

18. Über einige Beziehungen zwischen Wachstum und Temperatur. — Ber. der Deutschen Bot. Ges., VIII, 1890, S. 61—94.
19. ASKENASY und F. FÖRSTER, Beiträge zur badischen Algenflora. — Mitth. des bad. bot. Ver., 1892, No. 101, S. 1—4.
20. Über einige australische Meeresalgen. — Flora, Bd. 78, 1894, S. 7—18, Taf. I—IV.
21. Über das Saftsteigen. — Verh. des naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N. F., Bd. V, S. 325—345, ausgegeben am 12. Februar 1895.
22. Beiträge zur Erklärung des Saftsteigens. — Verh. des naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N. F., Bd. V, S. 429—448, ausgegeben am 30. April 1896.
23. Énumération des Algues des îles du Cap vert. — Bol. Soc. Broteriana, XIII, 1896, p. 1—26.
24. ASKENASY und W. SCHMIDLE, Algologische Notizen, No. VII. — Allgem. bot. Zeitschr. für Systematik usw., 1897, S. 2—3.
25. Kapillaritätsversuche an einem System dünner Platten. — Verh. des naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N. F. Bd. VI. S. 381—411, ausgegeben am 30. November 1900.

Mitteilungen.

I. M. Koernicke: Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung¹⁾.

Eingegangen im Oktober 1903.

Wohl auf keinem Gebiet der Botanik ist in den letzten Jahren mehr gearbeitet worden, als auf dem der Zellenlehre, die unter dem Namen der Cytologie schon eine Wissenschaft für sich geworden ist. Die Literatur hierüber schwillt von Jahr zu Jahr derart an, dass für denjenigen Botaniker, der sich nicht direkt mit dem Gegenstand befasst, ihre Bewältigung ausgeschlossen ist. Diese Fülle des Materials liess es mir auch geboten erscheinen, meinen Bericht möglichst auf einen Teil der Aufgabe und zwar auf den morphologischen zu beschränken²⁾.

1) Zum Teil vorgetragen auf der Generalversammlung der Deutschen Botanischen Gesellschaft am 22. September 1903.

2) Über den physiologischen Wert der einzelnen Zellbestandteile und die darüber erschienenen Arbeiten geben in vortrefflichster Weise PFEFFER's Pflanzenphysiologie,

Gefördert, ja zum Teil unmittelbar veranlasst, wurde der Arbeitseifer auf dem Gebiet der Cytologie durch den gewaltigen Aufschwung, den die Technik bei der Behandlung der Präparate nahm. Besonders der Einführung des Mikrotom- und feineren Färbeverfahrens in die botanische Mikrotechnik sind die meisten Errungenschaften zu danken, die in den letzten Jahren in der Cytologie gezeitigt worden sind.

Wohl hat sich mancher Widerspruch gegen die Anwendung der mikrotechnischen Hilfsmittel erhoben. Im besonderen ist von ALFRED FISCHER scharfe Kritik an den gebräuchlichen Fixierungs- und Färbemethoden geübt worden, und trotz der in manchen Punkten übermässigen Schärfe dieser Kritik¹⁾, bleibt das Buch FISCHER's: Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas²⁾ schon aus dem Grunde von grossem Wert für den Cytologen, weil es ihn zu fortwährender Selbstkritik anhält. Dabei sind aber die mikrotechnischen Methoden als Hilfsmittel beim Eindringen in die feinen Details der cytologischen Objekte nicht zu unterschätzen, und das allzu skeptische Verhalten FISCHER's den mit ihrer Hilfe erzielten Forschungsergebnissen gegenüber erscheint kaum als berechtigt, wenn man die Art und Weise in Betracht zieht, auf welche ein gewissenhafter Zellforscher zu seinen Resultaten kommt. Wenn irgend möglich, stellt er seine Untersuchungen zunächst am lebenden Objekt an und vervollständigt sie durch die Beobachtungen an fixiertem und gefärbtem Material. Allerdings kann er in der Mehrzahl der Fälle nur aus letzterem ein Urteil fällen; da hilft ihm jedoch der kritische Vergleich zwischen den Bildern, die er von ein und demselben Objekt nach den verschiedensten Fixierungen³⁾ und Färbungen erhielt. Erst wenn sich dabei Übereinstimmungen zeigten, wenn ihm ferner noch bei anderen ebenso behandelten Objekten Bilder entgegentraten, die den vorher gewonnenen gleichen, dann zieht er seine Schlüsse.

Das Cytoplasma.

Am ehesten Berechtigung hat die FISCHER'sche Kritik in der Frage nach dem Bau des **Cytoplasmas**. Hier ist, wie auch STRAS-

II. Aufl., und HABERLANDT's Physiologische Pflanzenanatomie, II. Aufl., Aufschluss. Eine dankenswerte Zusammenfassung unserer Kenntnisse über die Zellchemie gibt W. MAGNUS in dem entsprechenden Artikel der Encyclopädie der mikroskopischen Technik, Bd. II, 1903, S. 1365 ff.

1) Vgl. hierzu u. a. M. HEIDENHAIN, Über chemische Umsetzungen zwischen Eiweisskörpern und Anilinfarben. Arch. für die gesamte Physiol., Bd. XC, 1902, S. 116 ff.

2) Jena, bei GUST. FISCHER, 1899.

3) Vgl. über die Brauchbarkeit der Fixierungsmittel neben dem citierten Werk von ALFR. FISCHER auch W. v. WASIELEWSKI, Über Fixierungsflüssigkeiten in der botanischen Mikrotechnik. Zeitschr. für wiss. Mikroskopie, Bd. XVI, 1899, S. 303.

BURGER zugibt¹⁾, dessen diesbezüglicher Standpunkt heute von den meisten Botanikern geteilt wird, „die Grenze zwischen vorgebildeter Struktur und Artefact besonders schwer zu ziehen. In dem Cytoplasma werden ganz besonders Fällungen aus vorhandenen Eiweisslösungen eine Rolle spielen und oft Gerinnungsbilder liefern, die kaum von den vorgebildeten Strukturen zu unterscheiden sind“. STRASBURGER wird aber durch seine und die Untersuchungen anderer bestimmt, daran festzuhalten, dass das Cytoplasma aus Filar- oder Kinoplasma und Alveolar- oder Trophoplasma aufgebaut wird, und dass beide als besondere Bestandteile des Cytoplasmas zu gelten haben²⁾.

Besonders die cytologischen Studien aus dem Bonner botanischen Institut³⁾ waren es, in welchen diese Verhältnisse klargelegt wurden.

Das Kinoplasma ist es, welches besonders bei der Kern- und Zellteilung aktiv eingreift. In seinem aktiven Zustand besitzt es fädige Struktur (Filarplasma). Es sollen die Fasern aus körnigen Kinoplasmaansammlungen hervorgehen⁴⁾. Nach MOTTIER⁵⁾ soll das Kinoplasma auch in Form eines feinen Netzwerks oder auch als homogene Flüssigkeit auftreten. Das übrige Plasma, Trophoplasma oder Nährplasma, verhält sich bei den Teilungsvorgängen passiv. Es besitzt Wabenbau (Alveolarplasma) und zeichnet sich durch seinen Reichtum an Körnchen und metaplasmatischen Einschlüssen aus⁶⁾. Präparate, die nach dem FLEMMING'schen Dreifarbenverfahren mit Safranin-Gentianviolett-Orange G tingiert werden, zeigen die kinoplasmatischen Bestandteile der Zelle, im Gegensatz zu den bräunlich erscheinenden trophoplasmatischen, blau bis violett gefärbt.

Kinoplasmatischer Natur sind nach STRASBURGER die Hautschicht, die Spindelfasern, ferner die Plasmastrahlungen um die Centrosomen und auch wohl diese selbst, die Cilien, schliesslich die Kernwand, während die übrigen cytoplasmatischen Teile der Zelle aus Trophoplasma bestehen; so gehören die Wände der Vacuolen dem Trophoplasma an, gehen doch die Vacuolen aus Waben des Alveolarplasma hervor, welche sich vergrössern, abrunden und zur Bildung grösserer Safräume mit einander verschmelzen⁷⁾.

1) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich. Histolog. Beitr., Heft VI, 1900, S. 8.

2) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 144, 155.

3) Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX. 1897, S. 155 ff.

4) Vgl. BRADLEY MOORE DAVIS, Nuclear Studies on *Pellia*. Ann. of Bot., Vol. XV, 1901, S. 170, 171.

5) D. M. MOTTIER, Nuclear and cell division in *Dictyota dichotoma*. Ann. of Bot., Vol. XIV, 1900, S. 163 ff.

6) E. STRASBURGER, Die pflanzlichen Zellhäute. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 516 ff.

