wenn nach Verfließung derselben die Antheren keinen Staub mehr haben, so gehen mit den Filamenten verschiedene Veränderungen vor, deren Resultat dieses ist, daß die Antheren nicht mehr die Stellung einnehmen, die sie vorher eingenommen hatten. Unterdessen hat sich das Pistill so verändert, daß nun das Stigma gerade an der Stelle sich befindet, wo vorher die Antheren waren, und da es sich nun auch öffnet, oder die Theile, aus denen es besteht, von einander breitet, nun öfters ungefähr denselben Raum einnimmt, welchen vorher die Antheren eingenommen haben. Nun ist aber diejenige Stelle wo anfänglich die blühenden Antheren und hernach das blühende Stigma sich befinden, in jeder Blume so gewählt, daß das Insekt, für welches die Blume bestimmt ist, nicht anders zum Saft gelangen kann, als daß es zugleich mit einem Theil seines Körpers in der jungen Blume die Antheren und in der älteren das Stigma berührt, den Staub von jenen abstreift und auf dieses bringt und auf solche Art der Staub der jüngeren Blume die ältere befruchtet.“ Es wurde schon erwähnt, daß Sprengel nicht nur diese, sondern auch die entgegengesetzte Form der Dichogamie kannte und im Anschluß an diese Auseinandersetzung hebt er hervor, daß manche Blumen nur mit Hülfe der Insekten befruchtet werden können, daß in

manchen Fällen sogar Blütheneinrichtungen vorhanden sind, durch welche die helfenden Insekten selbst beschädigt und zu Tode gemartert werden. „Alle Blumen, heißt es weiterhin, welche keine eigentliche Krone, noch an der Stelle derselben einen ansehnlichen Kelch haben — — sind saftleer und werden nicht von den Insekten, sondern auf eine mechanische Art, nämlich durch den Wind befruchtet, welcher entweder den Staub von den Antheren ab und an die Stigmata anweht, oder dadurch, daß er die Pflanze oder die Blume schüttelt, verursacht, daß der Staub von den Antheren herab und auf die Stigmata fällt.“ Er weist auch darauf hin, daß solche Blumen immer sehr viel Pollen erzeugen, und daß dieser leicht beweglich, bei den Saftblumen dagegen schwer beweglich ist. Und nun entwickelt er weiter, wie nach seinen Principien alle physiologischen Eigenschaften, Stellung, Größe, Farbe, Geruch, Form, Blüthezeit u. s. w. der Blumen verstanden werden können.

Sprengel war davon ausgegangen, daß der Nektar der Blumen und gewisse Einrichtungen der letzteren ausdrücklich dazu erschaffen worden sind, um den Insekten zu dienen; der Verlauf seiner Untersuchungen führte ihn aber schließlich zu dem Resultat, daß die Insekten selbst dazu dienen, nicht nur die Bestäubung überhaupt zu vermitteln, sondern zu bewirken, daß bei der Befruchtung für gewöhnlich eine Kreuzung zwischen verschiedenen Blüthen einer Pflanze oder zwischen Pflanzen einer Species stattfindet. Es blieb nun eine Frage, die gerade von dem streng teleologischen Standpunct Sprengel's aus noch der Beantwortung bedurfte, die Frage nämlich, welchen Zweck diese Kreuzung der Blüthen oder Individuen haben könne. Sprengel begnügte sich, wie schon hervorgehoben, die Thatsache einfach auszusprechen, indem er sagte, die Natur scheine es nicht haben zu wollen, daß irgend eine Blume durch ihren eigenen Staub befruchtet werde. Wer möchte dem Entdecker so werkwürdiger und umfassender Naturerscheinungen einen Vorwurf daraus machen, daß er nicht auch diese letzte Frage beantwortete und die von ihm geschaffene Lehre ihrem letzten Abschluß entgegenführte? Zumal in diesem



Fall, wo nur zahlreiche Experimente weiterhelfen konnten und wo noch langjährige Arbeit erforderlich gewesen wäre. Weder die äußere Lebensstellung Konrad Sprengel's, noch der Erfolg seines genialen Werkes konnte ihn, auch wenn er es gewollt hätte, ermuntern, diese letzte und schwierigste Aufgabe, selbst zu lösen. Die Botaniker waren gerade in jener Zeit und später ganz in Anschauungen befangen, die derartige biologische und physiologische Thatsachen des Pflanzenlebens unbeachtet bei Seite liegen ließen, und zudem waren Sprengel's Ergebnisse dem Dogma von der Constanz der Arten keineswegs günstig; vom Standpunct desselben betrachtet, mußten die wunderbaren Beziehungen zwischen der Organisation der Blüthen und der der Insecten geradezu abgeschmackt und abstoßend erscheinen; minder begabten Naturen aber ist es in solchen Fällen eigen, lieber die Thatsachen zu leugnen oder sie unbeachtet zu lassen, als die eigene liebgewordene Meinung zu opfern; so erklärt sich leicht die Nichtbeachtung, auf welche Sprengel's Werk überall stieß. Dazu kam aber, daß trotz der Arbeiten eines Camerarius und Koelreuter auch am Anfang unseres Jahrhunderts die Sexualität der Pflanzen überhaupt sehr Vielen noch zweifelhaft schien. Selbst nachdem Knight und William Herbert die von Sprengel offen gelassene Frage richtig erfaßt und experimentelle Ergebnisse zu ihrer Beantwortung gewonnen hatten, konnte die neue Lehre sich doch nicht Bahn brechen. Auf die frühere naive, aber consequente Teleologie in der Behandlung physiologischer Fragen folgte später eine entschiedene Verwerfung aller teleologischen Erklärungen, die jedenfalls das Ihrige dazu beitrug, Sprengel's Ergebnisse unbequem erscheinen zu lassen, insofern gerade sie anscheinend nur teleologische Erklärungen zuließen. Man war vor 1860 derartigen Naturerscheinungen gegenüber in eine Lage gerathen, die sozusagen gar keinen Standpunct der Beurtheilung zuließ; man schämte sich vom teleologischen Standpunct aus mit Konrad Sprengel zu glauben, daß jede noch so unscheinbare Einrichtung der Organismen das wohlüberlegte Werk eines Schöpfers sei; etwas Besseres aber hatte man nicht an die Stelle zu setzen und so blieben

Sprengel's Entdeckungen unverstanden und unbeachtet liegen, bis Darwin am Ende der fünfziger Jahre ihre ganze große Bedeutung erkannte, dem teleologischen Princip das der Descendenz und Selection entgegenstellte und so in der Lage war, Sprengel's Entdeckungen nicht nur in naturwissenschaftlicher Weise verständlich erscheinen zu lassen, sondern dieselben als eine der wichtigsten Stützen der Selectionstheorie zu benutzen. Jetzt konnte auch erst gewürdigt werden, was bald nach Sprengel durch Knight und später durch Herbert und C. F. Gärtner zum weiteren Ausbau von Sprengel's Lehre geschah, denn auch das, was diese zu Tage förderten, blieb einstweilen unbeachtet. Schon wenige Jahre nach Sprengel's Werk hatte Andrew Knight<sup>1)</sup>, auf vergleichende Selbstbestäubungs- und Kreuzungsversuche an *Pisum* gestützt, den Satz aufgestellt, daß keine Pflanze eine unbegrenzte Zahl von Generationen hindurch sich selbst befruchte; 1837 faßte Herbert das Ergebnis seiner zahlreichen Befruchtungsversuche in dem Satz zusammen: „Er sei geneigt zu glauben, daß er ein besseres Resultat erlangte, wenn er die Blüthe, von der er Samen zu erlangen wünschte, mit Pollen von einem anderen Individuum derselben Varietät oder wenigstens von einer anderen Blüthe, als wenn er sie mit ihrem eigenen Pollen befruchtete;“ ein Ergebnis zu welchem auch C. F. Gärtner durch Befruchtungsversuche mit *Passiflora*, *Lobelia* und *Fuchsia*-Arten 1844 gelangte. In diesen Wahrnehmungen lag der erste Keim zu der Beantwortung der von Sprengel offen gelassenen Frage, warum die meisten Blüthen so eingerichtet sind, daß nur durch Kreuzung verschiedener Blüthen oder Pflanzen derselben Art eine Befruchtung vollzogen werden kann; die künstlichen Kreuzungen dieser Art, welche Knight, Herbert und Gärtner mit der Selbstbestäubung einzelner Blüthen verglichen, zeigten, daß die Kreuzung eine vollständigere und kräftigere Befruchtung erzielt, als die Selbstbestäubung. Sie legten also den Gedanken nahe, daß die von Sprengel entdeckten Blütheneinrichtungen sammt der In-

<sup>1)</sup> Diese Angaben nach Herrmann Müllers: Befruchtung der Blumen durch Insekten (Leipzig 1873 p. 5).

fektenhülle den Nutzen gewähren, eine möglichst kräftige und zahlreiche Nachkommenschaft zu erzielen. Auch diesen Gedanken faßte zuerst Darwin schärfer in's Auge, um ihn seiner Selectionstheorie dienstbar zu machen, indem er zugleich seit 1857 bis in die sechziger Jahre hinein durch sehr zahlreiche Experimente ihn weiter stützte.