7) Lehrbuch der Botanik von STRASBURGER, NOLL, SCHENCK, KARSTEN, VI. Aufl., S. 52. — E. STRASBURGER, Die pflanzlichen Zellhäute. Jahrb. für wiss.

Durch die Versuche von CHARLES F. HOTTES¹⁾ und FR. R. SCHRAMMEN²⁾ wurde erwiesen, dass die Bildung von Kinoplasma durch hohe Temperaturen gefördert wird, bei abnorm niederen Temperaturen eine Hemmung erfährt, und dass diese Hemmung in deutlichster Weise sich zugleich auch in einem Zurücktreten der Spindelbildung sowie der Ausgestaltung von Kernwandungen und Hautschichten offenbart, also an allen jenen Bildungen bemerkbar macht, die STRASBURGER auf Grund anderweitiger Erfahrung für kinoplasmatisch erklärte³⁾.

Besonders skeptisch der Kinoplasmatheorie gegenüber verhält sich E. ZACHARIAS⁴⁾, der zumal das Vorhandensein von Spindelfasern auf Grund seiner und anderer Forscher an lebendem Material gemachten Beobachtungen bezweifelt und damit auch bestreitet, dass die Kern- und Zellteilungstheorien, die mit ziehenden und schiebenden Fasern rechnen, eine gesicherte Grundlage haben. BOVERI⁵⁾ wandte sich gegen ihn mit der Angabe, „dass die an den Chromosomen ziehenden Fasern an manchen tierischen Objekten im Leben sichtbar seien, dass die Nichtsichtbarkeit im Leben kein Argument gegen ihre reale Existenz sei, und dass die an fixierten Objekten beobachteten Verhältnisse auf das vollkommenste der Annahme entsprechen, dass die Schwesterchromosomen mittelst der Fasern auseinandergezogen werden.“ Vielleicht werden sich bei entsprechenden Untersuchungen auch botanische Objekte finden lassen, bei welchen die Spindelfasern in der lebenden Zelle sichtbar sind. Weisen doch u. a. die Beobachtungen von LAUTERBORN⁶⁾ an Diatomeen, von SWINGLE⁷⁾ an Sphacelariaceen darauf hin, nach welchen kinoplasmatische Strahlungsfäden deutlich im lebenden Material zu erkennen waren. Erwähnt sei auch die Mitteilung von M. HEIDENHAIN, der im Cytoplasma der

Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 521 ff. — A. C. HOF, Histologische Studien an Vegetationspunkten. Bot. Centralbl., Bd. LXXVI, 1898, S. 116.

1) In E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 143.

2) FR. ROL. SCHRAMMEN, Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia Faba*. Verh. des naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande. Jahrg. LIX, 1902, 1. Hälfte, S. 49.

3) Vgl. E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 143, 144.

4) Vortrag über Kinoplasma gehalten auf der Hamburg. Naturforscherversamml., 1901. Bericht in der Naturw. Rundschau 1901, S. 653, und Ber. der Deutschen Bot. Ges., Bd. XXI, 1903, S. 298.

5) Bericht über die Hamburger Naturforscherversamml. in Naturw. Rundschau, 1901, S. 653.

6) R. LAUTERBORN, Untersuchungen über Bau, Kernteilung und Bewegung der Diatomeen. Leipzig bei W. ENGELMANN, 1896, S. 67, und a. a. O.

7) W. SWINGLE, Zur Kenntnis der Kern- und Zellteilung bei den Sphacelariaceen, Cytologische Studien usw., Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, S. 333. — Auch NÄGELI hatte schon im Jahre 1844 die vom Kern ausstrahlenden Plasmafäden im lebenden Material erkannt und beschrieben. Zeitschr. für wiss. Bot. von M. J. SCHLEIDEN und C. NÄGELI, Bd. I, S. 74.

Kürbishaare schon im lebenden Zustande Waben und fibrilläre Bildungen erkennt¹⁾ und ebenfalls sei hingewiesen auf die Figuren DEMOOR's²⁾ und DE WILDEMAN's³⁾, welche in den nach dem Leben gezeichneten Kernteilungsstadien von *Tradescantia*-Haaren Fasern abbilden, wobei dahingestellt sein mag, ob die Bilder nach irgendwie alterierten Objekten hergestellt wurden. Zeigten sich doch auch STRASBURGER⁴⁾ erst dann an den im Leben studierten Teilungsbildern der Endospermkerne von *Monotropa* die Spindelfasern und Verbindungsfäden, als die Untersuchungsobjekte abzusterven begannen.

STRASBURGER hatte sich zu diesem Punkte im Anschluss an die FISCHER'sche Kritik folgendermassen geäußert⁵⁾: „Dass Spindelfasern . . . an sich Artefakte seien, lässt sich heute nicht mehr annehmen . . . Eine Frage der vergleichenden Untersuchung ist es aber, zu entscheiden, wie weit diese Spindelfasern . . . durch ein bestimmtes Fixierungsmittel deformiert worden sind. An der Realität bestimmter Teilungsbilder ist nicht zu zweifeln, wenn man sie mit Konstanz wiederkehren sieht, wenn man ihnen andererseits in ganz abweichender Form, doch wiederum mit zäher Übereinstimmung an anderen Objekten begegnet. Sicher können es doch nicht Wirkungen von Fällungen sein, die uns die Kernteilungen bei den Protozoën und niederen Gewächsen in ganz anderer Ausbildung als bei den höher organisierten Tieren und Pflanzen entgegenführen.“ Diese Ansicht wird denn auch heute von den meisten auf cytologischem Gebiet arbeitenden Botanikern geteilt, und so gelten die Spindelfasern als wirklich vorgebildete und nicht durch Fixierungsmittel hervorgerufene Strukturen.

In seinem schon mehrfach zitierten verdienstvollen Werk „Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich“ geht STRASBURGER auch auf die Beziehungen zwischen Kinoplasma und Nukleolarsubstanz ein⁶⁾. Aus seinen Untersuchungen⁷⁾ ergab sich mit grosser Gewissheit, dass das Kinoplasma aus der Nukleolarsubstanz nach Bedarf schöpft und dass

1) M. HEIDENHAIN, Einiges über die sogenannten Protoplasmaströmungen. Sitzungsber. der phys. med. Gesellschaft zu Würzburg, 1897, Sep.-Abdr., S. 13.

2) DEMOOR, Contribution à l'étude de la Physiologie de la cellule. Arch. de Biol., 1894, Taf. 13.

3) DE WILDEMAN, Recherches au sujet de l'influence de la température sur la Caryocinèse. Extr. du journ. publ. par la soc. royale des sc. méd. et nat. de Bruxelles 1891.

4) E. STRASBURGER, Einige Bemerkungen zur Frage nach der doppelten Befruchtung bei den Angiospermen. Bot. Zeitg., 58. Jahrg, Sp. 299.

5) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung u. s. w., S. 7.

6) l. c., S. 124ff.

7) Ebenda, vgl. auch die früheren Mitteilungen in „Karyokinetische Probleme“. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXVIII, 1895, S. 167.

durch deren Aufnahme seine Tätigkeit erhöht wird. Entsprechende Angaben NĚMEC's¹⁾, ferner die Versuche von C. F. HOTTES²⁾ bestätigen diese Annahme während V. HAECKER³⁾ Zweifel gegen diese Rolle, welche der Nukleolarsubstanz hier zugeschrieben wird, äussert, indem er auf die Nukleolarmassen hindeutet, die bei manchen Objekten während der Kernteilung im Cytoplasma liegen bleiben, also nicht bei der Spindelbildung aufgebraucht werden. STRASBURGER entgegnete ihm auf Grund seiner Beobachtungen an Objekten mit extranuklearen Nukleolen⁴⁾, dass bei Überschuss von Nukleolarsubstanz nicht ihre Gesamtmasse zur Spindelbildung verwendet zu werden braucht⁵⁾.