## 6.

Neue Gegner der Sexualität und ihre Widerlegung durch Experimente.  
1785 — 1849.

Wenn man die Schriften von Camerarius und Koelreuter sorgfältig gelesen hat, so scheint es fast unmöglich, daß später noch Zweifel, nicht an den Modalitäten der Befruchtungsvorgänge, sondern an der Sexualität selbst erhoben werden konnten. Und doch geschah dieß im Laufe der nächsten 40 — 60 Jahre wiederholt von verschiedenen Seiten und mit dem größten Nachdruck und zwar nicht etwa in Folge einer erhöhten Genauigkeit der experimentellen Untersuchung oder etwaiger Widersprüche, welche man den Begründern der Sexualtheorie hätte nachweisen können, sondern vielmehr deßhalb, weil eine Reihe von Beobachtern ihre Experimente ungeschickt anstellten und widersprechende Resultate erhielten, ihre Versuchspflanzen nicht genau genug beobachteten, oder überhaupt, weil ihnen die nöthige Uebung und Umsicht in solchen Dingen fehlte. So war es vor Allem bei Spallanzani und später bei Bernhardi, Girou de Bouzareingue und Ramisch. Viel schlimmer aber sah es aus bei Schelver, seinem Schüler Henschel und ihren Anhängern. Bei ihnen waren es vorgefaßte Meinungen, aus der Naturphilosophie abgeleitete Folgerungen, durch welche sie sich berechtigt glaubten, experimentell festgestellte Thatsachen zu leugnen. Die geradezu zerstörende Wirkung, welche die Naturphilosophie am Anfang unseres Jahrhunderts auf die Verstandeskräfte sehr Vieler ausübte, sprach sich ganz besonders darin aus, daß sie nicht mehr im Stande waren, den Erfolg einfacher Experimente zu

würdigen, die Erscheinungen der Natur auf das Schema von Ursache und Wirkung zurückzuführen. Wie einst Linné die Sexualität der Pflanzen philosophisch mit ganz nebensächlicher Beachtung des experimentellen Verfahrens geglaubt hatte, beweisen zu können, so fand sich jetzt in Schelver ein Naturphilosoph, welcher umgekehrt aus philosophischen Gründen die Unmöglichkeit der Sexualität bei Pflanzen darthun wollte. Wie Linné dieselbe aus dem Wesen oder Begriff der Pflanze folgerte, so glaubte Schelver sie aus dem Wesen oder Begriff der Pflanze negiren zu müssen; logisch genommen hatte der Eine soviel Recht, wie der Andere, denn die Frage selbst konnte eben nicht auf diesem Wege, sondern nur durch Experimente erledigt werden. Indessen hielten es doch auch unsere Naturphilosophen für zweckmäßig, ihren Theorien eine empirische Stütze zu geben und diese fanden sie in den Experimenten Spallanzani's.<sup>1)</sup> Dieser hatte 1786 unter dem Titel *Experiences pour servir à l'histoire de la génération des animaux et des plantes* (Genf 1786) außer seinen Versuchen über die Befruchtung der Thiere auch solche über die der Pflanzen publicirt, von denen uns hier natürlich ausschließlich die letzteren interessiren, bei deren Beschreibung aber eine sehr mangelhafte Literaturkenntniß des Autors sich verräth, wie schon daraus hervorgeht, daß er Caesalpin zu denen rechnet, welche die Sexualität der Pflanzen angenommen hätten. Seine Versuche selbst zeugen von einer sehr geringen Kenntniß der biologischen Voraussetzungen, nach denen sich die Kultur der Versuchspflanzen zu richten hat, überhaupt geringe botanische Einsicht, wie sie Dilettanten eigen zu

<sup>1)</sup> Lazaro Spallanzani, geboren 1799 zu Scandiano in Modena, gest. zu Pavia 1799, wo er lange als Professor der Naturgeschichte wirkte. Seine Untersuchungen betrafen die verschiedensten Fragen der Naturwissenschaften vorwiegend aber solche der Thierphysiologie, die er aber, wie es scheint, mit derselben Hast bearbeitete, wie sie in seinen Versuchen über die Sexualität der Pflanzen hervortritt. Ein längerer Artikel in der *Biographie universelle anc. et mod.* giebt ausführliche Nachricht über seine wissenschaftliche Thätigkeit.

sein pflegt, welche ohne hinlängliche Vorbereitung sich plötzlich mit dieser oder jener Frage der Pflanzenphysiologie beschäftigen; die Darstellung Spallanzani's ist flüchtig, die Kritik Anderer rechthaberisch und bissig, ohne dem Leser das Gefühl des Vertrauens zu seiner eigenen Geschicklichkeit und Urtheilsfähigkeit zu erwecken. Seine oft mit Hast und wenig Ueberlegung unternommenen Vegetationsversuche führte er zum Theil an Pflanzen aus, die wie z. B. Günstler, Bohnen, Erbsen, Rettig, Basilicum, Delphinium gerade für derartige Untersuchungen ungeeignet sind. So kann denn auch das Resultat nicht überraschen, daß er bei einigen, wie Mercurialis und Basilicum die Nothwendigkeit der Einwirkung des Pollens zur Bildung keimfähiger Samen konstatarie, während andere Pflanzen, wie der Kürbiß, die Wassermelone, der Hanf und Spinat auch ohne Befruchtung dasselbe leisten sollen. Schon sein größerer Landsmann Volta, der Spallanzani's Experimente wiederholte, bestritt dieses Resultat.

So waren die Versuche beschaffen, auf welche sich Franz Joseph Schelver, Professor der Medicin in Heidelberg, in seiner „Kritik der Lehre von dem Geschlecht der Pflanzen“ 1812 berief. Es ist nicht nöthig, ausführlich auf dieses wunderliche Product eines irre geleiteten Verstandes näher einzugehen, wenn auch immerhin bis in die zwanziger Jahre hinein eine beträchtliche Zahl deutscher Botaniker den Unsinn für tiefe Weisheit nahm. Die Untersuchungen des Camerarius erledigte Schelver mit vier Zeilen; als den wichtigsten Autor aber empfahl er Spallanzani, während Koelreuter hochmüthig abgefertigt wurde. Die Erfahrungen dieser Männer, sagte er, sind richtig, aber die Befruchtung beweisen sie nicht. Ihm kommt es vielmehr darauf an, die Frage aus der Natur des vegetativen Lebens zu entscheiden; aus dieser von ihm selbst construirten Natur aber folgert er, daß die Pflanzenorgane überhaupt keinen Nutzen haben, daß sie noch nicht den Trieb haben können, einander zu nutzen und in Gemeinschaft das Leben fortzuzuegen, weil dieses eine Ziel des Wirkens nur da lebendig werden kann, wo alle

Theile zugleich vorhanden sind, womit denn natürlich auch die befruchtende Wirkung des Pollens wegfällt; dem entsprechend führt er die die Samenbildung hervorrufende Einwirkung einer männlichen Pflanze auf eine benachbarte weibliche nicht etwa auf die Bestäubung durch jene zurück, sondern die „Nähe“ selbst ist es, welche befruchtend wirkt. Das sind jedoch nur unbedeutende Proben seiner Logik.

Noch viel schlimmer aber sieht es in den Schriften seines Schülers Henschel<sup>1)</sup>, zumal in dessen umfangreichem Buch, „von der Sexualität der Pflanzen“ 1820 aus. Er glaubte die naturphilosophischen Lehren durch zahllose Versuche beweisen zu müssen; die Art und Weise jedoch, wie diese letzteren ausgedacht, eingeleitet und beschrieben sind, läßt Alles weit hinter sich, was an Geschmacklosigkeit und Urtheilsunfähigkeit jemals geleistet worden ist. Es bedarf nicht einmal der Zweifel, welche Einem gelegentlich betreffs der Genauigkeit seiner Berichte aufsteigen und der dießbezüglichen Bemerkungen bei Treviranus und Gärtner, um uns die Bestrebungen dieses Mannes zu verleiden.

Es wäre überflüssig auf den Inhalt dieses Buchs einzugehen, welches mehr ein pathologisches als historisches Interesse darbietet; in welchem Grade aber bis in die zwanziger Jahre hinein auch bei Besseren die Fähigkeit, in solchen Dingen zu urtheilen, durch den Einfluß der Naturphilosophie verdorben war, wie selbst namhafte Forscher es der Mühe werth fanden, die Producte Schelver's und Henschel's mit einem gewissen Respekt zu behandeln, davon giebt unter Anderem eine Brieffammlung, welche Rees von Esenbeck als zweite Beilage, zur Regensberger „Flora“ 1821 publicirte, Auskunft; nicht minder aber auch die späteren Bemerkungen Goethe's zur Metamorphose der Pflanzen, die man namentlich unter dem Titel „Verstäubung, Verdunstung, Vertropfung“ in der Cotta'schen Ausgabe in vierzig Bänden Bd. 36 p. 134 findet. Indessen fanden sich doch Einzelne, welche dem Unwesen scharf entgegentraten; so namentlich Paula Schrank

<sup>1)</sup> August Henschel war praktischer Arzt und Privatdocent in Breslau.

(Flora 1822 p. 49) und C. L. Treviranus, der 1822 eine umfassende Widerlegung Henschel's: „die Lehre von dem Geschlecht der Pflanzen in Bezug auf die neuesten Angriffe erwogen“ herausgab. Dagegen fanden sich einzelne Nachzügler jener krankhaften philosophischen Richtung auch später noch; so z. B. J. B. Wilbrand, Professor in Gießen, welcher noch 1830 (Flora p. 585) in sehr subtiler Unterscheidung annahm, daß bei den Pflanzen zwar etwas der thierischen Sexualität „Analoges“, aber keineswegs wirkliche Sexualität stattfinde. In dieser ganzen naturphilosophischen Literatur spricht sich die Unfähigkeit aus, Experimente einfach mit gesundem Menschenverstand zu beurtheilen; überall wird in den Erfolg der Versuche Etwas hineingebichtet, was nicht in der entferntesten Beziehung zu den Bedingungen und Ergebnissen derselben steht.

Ganz anders verhielt es sich dagegen mit den von Bernhardt 1811, von Girou 1828–30, und von Ramisch 1837 ausgesprochenen Zweifeln. Sie machten Versuche und beurtheilten sie im Sinne naturwissenschaftlicher Forschung; nur waren sie weder mit den nöthigen Kenntnissen eingeleitet, noch mit ausreichenden Vorsichtsmaßregeln durchgeführt; auch fehlte es diesen Männern an genügender Literaturkenntniß. Schon im vorigen Jahrhundert, ja selbst schon von Camerarius und Ray war auf das gelegentliche Vorkommen männlicher Blüthen an weiblichen Pflanzen von Spinat, Hanf, Mercurialis hingewiesen worden und doch experimentirten die Genannten gerade wieder mit diesen, ohne das etwaige Auftreten männlicher Blüthen an den weiblichen Versuchspflanzen oder andere Bestäubungsgelegenheiten sorgfältig genug auszuschließen.

So regten sich noch bis tief in die dreißiger Jahre hinein Zweifel an der Sexualität der Pflanzen überhaupt oder doch an ihrer allgemeinen Giltigkeit bei den Phanerogamen; denn von den Kryptogamen war zunächst keine Rede, sie galten trotz mancher werthvollen Wahrnehmungen früherer Zeit für geschlechtslos. Uebrigens wurde von der großen Mehrzahl der Botaniker an der sexuellen Bedeutung der Blüthenorgane nicht

gezweifelt. Die Meisten verließen sich guten Glaubens auf Linné's Autorität und Manche wußten sogar die experimentellen Beweise des Camerarius, Bradley, Logan, Gleditsch und Koelreuter zu schätzen. Wer aber im Lauf der zwanziger und dreißiger Jahre die Sache ernst nahm, dem mußte allerdings eine nochmalige umfassende Aufnahme der Frage nach der Sexualität der Pflanzen erwünscht sein. Schon 1819 hatte es die Berliner Akademie der Wissenschaften auf Link's Vorschlag durch Stellung einer Preisfrage: „Giebt es eine Bastardbefruchtung im Pflanzenreich“, versucht, neue Untersuchungen über den Kern der Sexualitätsfrage anzuregen. Die einzige, erst 1828 eingelaufene Antwort von Wiegmann entsprach jedoch den Anforderungen nicht, und wurde nur mit dem halben Preis belohnt. Glücklicher war in dieser Beziehung später die holländische Akademie zu Haarlem, welche auf Reinwardt's Veranlassung 1830 die Frage etwas verändert und mit ihrer praktischen Beziehung auf Pflanzenkultur ausschrieb. Hier trat als Preisbewerber Carl Friedrich Gärtner <sup>1)</sup> auf, dessen Schrift durch Nebenumstände verspätet 1837 den Ehrenpreis und eine außerordentliche Prämie erhielt. C. F. Gärtner hatte schon seit 1826 die Resultate seiner Bastardirungsversuche in verschiedenen Zeitschriften publicirt. Seine gesammelten, aus fünfundzwanzigjährigen experimentellen Untersuchungen gezogenen Resultate publicirte er jedoch erst 1849 in

<sup>1)</sup> Carl Friedrich Gärtner, der Sohn Joseph Gärtner's, geb. 1772, gest. 1850 zu Calw. Als Lehrling in die Hofapothek zu Stuttgart eingetreten, besuchte er naturwissenschaftliche Vorlesungen in der Karlsakademie; um sich medicinischen Studien zu widmen ging er nach Jena, 1795 aber nach Göttingen, wo er auch Lichtenberg hörte. Noch in demselben Jahre lehrte er nach der Heimath zurück, wo er 1796 promovirte, um sich als Arzt in Calw niederzulassen. Hier beschäftigte er sich anfangs mit Fragen der menschlichen Physiologie, bearbeitete aber dann den Supplementsband zu seines Vaters *Carpologia*. Er sammelte Notizen und Excerpte zu einem umfassenden Werk über Pflanzenphysiologie; aus diesem, übrigens nicht zur Ausführung gelangten Plane, entsprang auch die Bearbeitung der Sexualtheorie, der er sich 25 Jahre lang widmete. (Jahresheft des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg 1852 Bd. VIII. p. 16.)



einem umfangreichen Band: „Versuche und Beobachtungen über die Bastardzeugung“ (Stuttgart 1849). Gewissermaßen als Einleitung zu diesem Werk hatte er aber schon 1844 ein ebenso umfangreiches Buch: „Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkommeneren Gewächse und über die natürliche und künstliche Befruchtung durch den eigenen Pollen“ herausgegeben. Beide Werke zusammen sind das Gründlichste und umfassendste, was bisher über die experimentelle Untersuchung der Sexualitätsverhältnisse der Pflanzen geschrieben worden ist. Sie bilden einen glänzenden Abschluß der nach Koelreuter mit Zweifeln an der Sexualität der Pflanze beginnenden Periode, einen Abschluß, der in dieselben Jahre fällt, wo bereits eine lebhafteste Polemik zwischen Schleiden und Schacht einerseits, Hofmeister andererseits, über die Vorgänge bei der Embryobildung durch mikroskopische Untersuchungen geführt wurde.