Was die Art und Weise der **Spindelbildung** angeht, so liegen hierüber eine grosse Anzahl von Untersuchungen vor. Nachdem GUIGNARD⁶⁾ im Jahre 1891 die Spindelbildung besonders an Pollen- und Embryosackmutterzellen von *Lilium Martagon* fälschlich als von Centrosomen ausgehend geschildert hatte, war es zunächst BELAJEFF⁷⁾, der durch einen im Jahre 1894 erschienenen wertvollen Beitrag unsere Kenntnisse über diesen Punkt wesentlich förderte. Er schilderte die Karyokinese in den Pollenmutterzellen von *Larix* und verschiedenen *Liliaceen*, bei welcher Gelegenheit er besonders die schon früher von STRASBURGER und anderen Forschern erwähnten, mehrpoligen Spindeln beschreibt und die Vermutung ausspricht, dass diese Bildungen Entwicklungsstadien der zweipoligen Spindeln seien, eine Vermutung, die sich, wie das Weitere zeigt, als richtig herausstellte. FARMER⁸⁾, der sich gegen die Angaben von GUIGNARD wandte, und STRASBURGER⁹⁾ folgten mit ihren Untersuchungen vorwiegend an Pollenmutterzellen von *Lilium* und *Larix*. In besonders hervorragender Weise jedoch wurden unsere Kenntnisse gefördert durch die schon erwähnten Cytologischen Studien aus dem Bonner botanischen In-

1) B. NĚMEC, Cytologische Untersuchungen an Vegetationspunkten der Pflanzen. Věstník král. České společnosti nauk, XXXIII, 1897, S. 25. Derselbe, Zur Physiologie der Kern- und Zellteilung, Bot. Centralbl., Bd. LXXVII, 1899, S. 251. Ferner Derselbe, in Sitzungsber. der böhm. Gesellsch. der Wiss. 1899, Bd. XII, S. 8.

2) Vgl. in E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung u. s. w., S. 130.

3) VAL. HAECKER, Biol. Centralbl., Bd. XVII, 1897, S. 703, 704. Derselbe auch in „Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre“, 1899, S. 105 ff.

4) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung u. s. w., S. 129, 130.

5) Über die Nucleolen, vgl. im übrigen S. (110) ff.

6) L. GUIGNARD, Nouvelles études sur la fécondation. Annales des sc. natur. Botanique, 7. sér., T. XIV, 1891, S. 163 ff.

7) WL. BELAJEFF, Zur Kenntnis der Karyokinese bei den Pflanzen. Flora, Ergänzungsband 1894, S. 430.

8) BR. J. FARMER, Über Kernteilung in *Lilium*-Antheren, besonders in bezug auf die Centrosomenfrage. Flora, Bd. LXXX, 1895, S. 56.

9) E. STRASBURGER, Karyokinetische Probleme, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXVIII, 1895, S. 151.

stitut¹⁾. An centrosomenlosem und centrosomenführendem Material wurden die Untersuchungen angestellt, und zwar waren es hauptsächlich die relativ grossen Pollen- und Sporenmutterzellen, welche zur Erforschung des Gegenstandes reizten. So untersuchte OSTERHOUT die Sporenmutterzellen von *Equisetum*, MOTTIER die Pollenmutterzellen von *Helleborus foetidus*, *Podophyllum peltatum*, *Lilium Martagon*, *Lilium candidum*, *Lilium umbellatum*, *Fritillaria persica* und zum Vergleich mit den Gymnospermen die Pollenmutterzellen von *Pinus Laricio*; JUEL wählte die Pollenmutterzellen von *Hemerocallis fulva* zur Untersuchung, HARPER die Asci von *Ersyiphe communis* und *Peziza Stevensoniana*, FAIRCHILD die Conidien und Zygosporien von *Basidiobolus ranarum*, STRASBURGER die Oogonien von *Fucus platycarpus*, *Fucus serratus* und *Fucus vesiculosus*. DEBSKI's Untersuchungen erstreckten sich auf die Spermatozoiden-Mutterzellen von *Chara fragilis*, auch auf die vegetativen Zellen dieser Pflanze, und SWINGLE wandte sich bei seinen Studien an Sphacelariaceen ausschliesslich den vegetativen Zellen zu. Die Ergebnisse, welche diese Forscher bezüglich der Spindelbildung zu Tage förderten, sind bestimmend für unsere heutige Auffassung über diesen Gegenstand geworden. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Um den Kern, dessen Wandung, wie man mit STRASBURGER annimmt, aus Hautschicht (Kinoplasma) besteht, bildet sich in Sporen- oder Pollenmutterzellen ein Faserfilz von Kinoplasma aus, welcher durch zarte Fäden mit der äusseren Hautschicht der Zelle in Verbindung steht. Allmählich ordnen sich in diesem Filz eine Anzahl Fasern zu Polen an, die zum Teil die Hautschicht erreichen, zum Teil frei im Cytoplasma endigen. Neue Pole treten hinzu, sodass wir einen multipolaren Kinoplasmakörper vor uns haben. Unterdes hat sich die Kernwand aufgelöst, die Fasern sind in die Kernhöhle hineingedrungen und haben sich zum Teil an die aus dem Kernfaden herausgesonderten Chromosomen angesetzt (Zugfasern), zum Teil trafen sie mit solchen, die von entgegengesetzter Seite kamen, zusammen und verschmolzen zu fortlaufenden Fäden (Stützfäsern). Mit fortschreitender Ausbildung der Spindelfigur schwindet der Nucleolus. Einige der zahlreichen Pole werden nunmehr eingezogen, andere treten zusammen derart, dass sie sich an zwei gegenüberliegenden Seiten des Kerns zu je einem Pol vereinigen, wodurch die typische zweipolige Spindelfigur erreicht wird. Die Pole der fertigen Spindel sind in vielen Fällen an der Hautschicht befestigt, anderenfalls erscheint die Spindel durch zahlreiche Kinoplasmafäsern an ihr suspendiert.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass sich öfters auch

1) Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 155.

innerhalb der Kernhöhle ein Faserwerk ausbildet, welches nach Auflösung der Kernwand mit den extranuclear entstandenen Fasern vereint den Spindelkörper aufbaut, dass ferner in verschiedenen Fällen die Spindel vollkommen intranuclear entstehen kann¹⁾.

Vollkommen extranuclear entsteht nach DENKE die Spindel bei der Teilung der Mikrosporen von *Selaginella*²⁾. Hier rückt der Kern vor Beginn der Spindelbildung in die Nähe der Wand. In der neben ihm liegenden Cytoplasmapartie treten Kinoplasmafäden auf, die zunächst wirr durcheinander verlaufen, sich alsbald aber zu einer kleinen bipolaren Spindel mit wohl ausgebildeten Polen anordnen. Die Spindel nimmt an Grösse zu, bis ihre Pole fast die Peripherie der Zelle erreichen; von den Polen nach der Kernwand werden nunmehr feine Kinoplasmafäsern ausgesandt, die sich dort festsetzen, sich verkürzen und den Kern so in die Spindel hineinziehen. Erst nachdem der Kern vollständig in die Spindel hineingezogen ist, löst sich die Kernwand auf, von den Polen aus dringen die Spindelfasern in die Kernhöhle ein.

In zahlreichen Arbeiten wurden weiterhin noch die Details bei der Spindelbildung in Sporen-, Pollen- und Embryosackmutterzellen erforscht. Dass in letzteren die Spindelbildung in derselben Weise von statten geht, wie in den Pollenmutterzellen, lehrten vor allem die diesbezüglichen Arbeiten von MOTTIER³⁾ und SCHNIEWIND-THIES⁴⁾. Eine wertvolle Zusammenstellung der neueren und neuesten Literatur über dieses Gebiet findet sich in dem kürzlich erschienenen Werk von COULTER und CHAMBERLAIN⁵⁾, *Morphology of Angiosperms*, vor, auf welche ich hier verweisen möchte, ferner in der letzten Arbeit von LAWSON⁶⁾.

Auders, wie in den eben geschilderten Fällen geht die Spindelbildung bei solchen Objekten vor sich, deren Zellen individualisierte Centrosomen führen. Über diese Art der Spindelbildung

1) Vergl. hierzu u. a. WL. BELAJEFF, l. c. S. 437; E. STRASBURGER, *Karyokinetische Probleme*, S. 169; E. STRASBURGER, *Über Reduktionsteilung usw.*, S. 125; M. KOERNICKE, *Studien an Embryosackmutterzellen*. Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch., Bonn 1901, S. 3 des Sep.-Abdr.

2) P. DENKE, *Sporentwicklung bei Selaginella*. Beihefte zum Bot. Centralbl., Bd. XII, Heft 2, S. 187, 188.

3) D. M. MOTTIER, *Über das Verhalten der Kerne bei der Entwicklung des Embryosacks und die Vorgänge bei der Befruchtung*. Jahrb. für wiss. Botanik, Bd. XXXI, 1898, S. 125 ff.

4) J. SCHNIEWIND-THIES, *Die Reduktion der Chromosomenzahl und die ihr folgenden Kernteilungen in den Embryosackmutterzellen der Angiospermen*. Jena, GUST. FISCHER 1901.

5) J. M. COULTER and CH. J. CHAMBERLAIN. New-York, D. APPLETON and Co., 1903, S. 139 ff. und 114 ff.