Gärtner's Werke finden ihre Bedeutung weniger in neuen überraschenden Entdeckungen oder in glänzenden Ideen und unerwarteten Combinationen, — als vielmehr in der gründlichsten Untersuchung aller derjenigen Umstände und Verhältnisse, welche bei der sexuellen Fortpflanzung der Phanerogamen überhaupt in Betracht kommen können. Seine Bastardirungsversuche, über welche er die genauesten Journale führte, überschritten die Zahl von 9000; bei diesen sowohl wie bei der normalen Bestäubung studirte Gärtner alle Fehlerquellen, welche auf die Experimente irgendwie Einfluß nehmen können, zog er alle in der Entwicklung der Pflanze selbst und in den äußeren Verhältnissen liegenden Bedingungen der Befruchtung sorgfältig in Betracht und ebenso unterwarf er die gesammte Literatur dieser Fragen einer so eingehenden Kritik, daß jeder von früheren Schriftstellern angegebene Versuch seine kritische, auf die umfassendsten eigenen Erfahrungen gestützte Erledigung fand. Das Werk über die Wirkung des eigenen Pollens 1844 enthält die vollständigste Biologie und Physiologie der Blüthen. Es werden dort, überall auf eigene und zum Theil ganz neue Beobachtungen gestützt, sämtliche Lebenserscheinungen der sich entfaltenden Blüthe und ihre

Beziehungen zur Befruchtung beschrieben; das Verhältniß des Kelches, der Blumenkrone, der Nektarabsonderung, des Oeffnens der Antheren, die Selbsterwärmung der Blüthen, die physiologischen Vorgänge am Fruchtknoten, den Griffeln und der Narbe speciell untersucht; alles bis dahin Bekannte über die Reizbarkeit und Bewegungserscheinungen an der Blume und den Befruchtungsorganen zusammengestellt und durch neue Beobachtungen erläutert und so von dem Leben der Blüthe ein reichhaltiges, bis in's kleinste Detail ausgeführtes Bild entworfen, wie wir es von keinem anderen Organ der Pflanze bisher besitzen; es wäre vergeblich, in Kürze von der Reichhaltigkeit dieser Beobachtungen eine klare Vorstellung geben zu wollen. Indes waren dies mehr die Präliminarien für die Hauptsache, den Nachweis, daß die Entdeckung des Camerarius richtig, daß trotz aller mehr als hundertjährigen Einwendungen die Mitwirkung des Pollens zur Embryobildung in den heranwachsenden Samen unentbehrlich sei, daß also die Pflanzen eine Sexualität, ganz in dem Sinn wie die Thiere besitzen. Auch begnügte sich Gärtner nicht, eine beliebige Zahl neuer Befruchtungsversuche zu machen; vielmehr wurden die Einwendungen Spallanzani's, Schelver's, Henschel's, Girou's u. A. ausführlich und mit speciellster Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Umstände durch neue Experimente und sonstige Erfahrungen widerlegt, die Ungenauigkeit der Beobachtungen der Gegner der Sexualität Punct für Punct schlagend dargethan, und schließlich noch auf eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen hingewiesen, welche auch an dem unbefruchteten Fruchtknoten eintreten und die Umstände namhaft gemacht, unter denen bei scheinbar verhinderter Bestäubung dennoch Zutritt von Pollen stattfinden kann. Diese Untersuchungen konstatarren abermals die Existenz der vegetabilischen Sexualität und zwar so, daß seitdem kein Widerspruch gegen dieselbe mehr erhoben werden konnte. Selbst als später um 1860 Erscheinungen bekannt wurden, welche die Vermuthung nahe legten, daß unter Umständen bei gewissen Individuen einiger Pflanzenarten die weiblichen Organe auch ohne Mit-

hilfe der männlichen entwicklungsfähige Embryonen erzeugen können, konnte es sich nicht etwa mehr darum handeln, in diesen als Parthenogenese bezeichneten Vorkommnissen Beweise gegen die allgemeine Sexualität zu finden; vielmehr konnte es nur darauf ankommen, derartige Vorkommnisse zunächst bezüglich der Thatsache selbst genau zu prüfen und die Fragen so zurecht zu legen, daß sie neben der bestehenden Sexualität noch einen vernünftigen Sinn behielten, ähnlich wie dies auch bei den entsprechenden Erscheinungen im Thierreich nöthig war.

Dem umfassenden Werke Gärtner's über die Bastardbefruchtung waren bereits einige andere Untersuchungen über dasselbe Thema vorausgegangen: die schon erwähnten Knight's am Anfang des Jahrhunderts und die ausführlicheren von William Herbert, in dessen Werk über die Amaryllideen 1837. Gärtner unterließ nicht, seine eigenen Untersuchungen überall mit den Ergebnissen seiner Vorgänger, ganz besonders aber mit denen Koelreuter's zu vergleichen und aus dem ganzen erstaunlich großen Beobachtungsmaterial eine Reihe von allgemeinen Sätzen über die Bedingungen, unter denen Bastardirung überhaupt möglich ist und über den Erfolg der Kreuzung, sowie über die Ursachen des Mißerfolges zu ziehen. Von ganz besonderem Interesse waren seine vermischten und zusammengesetzten Bastarde, die Versuche über die verschiedenen Gradationen des Einflusses, den fremder Pollen auf das Verhalten der weiblichen Organe ausübt, die Beziehung zu der Varietätenbildung. Es ist auch hier ganz unmöglich, die Resultate Gärtner's bestimmter zu verzeichnen, ohne uns geradezu in sachliche Diskussionen einzulassen, welche weit über ein historisches Referat hinausgehen würden. Es ist dies auch um so weniger nöthig, als Nägeli 1865 es unternommen hat, aus der ganzen Fülle des von Koelreuter, William Herbert und Gärtner gelieferten Materials eine Reihe von Sätzen abzuleiten, welche in mehr übersichtlicher Form alle wesentlichen Ergebnisse zusammenfassen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> In Kürze sind dieselben referirt in meinem Lehrbuch der Botanik, Leipzig 1868 — 74.

Gärtner's Bastardirungen wurden an demselben Orte, wo Koelreuter die seinigen in den Jahren 1762 und 1763 gemacht hatte, nämlich zu Calw in Württemberg ausgeführt. So waren es also zwei kleine Städte Württembergs, in welchen die Sexualtheorie von den drei hervorragendsten Experimentatoren begründet und soweit es sich durch Experimente thun läßt, zum Abschluß geführt worden ist. Camerarius in Tübingen, Koelreuter und C. F. Gärtner in Calw hatten allein zur experimentellen Begründung der Sexualtheorie soviel beigetragen, daß alles Uebrige, was Andere in dieser Richtung gethan haben, fast als Nebensache erscheinen müßte, wenn es sich ausschließlich um künstliche Bestäubung handelte. Wie dagegen die Bestäubung in der freien Natur gewöhnlich vermittelt wird, das hatte Koelreuter zwar unvollkommen erkannt, aber erst Konrad Sprengel in allen wichtigeren Beziehungen durchschaut, und es darf hier nicht verschwiegen werden, daß Gärtner die ergiebigste Quelle neuer großartiger Resultate unbenutzt ließ, indem er Konrad Sprengel's merkwürdige Ergebnisse einer ernstern Beachtung nicht für werth hielt; seine fleißige Behandlung der Nektarabsonderung, der Reizbarkeit der Befruchtungsorgane und seine zahlreichen Wahrnehmungen über sonstige biologische Verhältnisse der Blüthen würden erst dann ihren natürlichen Abschluß gefunden haben, wenn er sie mit Sprengel's allgemeinen Sätzen über die Beziehung des Blüthenbaues zur Insectenwelt überall verknüpft hätte. Das unterließ Gärtner vollständig und so blieb es auch hier wieder der wunderbaren Combinationsgabe Darwin's vorbehalten, die Summe aus den Ergebnissen einer hundertjährigen Forschung zu ziehen und die Resultate Koelreuter's, Knight's, Herbert's und Gärtner's mit Konrad Sprengel's Blüthentheorie zu einem lebendigen Ganzen zu verschmelzen, so daß nunmehr alle physiologischen Einrichtungen der Blüthe in ihren Beziehungen zur Befruchtung nicht nur, sondern in ihrer Abhängigkeit von den natürlichen Bedingungen, unter denen die Bestäubung ohne Mithülfe des Menschen stattfindet, verständlich geworden sind. Es war hier

also ähnlich, wie in der Geschichte der Morphologie und Systematik: die Prämissen fand Darwin vor, den Schluß aus ihnen zog er; auch hier beruht die Sicherheit seiner Theorie auf den Ergebnissen der besten Beobachter, auf Untersuchungen, welche in Darwin's Theorie ihren nothwendigen logischen und historischen Abschluß finden.

## 7.

Mikroskopische Untersuchung der Befruchtungsvorgänge der Phanerogamen, Pollenschlauch und Keimkörper. <sup>1)</sup>

1830—1850.

Schon im vorigen Jahrhundert hatten diejenigen, welche von der Sexualität der Pflanzen überzeugt waren, auf verschiedene Weise versucht, mit Hilfe des Mikroskops eine Vorstellung davon zu gewinnen, in welcher Weise durch den Pollen die Erzeugung des Embryos innerhalb des Samens vermittelt werde. Von den sehr rohen derartigen Versuchen Morland's und Geofroy's abgesehen, waren es Needham (1750), Jussieu, Linné, Gleichen, Hedwig, welche die Vorstellung hegten, der Pollen zerspringe auf der Narbe, die darin enthaltenen Körnchen aber drängen durch den Griffel hinab zu den Samenknochen, um dort entweder selbst zu Embryonen ausgebrütet zu werden, oder doch zu deren Erzeugung behülflich zu sein. Diese Vorstellungsweise schloß sich eng an die damals herrschende Evolutionstheorie an und schien in den Samenkörperchen der Thiere eine Stütze zu finden; sie stützte sich zugleich auf die Beobachtung, daß Pollenkörner in Wasser gelegt unter dem Mikroskop

<sup>1)</sup> Um die sehr gedrängte Darstellung nicht durch zahlreiche Citate zu stören, mache ich hier die wichtigeren Schriften namhaft: Robert Brown's vermischte Schriften, herausgegeben von Nees von Esenbeck Bd. IV. 1830 Bd. V. 1834. — Mohl über G. Amici in bot. Zeitung 1863 Beilage p. 7. — Schleiden: über die Bildung des Eizens und Entstehung des Embryos in Nova Acta Acad. Leopold 1839 Bd. XI. I. Abth. — W. Hofmeister: Zur Uebersicht der Geschichte von der Lehre der Pflanzenbefruchtung in Flora 1867 p. 119 ff.

häufig zerspringen und ihren Inhalt in Form einer körnig schleimigen Masse entleeren. Es wurde bereits erwähnt, daß Koelreuter dieser Ansicht entgegentrat, das Zerspringen für naturwidrig erklärte, dafür aber das von den Pollenkörnern ausgeschwitzte Del als die befruchtende Substanz betrachtete, worin ihm Joseph Gärtner und Konrad Sprengel folgten. Diese Ansicht wurde indessen weniger beachtet und bis tief in die dreißiger Jahre hinein blieb die von Needham und Gleichen begründete in einem gewissen Ansehen. Die Frage war nun aber, auf welche Weise diese Inhaltskörnchen des Pollens in die Samentnospen gelangen sollten. Da bot ein Zufall einen Anknüpfungspunct für weitere Reflexionen. Amici, der zu anderem Zweck die Narbenhaare von *Portulaca* untersuchte, sah bei dieser Gelegenheit (1823) den Pollenschlauch aus dem Pollenkorn hervortreten und die körnige Inhaltsmasse des letzteren, die sogenannte *Fovilla*, strömende Bewegungen ähnlich der in den Charen bekannnten ausführen. Der Wunsch, diese merkwürdige Thatsache zu prüfen und darüber Aufschluß zu gewinnen, „wie denn eigentlich die befruchtende Substanz von der Narbe absorbiert werde,“ veranlaßte Brongniart 1826, eine große Zahl mit Pollen bedeckter Narben zu untersuchen. Es gelang ihm dabei zu constatiren, daß die Bildung von Pollenschläuchen eine sehr verbreitete Erscheinung sei. Mangelhafte Verfolgung des Gesehenen und die Voreingenommenheit für die alte Theorie Needham's hinderten ihn jedoch die Pollenschläuche in ihrem ganzen Verlauf bis in die Samentnospe hinein kennen zu lernen; er nahm vielmehr an, daß sie, in die Narbe eingedrungen, sich öffnen und ihre Inhaltskörnchen entlassen, indem er ausdrücklich behauptete, daß diese letzteren den Samenthierchen der Thiere analog und der active Theil des Pollens seien. Nunmehr aber griff Amici die Frage ernstlicher an, er verfolgte 1830 die Pollenschläuche nicht nur bis in den Fruchtknoten, sondern fand auch, daß je einer derselben in die Mikropyle einer Samentnospe eindringe.

So war die Frage plötzlich ihrer Lösung sehr nahe gerückt, als von verschiedenen Seiten her Abwege eingeschlagen wurden.

Robert Brown zeigte 1831 und 1833, daß die zu sogenannten Pollinarien zusammengebackenen Pollenkörner der Orchideen und Asclepiadeen ebenso wie die anderer Pflanzen Pollenschläuche austrieben und daß man feine Röhrchen im Fruchtknoten bestäubter Orchideen vorfinde, deren Zusammenhang mit den Pollenkörnern ihm jedoch zweifelhaft blieb, so daß er selbst zu der Annahme sich geneigt fand, dieselben entstünden im Fruchtknoten selbst, wenn auch in Folge der Bestäubung der Narbe. Ganz anders war der Abweg, auf welchen Schleiden gerieth, durch welchen jedoch die Frage, ähnlich wie gleichzeitig die nach der Entstehung der Zellen in den Vordergrund der botanischen Forschung gestellt wurde. 1837 publicirte Schleiden ausgezeichnete Untersuchungen über die Entstehung und Ausbildung der Samenknospen vor der Befruchtung, ohne Zweifel die besten und gründlichsten der damaligen Zeit. Zugleich beseitigte er die Zweifel Brongniart's und Brown's und die Angaben Amici's bestätigend, bewies er, daß die Pollenschläuche von der Narbe aus überall bis in die Samenknospen durch die Mikropyle derselben eindringen. Er ließ sie aber zu weit vordringen; ganz positiv behauptete er: „der Pollenschlauch schiebt die Membran des Embryosackes vor sich her, stülpt diesen in sich selbst hinein und sein Ende liegt dann scheinbar im Embryosack. Das Ende des Pollenschlauches im Embryosack schwillt kugelig oder eiförmig an, und aus seinem Inhalt bildet sich Zellgewebe. Es bildet die seitlichen Organe, Einen oder zwei Cotyledonen, wobei aber die ursprüngliche Spitze als plumula mehr oder weniger frei bleibt. Das Stück des Pollenschlauches unterhalb des Embryo's und die dasselbe umschließende Duplikatur des Embryosackes schnüren sich früher oder später ab und obliteriren völlig, so daß nunmehr der Embryo wirklich im Embryosack liegt.“ Wäre diese, anscheinend ganz auf Beobachtung beruhende und durch entsprechende Abbildung erläuterte Ansicht richtig gewesen, so hätte sie entsprechend der alten Evolutionstheorie und mit auffallender Annäherung an die Ansichten Morlands und Geoffroy's zwar der Nothwendigkeit der Bestäubung zur

Bildung embryohaltiger Samen Rechnung getragen, aber dennoch wäre die Sexualität der Pflanzen ähnlich wie bei den Vertheidigern der Evolutionstheorie damit in der Hauptsache beseitigt worden: die Samenknospe wäre eben nur der geeignete Ort zur Ausbrütung des vom Pollen erzeugten Embryos geblieben. Dieser Ansicht Schleiden's schlossen sich nun alsbald Wydler, Gelesnow und verschiedene Andere, vor Allem aber Schacht an, während gerade die hervorragendsten Mikroskopiker ihr ungläubig entgegen traten. Zuerst war es wieder Amici, der 1842 auf dem italienischen Gelehrtenkongreß in Padua der neuen Lehre entgegen trat und nachzuweisen suchte, daß der Embryo nicht im Ende des Pollenschlauches, sondern aus einem schon vor der Befruchtung vorhandenen Theile der Samenknospe entstehe, welcher durch die im Pollenschlauch enthaltene Flüssigkeit befruchtet werde. Die Wahl einer zu diesem Zweck höchst ungeeigneten Pflanze, des Kürbisses, hinderte ihn jedoch, die Vorgänge im Einzelnen genau genug zu erkennen und Schleiden verfehlte nicht, 1845 Amici's Behauptungen in den ungesuchtesten Ausdrücken zurückzuweisen. Dieser aber brachte schon im nächsten Jahr (1846) die entscheidenden Beweise für seine Behauptung: an den für solche Untersuchungen sehr günstigen Orchideen zeigte er nicht nur, daß Robert Brown's erwähnte Zweifel unbegründet seien, sondern was die Hauptsache war, daß im Embryosack der Samenknospen schon vor dem Eintreffen des Pollenschlauches ein Körper (das Keimbläschen) vorhanden ist, welcher durch den Zutritt des Pollenschlauches zur weiteren Entwicklung, zur Bildung des Embryos veranlaßt wird. Er demonstirte hier zuerst den ganzen Verlauf dieser Vorgänge von der Bestäubung der Narbe an bis zur Ausbildung des Embryos im Zusammenhang.