6) ANSTRUTHER A. LAWSON, *Studies in Spindle formation*. Botan. Gazette, Vol. XXXVI, August 1903, S. 97.

belehrt uns der von STRASBURGER in den cytologischen Studien geschilderte Fall von *Fucus*¹⁾. Die Kernteilung wird hier eingeleitet durch eine Teilung des zunächst in Einzahl dicht am Kern befindlichen Centrosoms; die beiden Hälften rücken auseinander, bis sie zwei entgegengesetzte Punkte des Kerns erreicht haben. Dabei bildet sich um sie eine aus Kinoplasmafäsern bestehende Strahlung aus, die Astrosphäre. An den Stellen, wo die Centrosomen liegen, schwindet die Kernmembran, und es treten Spindelfasern in der Kernhöhle auf, die von Centrosom zu Centrosom sich fortsetzen. Nach und nach schwand dabei die Kernwand vollständig. Die fertige Spindel gleicht, abgesehen von dem an jedem Pol befindlichen, mit Kinoplasmastrahlung umgebenen Centrosom, den zweipoligen centrosomlosen Spindeln.

Ähnlich, mit nur unwesentlichen Abweichungen, vollzieht sich die Spindelbildung bei Kernen, die keine scharf umgrenzten individualisierten Centrosomen führen, sondern einfache kinoplasmatische Ansammlungen ohne zentralen Körper besitzen, wie bei den Kernteilungsbildern im Askus nach HARPER²⁾, ferner in den Tetrasporenmutterzellen von *Corallina* nach BRADLEY MOORE DAVIS³⁾, in den keimenden Sporen von *Pellia* nach demselben Forscher⁴⁾ und nach CHAMBERLAIN⁵⁾.

Bei der Teilung von centrosomführenden Kernen vegetativer Zellen⁶⁾ kommt die Spindel in wesentlich gleicher Weise zustande, wie in den centrosomführenden „reproduktiven“ Zellen. Was die centrosomlosen Kerne vegetativer Gewebeelemente der höheren Pflanzen betrifft, so glaubte NĚMEC⁷⁾ in der Art der Spindelbildung einen Unterschied zwischen ihrer Teilung und derjenigen der „reproduktiven“ Zellen gefunden zu haben. Er fand die Anlage der Kernspindel in den Sporen- und Pollenmutterzellen multipolar, in den vegetativen Zellen derselben Pflanzen bipolar. MOTTIER hatte

1) E. STRASBURGER, Kernteilung und Befruchtung bei *Fucus*. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 351 ff. — Vergl. auch D. M. MOTTIER, Nuclear and Cell Division in *Dictyota dichotoma*. Ann. of Bot., Vol. XIV, 1900, S. 163.

2) R. HARPER, Kernteilung und freie Zellbildung im Ascus. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 249 ff.

3) BR. M. DAVIS, Kernteilung in der Tetrasporenmutterzelle bei *Corallina officinalis* L. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XVI, 1898, S. 266 ff.

4) BR. M. DAVIS, Nuclear Studies on *Pellia*. Annals of Botany, Vol. XV, 1901, S. 147 ff.

5) CH. J. CHAMBERLAIN, Mitosis in *Pellia*. Bot. Gazette, Vol. XXXVI, 1903, S. 28 ff.

6) Vergl. u. a. WALTER T. SWINGLE, Zur Kenntnis der Kern- und Zellteilung bei den Sphacelariaceen. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 315 ff.

7) Vergl. die Literaturzusammenstellung in E. STRASBURGER, Über Reduktions- teilung usw., S. 112.

dagegen auch in vegetativen Zellen multipolare Spindeln gefunden¹⁾. Der hierdurch gegebene Gegensatz ist jedoch, wie STRASBURGER gelegentlich einer Besprechung dieser Verhältnisse ausführte²⁾, nur scheinbar. NĚMEC's Angaben liessen sich mit denen MOTTIER's vereinigen, da die Extreme durch Zwischenglieder verbunden seien.

In Anknüpfung an die Arbeit HOF's³⁾, der sich im Bonner Institut besonders in Rücksicht auf die Spindelbildung mit der Untersuchung der Kernteilung in den Meristemen der höheren Pflanzen beschäftigt hatte, gibt STRASBURGER eine eingehende Schilderung der Spindelbildung in vegetativen Zellen dieser Pflanzen⁴⁾, deren Inhalt dem heutigen Stand unseres Wissens in dieser Frage entspricht und die ungefähr in folgenden Worten wiedergegeben sein mag.

Bei Beginn der Kernteilung, kurz bevor der Kernfaden sich segmentiert, umgibt sich der Kern mit einer dünnen Lage von feinfaserigem Kinoplasma. Diese Kinoplasmahülle wird nun von den beiden zukünftigen Polflächen kappenförmig abgehoben, indem sich zwischen ihr und der Kernwandung eine kernsaftähnliche Flüssigkeit sammelt. An den Polflächen erscheint die Hülle stärker als am Äquator. In ähnlicher Weise, wie in anderen Fällen die Spindelfasern in die mit Kernsaft erfüllte Kernhöhle eindringen und fortwachsen, treten allmählich von der Kinoplasmahülle Fasern in die safterfüllten Kappenräume hinein, welche alsbald die Kernwand erreichen und eine extranucleare Spindelanlage darstellen. Währenddessen strecken sich die Kappen in die Länge und spitzen sich gleichzeitig zu. Die an Zahl zunehmenden Fasern konvergieren nach den Polen und treffen dort meist zusammen. Sie können aber auch längere Zeit an ihrem Polende getrennt bleiben, bezw. nicht in einem Punkte, sondern in mehreren Punkten zusammenschliessen. Dann wird das Kernkörperchen aufgelöst, die Kernwand schwindet und zwar zunächst an den nach den Polen zu gelegenen Seiten, worauf die Spindelfasern in die Kernhöhle hineinwachsen. Dort setzen sie entweder an die Chromosomen an und bilden so die Zugfasern,

1) D. M. MOTTIER, Über das Verhalten der Kerne bei der Entwicklung des Embryosacks und die Vorgänge bei der Befruchtung. Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 154.

2) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 113.

3) A. C. HOF, Histologische Untersuchungen an Vegetationspunkten. Botan. Centralbl., Bd. LXXVI, 1898, S. 65.

4) Es sei hierbei noch auf folgende Arbeiten hingewiesen: F. ROSEN, Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenzelle. COHN's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. VII, 1896, S. 249, 250. — H. SCHAFFNER, Karyokinesis in the root tips of *Allium Cepa*. Botan. Gaz., Vol. XXVI, 1898, S. 225 ff. — E. L. FULMER, Cell division in Pine seedlings. Ebenda, S. 239 ff. — B. NĚMEC, Zur Physiologie der Kern- und Zellteilung. Bot. Centralbl., Bd. LXXVII, 1899, S. 244, 246.

oder treffen von entgegengesetzten Seiten kommend auf einander, um von einem Pol zum andern fortlaufende Fäden, die Stützfasern, zu bilden. Beide Arten von Fasern sind dabei, wie in pflanzlichen Kernteilungsfiguren zwischen einander verteilt, eine Unterscheidung von Mantelfasern und Centralfasern, wie sie NĚMEC¹⁾ macht, lässt STRASBURGER nicht gelten²⁾. —

In der geschilderten Weise verläuft die Kernteilung in den mit Plasma gefüllten, meristematischen Gewebszellen. In den plasmaarmen Zellen, die auch nur wenig Kinoplasma führen, ist nichts von dem Abheben der eben geschilderten Polkappen zu sehen, die Spindelanlage vollzieht sich vollkommen intranuklear³⁾.

NĚMEC⁴⁾ nennt die Art der Spindelbildung in den Meristemzellen bipolar, weil sie nicht, wie beim ersten Teilungsschritt der Sporen- und Pollenmutterzellen, allseitig um den Kern, sondern an zwei seiner gegenüberliegenden Seiten eintritt. STRASBURGER⁵⁾ hält ihm die soeben bei der Schilderung der Spindelbildung in vegetativen Zellen erwähnte Tatsache entgegen, dass man auch bei der auf zwei gegenüber liegende Seiten des Kerns beschränkten Spindelanlage in den Vegetationspunkten der Wurzeln getrennt an den Kinoplasmakappen endende Spindelbüschel beobachten kann, daher diese Anlagen zunächst multipolar sein können, um, wie die multipolar vielseitigen, schliesslich zur Bildung der zweipoligen Spindel zu führen. Er schlägt daher vor, zwischen multipolar polyarchen und multipolar diarchen Spindelanlagen zu unterscheiden, im Gegensatz zu den Spindelanlagen, welche auf Centrosomen zentriert sind, somit von Anfang an wirklich bipolar diarch sind.

Mit dem Fortschreiten unserer Kenntnisse über die Art der Spindelbildung sind auch die Kontroversen ihrer Lösung näher gerückt worden, welche betreffs der **Beförderung der Tochterchromosomen nach den Spindelpolen** bestanden. Während man früher auf botanischem Gebiet die Vermutung hegte, dass sämtliche Spindelfasern kontinuierlich von einem Pol zum andern verliefen und die Chromosomenhälften längs dieser Fasern den Polen zu glitten⁶⁾, wandte man sich, nachdem die Fortschritte der Technik einen tieferen Ein-

1) B. NĚMEC, Über die karyokinetische Kernteilung in der Wurzelspitze von *Allium Cepa*. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXIII, 1899, S. 324, 328.

2) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 115.

3) Ebenda, S. 118, 119.

4) B. NĚMEC, Über die Ausbildung der achromatischen Kernteilungsfigur im vegetativen und Fortpflanzungsgewebe der höheren Pflanzen. Botan. Centralbl. Bd. LXXIV, 1898, S. 3.

5) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 117, 118.

6) Vergl. hierzu E. STRASBURGER, Karyokinetische Probleme. Jahrb. für wiss. Botanik, Bd. XXVIII, S. 179 ff.

blick in die Verhältnisse gestattet hatte, der VAN BENEDEN'schen¹⁾ Vorstellung einer Beförderung der Tochterchromosomen nach den Polen durch sich kontrahierende Spindelfasern zu. Zur Klärung der Fragen trugen besonders BELAJEFF²⁾, GUIGNARD³⁾, STRASBURGER⁴⁾ und die meisten Verfasser der Cytologischen Studien⁵⁾ bei. Während ALFRED FISCHER⁶⁾ die Bewegung der Chromosomen, falls man ihnen nicht eigenes Bewegungsvermögen zuschreiben will, von den allverbreiteten Eigenschaften der Bewegung und des Wachstums des Protoplasmas, an dem auch der Kern teilnimmt, ableiten möchte, steht jetzt die weitaus grösste Zahl der botanischen Cytologen auf dem Standpunkt, dass die Chromosomen von den bei Beginn der Spindelbildung sich an sie festsetzenden und als Zugfasern bezeichneten Spindelfasern ergriffen und nach den Polen befördert werden. Dafür spricht besonders die Zahl der Zugfasern und die Art, in welcher sie an die Chromosomen ansetzen. Sie erfassen nämlich in Büscheln jedes Chromosom, und zwar getrennt zu dessen beiden Seiten. Während die Tochterchromosomen sich den Polen nähern, nehmen die Zugfasern an Länge ab, die den Polen zu liegenden Teile der Spindel nehmen jedoch an Dichte zu und erscheinen so dunkler, im Gegensatz zu der hellen, zunächst nur von den verhältnismässig wenigen, von Pol zu Pol verlaufenden Stützfasern durchsetzten, äquatorialen Partie. Eine Kontraktion der Spindelfasern, wie sie von der HAECKER'schen⁷⁾ „Muskelfadentheorie“ verlangt wird, wonach die Spindelfasern mit muskulösen Fibrillen zu vergleichen wären, und eine Verdichtung der Zugfasern, die ihrer Verkürzung entspräche, ist dabei nicht nachweisbar, wohl lässt sich jedoch die erwähnte Verdichtung der Spindelenden beim Nahen der Tochterchromosomen erkennen. STRASBURGER⁸⁾ nimmt daher an, dass die Verkürzung der Zugfasern auf Substanzabgabe aus ihnen beruht. „So wie diese Fasern bei ihrer Anlage Nukleolarsubstanz für

1) ED. VAN BENEDEN, *Recherches sur la maturation de l'oeuf, la fécondation et la division cellulaire*, 1883, S. 386. — Ferner ED. VAN BENEDEN et AD. NEYT, *Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitotique de l'Ascaride mégalocephale*. Bull. de l'Acad. de Belgique, 3. sér., T. XIV, 1887, Sep.-Abdr. S. 41.

2) WL. BELAJEFF, *Flora*, Bd. LXXIX, 1894, S. 433 ff.

3) L. GUIGNARD, *Nouvelles recherches sur le noyau cellulaire*. Ann. des sc. nat. Bot., 6. sér., T. XX, 1885, S. 335. — Ferner in *Nouvelles études sur la fécondation*. Ebenda, 7. sér., T. XIV, 1891, S. 185.

4) E. STRASBURGER, *Karyokinetische Probleme*, I. c. — Ferner in *Reduktionsteilung, Spindelbildung usw.*, S. 139 ff.

5) *Jahrb. für wiss. Bot.*, Bd. XXX, 1897, S. 155 ff.

6) *Fixierung, Färbung usw.*, S. 252 ff.

7) *Vergl. HAECKER, Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre*. Jena, GUST. FISCHER, 1899, S. 73.

8) E. STRASBURGER, *Reduktionsteilung usw.*, S. 142.

ihr Wachstum verwenden, so geben sie jetzt diese Substanz wieder ab und verkürzen sich damit gleichzeitig. Die aus den Zugfasern tretende, zwischen ihnen sich ansammelnde Nukleolarsubstanz bedingt die zunehmende Tingierbarkeit der polaren Spindelabschnitte, die aus diesem Grunde dichter erscheinen. Durch den Austritt von Nukleolarsubstanz aus den Zugfasern wird wohl auch die in manchen Fällen auf diesen Entwicklungsstadien beobachtete Bildung extranuklearer Nukleolen in der Nähe der Spindelpole zusammenhängen, dann auch das Auftreten färbbarer Substanzmassen zwischen den Stützfasern, die sich nach der Äquatorialebene der Teilungsfigur bewegen. Dort werden diese Substanzmassen weitere Verwendung für die Verbindungsfäden und die anzuliegende Hautschicht finden.“

Wenn die Tochterchromosomen die Pole erreicht haben, sieht man zahlreiche Kinoplasmafasern von ihnen nach allen Richtungen ausstrahlen und zum Teil die Hautschicht erreichen¹⁾. Der durch Verbindung der Chromosomen untereinander entstehende dichte Knäuel lockert sich allmählich, wobei eine vakuolenähnliche, mit Kernsaft sich füllende Kernhöhle zustande kommt. Die Strahlungen um den Kern vermindern sich und es hat den Anschein, als ob die nunmehr sich bildende **Kernwand** aus den Strahlenden der Kinoplasmafasern gebildet wird. Ihr Tinktionsvermögen, welches mit dem des Kinoplasmas übereinstimmt, spricht für diese Ansicht²⁾. Doch wären weitere Untersuchungen hierüber sehr erwünscht, zumal eine soeben erschienene Arbeit von ANSTRUTHER A. LAWSON³⁾ nicht auf diesen Punkt eingeht. Nach LAWSON's Untersuchungen an den Kernen der Pollenmutterzellen von *Passiflora coerulea* und *Equisetum limosum* unterscheidet sich die Kernhöhle in nichts von einer gewöhnlichen Vakuole (Tonoplast). — Bei weiteren Untersuchungen wären auch besonders Kerne zu berücksichtigen, die längere Zeit in Ruhe verharren, also solche älterer vegetativer Gewebe, da sich dort vielleicht andere Verhältnisse auffinden lassen werden, als bei den Kernen der Sporenmutterzellen, deren Teilungen bekanntermassen ausserordentlich schnell aufeinander folgen. Auch die aus dem Pollenschlauch tretenden, generativen Kerne könnten in dieser Beziehung interessante Ergebnisse liefern. Eine wertvolle, den fraglichen Gegenstand berührende Mitteilung wurde schon von MIEHE⁴⁾ gemacht, der kino-

1) Vergl. hierzu die Literaturangaben in STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 144, 145.

2) E. STRASBURGER, Die pflanzlichen Zellhäute. Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 523, 524.

3) A. LAWSON, On the Relationship of the nuclear Membrane to the Protoplast. Botan. Gaz., Vol. XXXV, 1903, S. 305 ff.

4) H. MIEHE, Histologische und experimentelle Untersuchungen über die Anlage der Spaltöffnungen einiger Monokotylen. Botan. Centralbl., Bd. LXXVIII, 1899, S. 388 ff.

plasmatische Verbindungsfasern zwischen der Wandung eines ruhenden Kerns und der Hautschicht in den Epidermiszellen von *Hyacinthus* nachwies, was seiner Ansicht nach auf die kinoplasmatische Natur hindeutete und ferner vermuten liesse, dass eine kinetische Verbindung zwischen Kernwand und Hautschicht bestände.