Obgleich schon im folgenden Jahr durch Mohl und Hofmeister Amici's Darstellung als die richtige bestätigt wurde und Hofmeister 1849 in einer umfangreicheren Schrift: „Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen“ (Leipzig 1849) an zahlreicheren anderen Pflanzen die für die Frage entscheidenden Momente ausführlich beschrieb und durch sehr schöne Abbildungen



erläuterte, obgleich auch Tulasne als Gegner der Schleiden'schen Theorie auftrat, insofern er sich auf das Bestimmteste davon überzeugete, daß ein Zusammenhang zwischen dem befruchteten Keimbläschen und dem Pollenschlauch nicht besteht (wobei er aber die Existenz des Keimbläschen vor der Befruchtung leugnete); so entspann sich doch jetzt erst der heftigste Kampf um die Schleiden'sche Theorie: das niederländische Institut in Amsterdam krönte eine Preisschrift Schacht's, die 1850 herauskam; hier wurde Schleiden's Theorie von Neuem vertheidigt und durch sehr zahlreiche Abbildungen erläutert, welche in ganz unbegreiflicher Weise überall die entscheidenden Momente unrichtig und im Sinn der Theorie darstellten. Mohl sagt bei dieser Gelegenheit sehr treffend (Bot. Jtg. 1863 Beilage p. 7): „Es ist jetzt nachdem wir wissen, daß die Schleiden'sche Lehre ein Irrlicht war, lehrreich, wenn auch betrübend zu sehen, mit welcher Leichtgläubigkeit das Unrichtige für wahr gehalten wurde, wie die einen auf eigene Untersuchungen vollkommen verzichtend mit theoretischen Gründen das Phantom herauspuzten, die andern, welche das Mikroskop zur Hand nahmen, durch ihre vorgefaßte Meinung geblendet zu sehen glaubten, was sie gar nicht sehen konnten, und durch Hunderte von Zeichnungen, welchen Nichts als die Wahrheit fehlte, die Wichtigkeit der Schleiden'schen Lehre als über jeden Zweifel erhaben darzustellen suchten, und wie eine Akademie durch Krönung einer solchen Arbeit einen neuen Beweis für die alte, namentlich in unserer Wissenschaft seit einigen Decennien wiederholt so glänzend gemachte Erfahrung lieferte, wie wenig Preisaufgaben geeignet sind, die Lösung einer zweifelhaften, wissenschaftlichen Frage herbeizuführen.“ In diesem Falle war noch dazu die gekrönte Preisschrift schon im Voraus durch Mohl, Hofmeister, Tulasne widerlegt. Schacht hielt natürlich nun erst desto mehr an Schleiden's Theorie fest: nach einigen polemischen Schriften, in welche auch andere, minder Berufene sich einmengten, erschien aber 1856 eine ausführlichere Schrift Radlkofer's, welche Hofmeister's Beobachtungen in allen Punkten bestätigte und beiläufig auch eine Darlegung der nun-

mehr veränderten Ansichten Schleiden's enthielt, eine Darlegung, welche man als einen vollständigen Widerruf Schleiden's deuten konnte, zu welchem bald darauf auch Schacht sich genöthigt sah, als er bei *Gladiolus* Verhältnisse an der Samentnospe kennen lernte, die mit der Schleiden'schen Theorie handgreiflich unvereinbar waren.

Hofmeister hatte von vornherein seine Aufmerksamkeit speziell der Frage zugewendet, ob im Pollenschlauch sich Gebilde vorfinden, welche etwa den Spermatozoiden entsprechen und ob etwa eine Oeffnung am Ende des Pollenschlauches wahrzunehmen sei. Zwar fand er bei den Coniferen (1851) Gebilde, welche immerhin an die männlichen Befruchtungskörper höherer Cryptogamen erinnern mochten; der Pollenschlauch aber war geschlossen, sowie bei den übrigen Phanerogamen, wo seine Haut noch dazu eine sehr beträchtliche Dicke erreicht. Es blieb also Nichts übrig, als die Annahme, daß eine flüssige Substanz durch die Wand des Pollenschlauches und des Embryosackes hindurchdiffundirend die Befruchtung des Keimbläschens vermittelt und so war es nicht die Präformationstheorie des vorigen Jahrhunderts, welcher noch Brongniart anhing, sondern die von Koelreuter vertretene Ansicht, welche sich schließlich als die der Wahrheit näher kommende erwies; wenn freilich auch von Koelreuter's Ansicht Nichts weiter übrig blieb, als daß die befruchtende Substanz bei den Phanerogamen eine flüssige sei. Die für Spermatozoiden gehaltenen Inhaltskörnchen des Pollens dagegen haben sich später zum Theil als unschuldige Stärkekörnchen und Del-tropfen zu erkennen gegeben.

## 8.

## Entdeckung der Sexualität der Kryptogamen.

1837—1860.

Um die Mitte der vierziger Jahre zweifelte kein Urtheilsfähiger mehr an der Sexualität der Phanerogamen. Nicht so war es bezüglich der kryptogamischen Pflanzen, obgleich schon

um diese Zeit eine Reihe von Thatsachen bekannt war, welche darauf hinzuweisen schienen, daß auch bei ihnen im Lauf der Entwicklung eher oder später ein Moment eintritt, wo ein Geschlechtsact sich vollzieht. Es fehlte jedoch bis dahin an einer methodischen Bearbeitung der Frage, vor Allem an experimentellen Untersuchungen oder solchen Beobachtungen, welche die Nothwendigkeit einer sexuellen Vereinigung auch hier dargethan hätten.

Als in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die große Mehrzahl der Botaniker an der sexuellen Bedeutung der Staubgefäße der Phanerogamen nicht mehr zweifelte, ließ man es sich angelegen sein, auch bei kryptogamischen Pflanzen Organe von ähnlicher Funktion nachzuweisen; man stützte sich dabei auf äußerliche Aehnlichkeiten und Analogieen, die man mehr oder weniger willkürlich zu deuten suchte. Die ziemlich auffallende äußerliche Aehnlichkeit der Antheridien und Archegonien der Moose mit den Geschlechtsorganen der Phanerogamen veranlaßten schon Schmidel und Hedwig dieselben als Staubgefäße und Fruchtknoten in Anspruch zu nehmen und hier errieth man in der That etwas Richtiges, wenn auch freilich die wahre Bedeutung der Moosfrucht auf diesem Wege nicht erkannt werden konnte. Früher hatten Micheli, Linné, Dillen, noch mehr auf Aeußerlichkeiten und geringe Kenntniß dieser Pflanzen gestützt, die Moosfrucht selbst für eine männliche Blüthe gehalten und was die übrigen Kryptogamen betraf, überließen sich selbst die hervorragendsten Botaniker einem Herumtasten ohne jeden festen empirischen Anhaltspunct. Es ist unnöthig, speciell auf die Ansichten, die dabei zum Vorschein kamen, einzugehen; nur beispielsweise sei Einzelnes erwähnt: Koelreuter z. B. betrachtete die *Bolva* der Hutschwämme, Glebitsch und Hedwig dagegen schlauchförmige Zellen an den Lamellen derselben als die männlichen Befruchtungsorgane. Gleichen nahm die Spaltöffnung der Farne, Koelreuter ihr Indusium, Hedwig sogar ihre Drüsenhaare für Antheren. Man ahnte noch nicht, daß der Entwicklungsgang und die gesammte morphologische Gliederung der kryptogamischen