Wie die Kernwand, so wird auch die **Zellplatte** als aus Kinoplasma bestehend aufgefasst¹⁾. Ihre Entwicklungsgeschichte zeugt für die Richtigkeit dieser Annahme. Von den beiden Tochterkernen trennen sich die kinoplasmatischen Verbindungsfäden, ziehen sich auf den Äquator zurück und werden dem entsprechend dicker. Dann nehmen sie an Zahl zu, und zwar geschieht ihre Vermehrung allem Anschein nach durch Längsspaltung. Im Äquator schwellen die Verbindungsfäden an, verschmelzen seitlich miteinander. Es wird so eine Hautschicht gebildet, die sich weiterhin spaltet, wodurch die abschliessenden Hautschichten an der Teilungsstelle für die beiden Schwesterzellen geschaffen werden²⁾. Eine Scheidewand aus Zellhautstoff wird dann zwischen den beiden Tochterhautschichten abgeschieden; sie entsteht nicht durch Umwandlung einer mittleren Schicht der Zellplatte.

Da die Hautschichten bei der Zellteilung, wie geschildert, aus dem Kinoplasma hervorgehen, so muss dies auch der Fall sein für die Gesamtheit der die Protoplasten umgebenden **Hautschichten** eines Zellgewebes; auch diese müssen ihren Ursprung dem Kinoplasma verdanken. — In den Fällen, wo in einer Zelle die Kerne sich zunächst frei vermehren und später erst simultane Scheidewandbildung folgt (Vielzellbildung), vollzieht sich auch diese mit Hilfe kinoplasmatischer Zellplatten³⁾. Auch bei freier Zellbildung, wo es gilt, ohne Scheidewandbildung eine Partie des die Kerne umgebenden Plasmas abzugrenzen, geschieht dies durch die Anlage einer kinoplasmatischen Hautschicht. Besonders eingehend ist diese Bildung der Hautschicht von HARPER⁴⁾ bei der Sporenbildung in den Ascis beschrieben worden. Da entsendet eine seitlich am Kern befindliche Kinoplasmaansammlung Strahlen, die sich springbrunnenartig umlegen, weiter fortwachsen, allmählich sich krümmen, bis sie aufeinander treffen. Während ihres Wachstums sind sie seitlich zu einer zusammenhängenden Schicht verschmolzen und haben so eine elliptische Sporenanlage aus dem umgebenden Plasma herausgeschnitten.

1) Vergl. E. STRASBURGER, Die pflanzlichen Zellhäute, l. c. S. 512ff.

2) E. STRASBURGER, l. c. — Ferner H. G. TIMBERLAKE, The development and function of the cellplate in higher plants. *Botan. Gaz.*, Vol. XXX, 1900, S. 73ff., und CH. E. ALLEN, On the origin and nature of the middle lamella. *Ebenda*, Bd. XXXII, 1901, S. 1ff.

3) E. STRASBURGER, l. c. S. 520.

4) R. A. HARPER, Kernteilung und freie Zellbildung im Ascus. *Jahrb. für wiss. Bot.*, Bd. XXX, 1897, S. 262.

Dass der Kern mit der, wie wir mit NOLL¹⁾ annehmen müssen, stets ruhenden Hautschicht durch **Kinoplasmafäden** fortdauernd verbunden sei und dass diese Fäden die formativen Impulse vom Kern zur Hautschicht leiten, gibt STRASBURGER²⁾ für die embryonalen und meristematischen Gewebe der Pflanzen, in welchen formative Vorgänge sich vollziehen, an. Andere Verhältnisse liegen in den aus den formativen Sphären herausgetretenen Pflanzenzellen vor, in welchen die Hautschicht, die allem Anschein nach weiter als Reizempfängerin funktioniert, im wesentlichen nur noch Vorgänge auszulösen hat, die im Dienste der Ernährung stehen. Da bedürfe es zur Anregung und Anlösung dieser Vorgänge eigentlich allein einer Verbindung mit dem Trophoplasma. Es sei nicht ausgeschlossen, sagt STRASBURGER, dass, wenn formative Vorgänge in solchen Zellen wieder eingeleitet werden, der Zellkern seine Stellung innerhalb des Cytoplasma verändere und wieder in unmittelbare kinoplasmatistische Verbindung mit der Hautschicht trete, z. B. bei Beginn einer Zellteilung.

Nicht kinoplasmatistisch sind nach HABERLANDT³⁾ die „**Plasmafibrillen**“, welche, wie NĚMEC⁴⁾ angibt, besonders stark ausgebildet im Plasma der meristematischen Zellen in der Nähe der Vegetationspunkte longitudinal verlaufen und auch im Leben sichtbar sind. Sie sollen aus zahlreichen homogenen Fäden zusammengesetzt sein, die von einer dichten, granulären Plasmascheide eingehüllt sind. Während die homogene Fibrillensubstanz erythrophil erschien, zeigte die Scheide kyanophilen Charakter und NĚMEC nimmt an, dass sie aus Hautschichtsubstanz bestehe. In der Nähe der Querwände verbreiten sich die Scheiden etwas, wobei die früher ziemlich dicht beieinander und annähernd parallel verlaufenden Fibrillen divergieren, und gehen direkt in die Hautschicht der Zelle über. Die Fibrillenbündel korrespondieren an den Querwänden in den benachbarten Zellen. HABERLANDT glaubte zunächst, diese von NĚMEC geschilderten Fibrillen den Kinoplasmafasern, welche nach STRASBURGER das Plasma der Zelle durchziehen, zur Seite stellen zu müssen⁵⁾. NĚMEC wies jedoch

1) F. NOLL, zuletzt in Beobachtungen und Betrachtungen über embryonale Substanz. Biol. Centralblatt. Bd. XXIII. 1903.

2) E. STRASBURGER, Über Cytoplasmastrukturen, Kern- und Zellteilung. Cytol. Studien. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXX. 1897, S. 384.

3) G. HABERLANDT, Über fibrilläre Plasmastrukturen. Ber. der Deutschen bot. Gesellsch. Bd. XIX. 1901, S. 569 ff.

4) B. NĚMEC, Die reizleitenden Strukturen bei den Pflanzen. Biol. Centralbl. Bd. XX. 1900, S. 369 ff. Ferner: Derselbe, Die Reizleitung und die reizleitenden Strukturen bei den Pflanzen. Jena, bei GUSTAV FISCHER. 1901. Derselbe, Die Bedeutung der fibrillären Strukturen bei den Pflanzen. Biol. Centralbl. Bd. XXI, 1901, S. 529 ff.

5) G. HABERLANDT, Über Reizleitung im Pflanzenreich. Biol. Centralbl. Bd. XXI. 1901, S. 369.

bald diese Vermutung zurück¹⁾. Im besonderen bemerkte er, dass die Fibrillen ganz andere Eigentümlichkeiten zeigten als die Kinoplasmafasern. Während z. B. die Bildung von kinoplasmatischen Fasern durch hohe Temperaturen angeregt und gesteigert wird, werden die Fibrillen dabei zur völligen Degeneration und Auflösung gebracht. Auch verhalten sich die Fibrillen Fixierungs- und Färbemitteln gegenüber ganz anders als kinoplasmatische Fasern.

Die Gründe NĚMEC's erkannte HABERLANDT²⁾ als zutreffend an. Seine Beobachtungen an lebendem und fixiertem Material führten ihn zu dem Schluss, dass die NĚMEC'schen Plasmafibrillen identisch sind mit den schon von anderen Forschern beschriebenen, längsfaserigen Strukturen strömenden Protoplasmas, sie sind somit nicht kinoplasmatisch. Eine die Fibrillen umhüllende Scheide konnte er nicht erkennen. Während NĚMEC³⁾ die fibrillären Plasmastrukturen in den Dienst der Reizleitung stellt und mit den elementaren Nerven-fibrillen vergleicht, wie solche APATHY in den reizleitenden Bahnen der höheren Metazoën gefunden hat, vermutet HABERLANDT⁴⁾, dass hier Einrichtungen vorliegen, welche zur Leitung plastischer Baustoffe dienen. Im Plasma der pflanzlichen Sinnesorgane, in welchen mechanische Reize perzipiert werden, hätten sich die Fibrillen, wenn sie reizleitende Strukturen darstellen sollen, vorfinden müssen, doch konnte sie HABERLANDT dort nicht entdecken⁵⁾.

Im übrigen sei hinzugefügt, dass, soweit mir zur Kenntnis kam, eine Anzahl in den cytologischen Untersuchungsmethoden sehr bewandeter Forscher nicht imstande war, in ihren Präparaten Plasmafibrillen in der Ausbildung, wie sie NĚMEC beschreibt und abbildet, zu erhalten, so dass die allgemeine Skepsis, welche man diesen Bildungen gegenüber beobachten zu müssen glaubt, wohl berechtigt erscheint.

Gelegentlich seiner Untersuchungen über die fibrillären Strukturen kommt NĚMEC⁶⁾ auch auf die fädigen Bildungen zu sprechen, die sich hier und da im Cytoplasma, besonders von Embryosackmutterzellen, vorfinden⁷⁾. Diese hält NĚMEC für Ausanmlungen

1) B. NĚMEC, Die Bedeutung der fibrillären Strukturen bei den Pflanzen. Biol. Centralbl. Bd. XXI, S. 529 ff.

2) G. HABERLANDT, l. c. Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch., Bd. XIX, 1901, S. 569 ff.

3) l. c.

4) l. c. S. 578.

5) G. HABERLANDT, Sinnesorgane im Pflanzenreich zur Perception mechanischer Reize. Leipzig bei ENGELMANN. 1901.

6) B. NĚMEC, Biol. Centralbl. Bd. XXI. 1901, l. c. S. 529 ff.

7) H. H. DIXON, On the Chromosomes of *Lilium longiflorum*. Proceedings of the Royal Irish Acad., 3. Ser., Vol. III, 1895, S. 716. — MOTTIER, Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXXI, 1898, S. 126. — M. et P. BOUIN, Sur la présence de filaments

von Kinoplasmafasern, die nichts mit seinen reizleitenden Strukturen zu tun haben. — Dass ausserdem zu öfteren Malen auch eigentümliche Bildungen trophoplasmatischer Natur im Cytoplasma beobachtet wurden, sei bloss der Vollständigkeit halber noch mitgeteilt¹⁾. Derartige und auch andere Körper waren es, die verschiedentlich in Pflanzenzellen als Centrosomen gedeutet wurden. — Eine Zusammenstellung **centrosomenähnlichen Körper** in vegetativen Zellen gab NĚMEC²⁾. Er unterscheidet zwei Gruppen: Gebilde, die schon in ruhenden Zellen bestehen und bei der Kernteilung an den Spindelpolen liegen — ferner solche Gebilde, die erst zur Zeit, wo die Spindel ausgebildet ist, an deren Polen auftreten und nach Fertigstellung der Tochterkerne verschwinden. Einmal sind es dichte, körnige, mit zahlreichen winzigen Alveolen durchsetzte Plasmamassen, dann wieder sind es homogen erscheinende, öfters in mehrere Körperchen zerfallene, plasmatische Gebilde, ferner solche, die sich in der Färbung wie Nukleolen verhalten und zum Teil wohl auch echte extranucleare Nukleolen darstellen. Alle diese Gebilde hält NĚMEC für individualisierte Kinoplasamassen, nicht für Centrosomen.

Die Frage, die hiermit schon berührt ist, die nach dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von **Centrosomen** im Pflanzenreich, insbesondere bei den höheren Pflanzen hat in hervorragender Weise in den letzten Jahren die cytologischen Gemüter bewegt.

Es war im Jahre 1891, als die ersten Mitteilungen über Centrosomen im Pflanzenreich erschienen, und zwar war es GUIGNARD, der sie in seiner ersten Notiz: Sur l'existence des sphères attractives dans les cellules végétales³⁾ für die Sporen-, Pollen- und Embryosackmutterzellen und deren Abkömmlinge angab. Nach seinen Beobachtungen sollten zwei mit je einem Centrosom versehene Sphären am ruhenden Kern dicht nebeneinander liegen. Zu Beginn der Teilung wanderten diese Sphären an zwei entgegengesetzte Punkte des Kerns, die den Polen der späteren Spindel entsprächen. Um die Sphären träten radiär verlaufende, deutliche Plasmastrahlungen

particuliers dans le protoplasme. Bibliographie anatomique 1898. — H. O. JUEL, Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung. Jahrb. für wissensch. Bot. Bd. XXXV, S. 634. — J. SCHNEWIND-THIES, Die Reduktion der Chromosomenzahl und die ihr folgenden Kernteilungen in den Embryosackmutterzellen der Angiospermen. Jena. GUST. FISCHER. 1901.

1) D. M. MOTTIER, Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXXI, 1898, S. 141. — H. O. JUEL, Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Samenanlage von *Casuarina*. Flora, Bd. XCH, 1903, S. 291. — LANG, The ovule of *Stangeria paradoxa*. Ann. of Bot., Vol. XIV, 1900, S. 284.

2) B. NĚMEC, Über centrosomenähnliche Gebilde in vegetativen Zellen der Gefässpflanzen. Ber. der Deutschen Bot. Ges. Bd. XIX, S. 301 ff.

3) Comptes rend. de l'acad. Paris, T. I, 1891.

auf. Die nach dem Kern zu liegenden und dort aufeinander treffenden Fasern bildeten die Spindeln. Zur Zeit, wo die Tochterchromosomen auseinanderwichen, sollten sich Centrosomen, wie Sphären, an jedem Pol teilen, so dass die beiden Tochterkerne wieder mit zwei Sphären versehen wären. GUIGNARD trat also für die Permanenz dieser Gebilde in der pflanzlichen Zelle ein. Wegen der bedeutenden Rolle bei der Kern- und Zellteilung schlug er für sie den Namen „Sphères directrices“ vor.

Besonderes Aufsehen machte eine zweite Abhandlung „Nouvelles études sur la fécondation“¹⁾. In ihr gab GUIGNARD eine grosse Anzahl von Abbildungen. Er schilderte Centrosphären für alle Entwicklungsstadien in Pollen- wie Embryosackmutterzellen von *Lilium Martagon*. Auch in rein vegetativen Zellen, wie in dem Endosperm derselben Pflanze, ferner in den Staubfadenhaaren von *Tradescantia* konnte er sie nachweisen. Er nahm denn auch auf Grund seiner Untersuchungen an, dass die Centrosomen konstante Organe innerhalb der Zelle darstellen. In derselben Arbeit verfolgte er auch das Verhalten der Sphären bei der Befruchtung von *Lilium Martagon*. Er beschrieb eine „Quadrille des Centres“, die mit der kurz vorher von FOL am tierischen Objekt beobachteten im Wesentlichen übereinstimmte, wie überhaupt GUIGNARD's Untersuchungsergebnisse an den Centrosomen des Pflanzenreichs in allen hauptsächlichen Momenten mit den bis dahin an tierischen Objekten gewonnenen Resultaten sich deckten. Kaum war diese Arbeit GUIGNARD's bekannt geworden, als von den verschiedensten Seiten die Suche nach den Centrosomen begann. Die Bilder GUIGNARD's waren so klar, seine Angaben so überzeugend, dass man zunächst nicht an dem Vorhandensein dieser Gebilde bei den Pflanzen zweifelte. Bei jeder histologischen Untersuchung richtete man sein Augenmerk auf diese Körper.

Zunächst war es BÜTSCHLI²⁾, der im Anschluss an die GUIGNARD'schen Angaben die Diatomeen auf Centrosomen hin studierte. Er konnte diese Körper hier schon in lebenden Zellen beobachten³⁾.

Dann erschien die Arbeit STRASBURGER's „Über Schwärmosporen, Gameten, pflanzliche Spermatozoiden und das Wesen der Befruchtung“⁴⁾, in welcher die genannten Gebilde auch für die Braunalge

1) Annales des sc. nat. Botan., sér. 7, T. XIV, S. 163.

2) Über die sogenannten Centralkörper der Zelle und ihre Bedeutung. Verh. des Naturh.-Med. Ver. zu Heidelberg. N. F., Bd. IV, Heft 5.

3) Spätere Mitteilungen über die Centrosomen bei Diatomeen finden sich in den Arbeiten von LAUTERBORN, Untersuchungen über Bau, Kernteilung und Bewegung der Diatomeen, 1896, und G. KARSTEN, Die Auxosporenbildung der Gattungen *Cocconeis*, *Surirella* und *Cymatopleura*. Flora, Bd. LXXXVII, 1900, S. 253.

4) Histolog. Beiträge 1892, Heft IV, S. 49.

Sphacelaria angegeben wurden. STRASBURGER nannte die Attractions-sphären Astrosphären, das in diesen enthaltene Körperchen behielt den Namen Centrosom. Astrosphäre und Centrosom wurden als Centrosphären zusammengefasst. Die Untersuchung ergab Anhaltspunkte für die Ansicht, dass die Centrosphären physiologisch als kinetische Centren gelten müssen.

Es schlossen sich an die Arbeiten von SCHOTTLÄNDER¹⁾, der besonders für Fortpflanzungszellen von Farnen Centrosomen angab, von OVERTON²⁾, der diese Gebilde bei *Ceratozamia* fand. Dann kam SCHAFFNER³⁾, der sie in den Fortpflanzungszellen von *Lilium Philadelphicum*, ferner der Wurzel von *Allium Cepa* und weiterhin im Embryosack von *Alisma Plantago* und *Sagittaria*⁴⁾ gefunden haben wollte. Angaben über Centrosomen in den Sporenmutterzellen von *Psilotum triquetrum*⁵⁾, in den lebenden Zellen der Staubfadenhaare von *Tradescantia*⁶⁾, die der Kälte ausgesetzt waren, in den Pollenmutterzellen von *Larix*⁷⁾, bei Ranunculaceen⁸⁾ und bei *Equisetum Telmateja*⁹⁾ folgten, und so war man geneigt, für niedere und höhere Pflanzen das Vorhandensein von Centrosomen, somit eine allgemeine Verbreitung derselben im Pflanzenreich anzunehmen.