Pflanzen mit der der Phanerogamen nicht auf diese Art verglichen werden kann, und das Richtige sowohl, wie das Unrichtige, was man bezüglich der Sexualorgane der Kryptogamen annahm, hatte keinen wissenschaftlichen Werth, da es eben nur auf unbestimmte Vermuthungen hin errathen wurde. Auch in den ersten Decennien unseres Jahrhunderts gestalteten sich die Verhältnisse nicht besser und wenn auch nach und nach eine Reihe von gelegentlichen Wahrnehmungen, welche sich später methodisch verwerthen ließen, gemacht wurde, so blieben es doch zunächst vereinzelt Thatsachen, denen jeder wissenschaftliche Zusammenhang fehlte und Jedem mußte überlassen bleiben, ob er den Kryptogamen überhaupt Sexualorgane zuschreiben oder absprechen wollte. Indessen häuften sich nach und nach derartige Wahrnehmungen, so daß um die Mitte der vierziger Jahre schon eine gewisse Sichtung derselben und eine Art Orientirung auf diesem Gebiet eintreten konnte. Abgesehen von den Moosen, wo die Mehrzahl der Botaniker doch gern an Schmidel's und Hedwig's Meinung festhielt, hatte schon 1803 *Vaucher* die längst bekannte Copulation der *Spirogyren* als einen Sexualact in Anspruch genommen, 1820 *Chrenberg* die Copulation eines Schimmelpilzes, *Syzygites*, beobachtet; durch *Bischoff* und *Mirbel* war die Organisation der Lebermoosanthridien genauer bekannt geworden (1845) und schon 1822 sah *Nees* von *Esenbeck* die Spermatozoiden von *Sphagnum*, 1828 *Bischoff* die von *Chara*, die man freilich zunächst für Infusorien hielt, eine Ansicht, der sich *Unger* 1834 noch angeschlossen; *Unger* <sup>1)</sup> war es jedoch, der schon 1837 die Spermatozoiden der Laubmoose näher studirte und sie als männliche Befruchtungsorgane in Anspruch nahm; 1844 entdeckte *Nägeli* die entsprechenden Gebilde an dem bis dahin als *Cotyledon* gedeuteten Vorkeim der Farnkräuter und 1846 fand er die Spermatozoiden als Producte der kleinen Sporen der *Pilularia*, welche *Schleiden* als Pollenkörner dieser Pflanzen gedeutet hatte.

<sup>1)</sup> Die Literaturnachweise für das hier Folgende sind in *Flora* 1857 p. 120 ff. von *Hofmeister* vollständig zusammengestellt.

Diese Thatfachen waren höchst bedeutsam, aber anzufangen war mit ihnen nicht viel, da man, abgesehen von den Moosen, das weibliche Organ der betreffenden Pflanzen nicht kannte und einstweilen nur aus der Aehnlichkeit der vegetabilischen Spermatozoiden mit denen der Thiere errathen konnte, daß sie möglicherweise die sexuelle Bedeutung der letzteren haben könnten.

Da kam plötzlich Licht in die Sache, als 1848 der Graf Leszczyc-Suminsky an dem vermeintlichen Cotyledon der Farnkräuter (dem Prothallium) außer den Antheridien noch eigenthümliche Organe entdeckte, in deren Innerem der Embryo oder das junge Farnkraut entsteht. Waren auch die Angaben über Entwicklung und Bau dieser weiblichen Organe, sowie die des Embryos in sehr wesentlichen Punkten unrichtig, so war doch der Weg gewiesen, wo die Befruchtung durch die Spermatozoiden zu vermuthen sei und da man bereits durch Vaucher's und Bischoff's frühere Arbeiten die Keimungsgeschichte der übrigen Gefäßkryptogamen einigermaßen kannte, so eröffnete sich nun auch ein Weg, die Befruchtungsorgane derselben da zu suchen, wo sie wirklich zu finden sind. Dabei war allerdings zuerst eine von Schleiden aufgestellte unrichtige Ansicht über die Bedeutung der kleinen Sporen der Rhizocarpeen zu beseitigen, was zum Theil schon durch Nägeli's genannte Entdeckung und gleichzeitig durch Untersuchungen von Mettenius geschah. Da gab 1849 Hofmeister eine zusammenhängende Beschreibung der Keimung von *Pilularia* und *Salvinia*, in welcher die für den Sexualact entscheidenden Momente klar gelegt, zumal die Bedeutung der Spermatozoiden für die Befruchtung der Eizellen im Archegonium nachgewiesen wurde. Dasselbe that Hofmeister gleichzeitig bei einer von den Rhizocarpeen und Farnen weit verschiedenen Gattung (*Selaginella*), wo ebenfalls die Spermatozoiden aus kleineren Sporen sich entwickeln, um die in dem Prothallium der großen Sporen entstandenen Archegonien zu befruchten. In dem Hofmeister die Keimungsvorgänge dieser Pflanzen mit denen der Farne und Moose verglich, wurde vor Allem ein ganz neues

Nicht auf die gesammte morphologische Gliederung dieser Klassen geworfen, durch welche nun erst eine Vergleichung derselben unter sich und mit den Phanerogamen möglich wurde, und erst jetzt gelang es, den Sexualact der Muscineen und Gefäßkryptogamen in seiner Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte dieser Pflanzen richtig zu würdigen. Hofmeister zog aus seinen Beobachtungen schon 1849 den Schluß: „Das Prothallium der Gefäßkryptogamen sei morphologisch gleichbedeutend mit der blättertragenden Moospflanze, die beblätterte Pflanze eines Farnkrauts, eines Lycopodium, einer Rhizocarpee gleichbedeutend mit der Moosfrucht. Bei Moosen, wie bei Farnen finde eine Unterbrechung der vegetativen Entwicklung durch die Zeugung, ein Generationswechsel statt: bei den Gefäßkryptogamen sehr bald nach der Keimung, bei den Moosen um Vieles später.“ Es wurde bereits in der Geschichte der Systematik auf die epochemachende Bedeutung dieser Entdeckung hingewiesen. Für die Lehre von der Sexualität der Pflanzen war die von Hofmeister begründete Auffassung dieser Verhältnisse nicht minder wichtig; mit einem Schläge waren alle älteren falschen Analogieen zwischen Phanerogamen und Kryptogamen zerstört und das wirklich Uebereinstimmende aufgefunden: wie in der Samenknospe der Phanerogamen, so hatte Hofmeister im Archegonium der Kryptogamen denjenigen Körper aufgefunden, welcher sich nach der Befruchtung zum Embryo ausbildet, das Keimbläschen oder die Eizelle. Hier lag der Ausgangspunct für jede weitere methodische Vergleichung bei der geschlechtlichen Fortpflanzung der Kryptogamen und Phanerogamen. Alles andere war von secundärer Bedeutung, auch das, daß die Befruchtung der Eizelle bei den Kryptogamen nicht durch einen Pollenschlauch, sondern durch Spermatozoiden stattfindet. Es war nun leicht auch in anderen von Hofmeister noch nicht beobachteten Fällen die entsprechenden Generationsverhältnisse nachzuweisen.

Seine Angaben und Schlüsse wurden 1850 von Mettenius bezüglich der Selaginella und Isoetes bestätigt und erweitert, und 1851 erschien Hofmeister's umfassendes Werk: „die vergleichenden

Untersuchungen,“ wo nunmehr auch die Keimbildung der Coniferen als die Vermittlungsform zwischen der der Kryptogamen und Phanerogamen dargestellt wurde. Weitere Ergänzungen folgten: Hensley bestätigt Hofmeisters Ergebnisse bei den Farnen, 1852 beobachteten Hofmeister und Milde die Befruchtungsgeschichte der Equiseten, Hofmeister gab gleichzeitig die vollständige Entwicklungsgeschichte von Isoetes, 1855 beschrieb er die entscheidenden Momente bei Botrychium und Mettenius 1856 bei Ophioglossum.

Durch alle diese Entdeckungen waren die vor und nach der Befruchtung stattfindenden Entwicklungsvorgänge aufgeklärt, aber noch fehlte die directe Beobachtung des Befruchtungsactes selbst. Hofmeister schildert (Flora 1857 p. 122) die damalige Sachlage folgendermaßen:

„Hatten die zahlreichen Untersuchungen helles Licht über die Beschaffenheit der männlichen und weiblichen Organe, wie über die Art und Weise der Entstehung des Embryo durch fortgesetzte Theilung des schon vor der Befruchtung in letzteren vorhandenen Keimbläschens sich verbreitet, so blieb doch das eigentliche Wesen der Befruchtung völlig dunkel. Durch Beobachtung und Versuch war es genügend festgestellt, daß es der Einwirkung von Samenfäden auf die Archegonien bedürfe, um in diesen einen Embryo zu erzeugen. Weibliche, von den männlichen entfernte Moospflanzen,<sup>1)</sup> von den Mikrosporen getrennte Makrosporen von Gefäßkryptogamen hatten in allen Fällen sich steril erwiesen; aber selbst darüber war keine Sicherheit erlangt worden, bis zu welchem Punkte der weiblichen Organe die Samenfäden vordringen. Zwar hatten Leszczyc und später Mercklin den Eintritt beweglicher Samenfäden in die Mündungsöffnung der Ar-

<sup>1)</sup> W. P. Schimper hatte 1850 in seinen Recherches anatomiques et morphologiques sur les Mousses werthvolle Angaben über die Unfruchtbarkeit solcher weiblicher Laubmoose gemacht, welche weit entfernt von männlichen Exemplaren wachsen und Fälle nachgewiesen, wo das Vorkommen männlicher Moose unter sonst unfruchtbaren weiblichen, deren Fruchtbarkeit herbeiführt.

Archegonien von Farnen gesehen; was aber Leszczyc über die Rolle angab, die sie dort weiter spielen sollten, erwies sich als auf Selbsttäuschung beruhend. Hofmeister hatte bewegungslos gewordene Samenfäden im mittleren Theile des Halskanales von Archegonien des Schafthalmes beobachtet; aber auch hier war nichts Näheres über die Art der Einwirkung des Spermatozoids auf das Keimbläschen zu ermitteln gewesen. Da traf es sich, daß im Frühjahr 1851 Hofmeister, mit Untersuchung der Entwicklung der Vegetationsorgane der Farnkräuter beschäftigt, mehrfach in den basilären das Keimbläschen einschließenden Zellen der Archegonien von Farnen in Bewegung begriffene Samenfäden selbst in der Mehrzahl das Keimbläschen umspielend antraf. Ihre Bewegungen endeten während der Beobachtung mit Eintritt der Veränderungen, welche der Inhalt durch Schnitte bloßgelegter jugendlicher Pflanzenzellen bei längerer Einwirkung von Wasser zu erleiden pflegt.“ Spätere Beobachtungen lassen jetzt keinen Zweifel darüber zu, daß einzelne Spermatozoiden auch bei Muscineen und Farnen in das sogenannte Keimbläschen, die nackte Eizelle des Archegoniums, eindringen.

Zunächst wurde die Frage jedoch an den Algen entschieden, wo ohne störende Eingriffe der Befruchtungsvorgang unmittelbar gesehen werden konnte. Daß nämlich auch bei den Algen geschlechtliche Fortpflanzung stattfindet, lag sehr nahe, seitdem Decaisne und Thuret an den Fucusarten 1845, Nägeli an den Florideen 1846, Organe aufgefunden hatten, die eine andere Deutung kaum zuließen. Auch hatte schon Alexander Braun auf die Bildung von zweierlei Sporen bei einer großen Zahl von Süßwasseralgeln hingewiesen. Mehr als bloße Vermuthungen hatte man damit freilich noch nicht. Da bewies 1854 Thuret durch Experimente, daß bei der Gattung Fucus die großen Eizellen von sehr kleinen schwärmenden Spermatozoiden befruchtet werden müssen, um die Keimung einzuleiten; beiderlei Organe ließen sich hier in Menge gesondert sammeln, und nach Belieben zur Befruchtung zusammenbringen; Thuret erzielte auf diese Weise sogar Bastardbefruchtung. Pringsheim



beobachtete 1855 zuerst die Bildung der Spermatozoiden in den Hörnchen der *Vaucheria* und constatirte, daß ohne das Herantreten derselben an die Eizelle eine entwicklungsfähige, sogenannte Dospore nicht gebildet wird. Zugleich fügte er den Angaben Thuret's noch die sehr wichtige hinzu, daß in dem schon von einer Haut umgebenen befruchteten *Fucus*-Ei an der Oberfläche der Inhaltsmasse die Reste von Spermatozoiden zu erkennen seien. Ziemlich gleichzeitig veröffentlichte Cohn seine Beobachtungen über *Sphaeroplea annulina*, wo er ebenfalls das Herantreten von Spermatozoiden an die Eizellen constatirte, welche in Folge dessen, wie bei *Fucus* und *Vaucheria*, sich zunächst mit einer Zellhaut umkleiden und zu weiterer Entwicklung befähigt werden.

Noch immer aber war die entscheidende Beobachtung nicht gemacht, noch Niemand hatte gesehen, wie die beiden Befruchtungselemente im Augenblick der Befruchtung sich verhalten. Dieß gelang Pringsheim 1856 bei einer der gemeinsten Süßwasseralgeln, dem *Oedogonium*. Hier sah er das bewegliche Spermatozoid mit der protoplasmatischen Substanz der Eizelle zunächst in Berührung treten, dann aber in dieselbe eindringen und mit ihr verschmelzend zerfließen. Es war so die erste Beobachtung gemacht, welche mit Bestimmtheit zeigte, daß eine wirkliche Vermischung der männlichen und weiblichen Befruchtungselemente stattfindet und noch in demselben Jahr wurde diese wichtige Thatsache auch von De Bary bestätigt.

War nun einmal festgestellt, daß die Befruchtung der Kryptogamen in einer Verschmelzung zweier nackter Protoplasma Körper, des Spermatozoids und der Eizelle besteht, so konnte man folgerichtig auch die Conjugation der Spirogyren, überhaupt der Conjugaten nunmehr als einen Befruchtungsakt auffassen, nur daß hier die beiden Befruchtungselemente nicht von verschiedener Größe und Gestalt, sondern von gleichem Aussehen sind. Zu dieser Schlussfolgerung gelangte De Bary 1858 in seiner Monographie der Conjugaten. Für die Theorie der Sexualität war diese Erweiterung des Begriffs Befruchtung auch auf solche Fälle, wo die verschmelzenden Zellen äußerlich gleichartig zu

sein scheinen, von besonderem Werth, wie sich erst im Verfolg zeigte, wo man noch eine Reihe anderer Befruchtungsformen kennen lernte, die eine noch stärkere Erweiterung des Begriffes der Sexualität nöthig machten. Noch 1858 entdeckte Pringsheim bei einer anderen Algengruppe, den Saprolegnieen, Befruchtungsapparate, welche wenigstens in ihrem äußeren Ansehen von den bisher bei niederen Pflanzen bekannten weit abwichen.

So waren in den fünfziger Jahren eine Reihe grundlegender Thatfachen gewonnen, an welche sich im Verlauf der nächsten Jahre zahlreiche andere bestätigend und erweiternd angeschlossen. Es gehört nicht mehr zu der hier verfolgten Aufgabe, die zahlreichen, nach 1860 auf diesem Gebiet gemachten Entdeckungen vorzuführen; nur darauf sei hingewiesen, daß im Lauf der sechziger Jahre die Befruchtungsvorgänge auch bei den Florideen von Thuret und Bornet, vor Allem aber auch bei den Pilzen von De Bary und seinen Schülern in zum Theil sehr sonderbaren Formen beobachtet worden sind. So daß nunmehr über die allgemeine Verbreitung der Sexualität auch bei den Thallophyten kein Zweifel mehr herrscht, wenn auch immerhin die Frage noch offen bleibt, ob nicht doch vielleicht einige der aller-einfachsten und kleinsten Gewächse derselben entbehren.

Eines der wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen liegt offenbar in der auffallenden Aehnlichkeit vieler Befruchtungsvorgänge bei Kryptogamen mit denen der niederen Thiere; auch hier bestätigte sich wieder, was die neueren zoologischen und botanischen Forschungen vielfach anderweitig ergeben haben, daß die Aehnlichkeiten zwischen Pflanzen- und Thierreich um so deutlicher hervortreten, je mehr man beide in ihren einfachsten Bildungsstufen vergleicht, ein deutlicher Hinweis darauf, daß beide Reiche im Sinne der Descendenztheorie sich aus gemeinsamen gleichartigen Anfängen hervorgebildet haben. Was aber die wahre Natur der Befruchtung selbst betrifft, welche bei Thieren und Pflanzen offenbar in der Hauptsache übereinstimmt, so läßt sich auch jetzt noch nicht mehr sagen, als daß es auf alle Fälle

auf eine materielle Vermischung des Inhalts zweier Zellen ankommt, deren jede für sich einer weiteren Entwicklung nicht fähig ist, während das Vermischungsproduct nicht nur im Stande ist, sich weiter zu entwickeln, sondern auch die Eigenschaften der beiden älterlichen Formen in sich vereinigt und bei der weiteren Entwicklung wiederholt. Daß es dabei nicht auf die Verschmelzung zweier geformter Körper ankommt, daß vielmehr wenigstens die männliche befruchtende Substanz eine flüssige sein kann, scheint aus dem Verhalten der Phanerogamen mit Bestimmtheit hervorzugehen und Nichts hindert die Annahme, daß auch bei den Kryptogamen die Gestalt der befruchtenden Elemente für den Sexualact selbst gleichgültig ist, wenn immerhin auch die Form und Beweglichkeit derselben zur Uebertragung der befruchtenden Substanz auf die zu befruchtende nothwendig ist.