Während für die niederen Pflanzen weitere Belege für Gegenwart dieser Gebilde erbracht wurden und noch immer weiter erbracht werden¹⁰⁾, begann sich schon zur Zeit, wo die zuletzt zitierten

1) P. SCHOTTLÄNDER, Beiträge zur Kenntnis des Zellkerns und der Sexualzellen bei Kryptogamen. COHN's Beitr. zur Biol. der Pflanzen, Bd. VI, 1892, S. 267.

2) E. OVERTON, Über die Reduktion der Chromosomen in den Kernen der Pflanzen. Vierteljahrsschrift der Naturf. Gesellsch. in Zürich, Bd. XXXVIII, 1893, S. 10.

3) J. H. SCHAFFNER, The nature and distribution of attraction-spheres and centrosomes in vegetable cells. Bot. Gaz., 1894, S. 445. — Derselbe, The Embryosac of *Alisma Plantago*. Bot. Gaz., Vol. XXI, 1896, S. 123.

4) J. H. SCHAFFNER, Contribution to the life history of *Sagittaria variabilis*. Bot. Gaz., Vol. XXIII, 1897, S. 252.

5) G. KARSTEN, Über Beziehungen der Nucleolen zu den Centrosomen bei *Psilotum triquetrum*. Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch. 1893, S. 555. — J. E. HUMPHREY, Nucleolen und Centrosomen. Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch., 1894, S. 108.

6) J. DEMOOR, Contributions à l'étude de la physiologie de la cellule. Arch. de Biol., 1895. T. XIII, S. 163.

7) E. STRASBURGER, Karyokinetische Probleme. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXVIII, 1895, S. 151.

8) D. M. MOTTIER, Contributions of the Embryology of the Ranunculaceae. Bot. Gaz., Vol. XX, 1895, S. 241 ff.

9) D. H. CAMPBELL, The Structure and Development of the Mosses and Ferns. London and New York 1895.

10) Vergl. die entsprechenden Arbeiten in den „Cytologischen Studien“. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1897. Ferner D. M. MOTTIER, Das Centrosom bei *Dictyota*. Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch., Bd. XVI, 1898, S. 124. — Derselbe, Nuclear and Cell division in *Dictyota dichotoma*. Ann. of Bot., Vol. XIV, 1900, S. 163. — Verschiedene Arbeiten von FARMER, DAVIS, VAN HOOK, zitiert in der am Schluss von CH. J. CHAMBERLAIN's Arbeit, Mitosis in *Pellia*, Bot. Gaz., Vol. XXXVI, 1903, S. 47 zusammengestellten Literaturübersicht.

Arbeiten erschienen, von verschiedenen Seiten Zweifel an dem Vorhandensein der Centrosomen bei den höheren Pflanzen zu regen, vor allem wurde die Richtigkeit der GUIGNARD'schen Angaben in Frage gestellt.

Da war es zunächst FARMER, der fand, dass die Spindelbildung in den Pollenmutterzellen von *Lilium Martagon* ganz ohne Verbindung mit Centrosomen vor sich gehe, dass sich dort derartige Körper gar nicht, wohl aber häufig extranucleare Nucleolen beobachten liessen, nach welchen hin Kinoplasmafasern verlaufen konnten¹⁾

Auch ZIMMERMANN gelang es nicht, bei Liliaceen Centrosomen sichtbar zu machen²⁾.

Den Hauptschlag erhielten jedoch die GUIGNARD'schen Befunde durch die schon öfter zitierten „Cytologischen Studien“³⁾.

Eins der wichtigsten Resultate, welche der gemeinsamen Arbeit einer Anzahl Forscher aus dem Bonner Institut entsprangen, war der Nachweis des Nichtvorhandenseins von Centrosomen bei höheren Gewächsen, des unzweifelhaften Vorhandenseins derselben bei verschiedenen niederen Kryptogamen. Zur Untersuchung waren Pflanzen, die den verschiedensten Verwandtschaftskreisen angehörten, herangezogen worden. Mit den mannichfaltigsten Fixierungs- und Färbemethoden wurden sie behandelt. Während bei den niederen Pflanzen Centrosomen bzw. centrosomenähnliche Gebilde deutlich sichtbar gemacht werden konnten, gelang ihr Nachweis bei den höheren nicht.

Wohl hielt GUIGNARD zähe an seiner Meinung fest⁴⁾. Er wies darauf hin, dass dann allein im organischen Reiche den höheren Pflanzen diese Gebilde abgehen würden; bei den niederen Tieren fänden sie sich vor, ebenso bei den höheren, auch die niederen Pflanzen besäßen sie, und den höheren Pflanzen sollten sie nicht zukommen?

Dieser durch das Fehlen der Centrosomen zwischen den höheren Pflanzen einerseits und allen übrigen Organismen andererseits geschaffene Gegensatz bewog aber auch gerade die Forscher, denen der Nachweis von Centrosomen bei ersteren nicht gelang, ihre ganze technische Geschicklichkeit und Beobachtungsgabe einzusetzen, um diese Gebilde auch bei den höheren Pflanzen nachzuweisen. Man musste gegen die Anschauung voreingenommen sein, dass es keine Centrosomen bei den höheren Pflanzen gebe. Die strengste Selbstkritik gehörte dazu, sich nicht durch anderweitige centrosomenähnliche

1) B. FARMER, Über Kernteilung in *Lilium*-Antheren, besonders in bezug auf die Centrosomenfrage. Flora, Bd. LXXX, 1895, S. 58.

2) A. ZIMMERMANN, Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. Jena 1896, S. 63, 64.

3) Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1. c.

4) L. GUIGNARD, Les centres cinétiques chez les végétaux. Ann. d. sc. nat., Bot., 8. sér., T. V., 1898, S. 178.

Gebilde, die wohl hier und da Stellen im Zellkörper einnahmen, an welchen Centrosomen vermutet werden konnten, verleiten zu lassen und einen voreiligen Schluss zu ziehen.

GUIGNARD hielt, wie erwähnt, an seiner Anschauung fest, wenn gleich er zugibt, nicht überall, wo sie zu erwarten waren, jene Körper gefunden zu haben, die er als Centrosomen deuten möchte¹⁾. Doch der rechte Glaube an das Vorhandensein dieser Körper bei den höheren Gewächsen war geschwunden. Anscheinend auch bei GUIGNARD selbst, wie der Vergleich der Abbildungen in seinen späteren Publikationen mit den der ersten Arbeiten erkennen lässt²⁾.

Nachdem nochmals im Jahre 1899 STRASBURGER³⁾ die Angaben geprüft und nach eingehenden Untersuchungen sich gegen das Vorhandensein der Centrosomen bei höheren Pflanzen ausgesprochen hatte, schien der Streit geschlichtet.

Die Frage wäre begraben gewesen, wenn nicht nach etwa einjähriger Pause eine Anzahl entgegenesetzt lautender Angaben sie wieder von neuem aus ihrer Ruhe gezerzt hätte.

Zunächst war es BERNARD⁴⁾, der bei *Lilium candidum*, *Helosis guyanensis*, *Lilium Martagon* sowohl in generativen, wie in vegetativen Zellen Centrosphären nachwies, dann fand YAMANOUCI⁵⁾ ebensolche Körper in den Pollenmutterzellen von *Lilium longiflorum* und SCHAFFNER⁶⁾ in den Embryosackmutterzellen und vegetativen Zellen von *Erythronium*.

Die Angaben des ersten der genannten Forscher sind besonders eigentümlich deshalb, weil sie nicht nur zu denen FARMER's und MOTTIER's, welche das Vorhandensein von Centrosomen in Abrede stellten, sondern auch zu denen GUIGNARD's in gewissem Gegensatz stehen.

BERNARD fand nämlich, dass die Centrosphären, welche er beobachten konnte, keineswegs so wohl ausgebildet auftraten, wie sie GUIGNARD angibt. Die Sphären selbst waren in manchen Stadien gar nicht zu beobachten, auch war sowohl die Zahl der Centrosphären am Kern, wie die Zahl der Centrosomen in der Sphäre

1) l. c., 1898.

2) Vergl. die zahlreichen Arbeiten über doppelte Befruchtung, sämtlich zitiert bei COULTER and CHAMBERLAIN. *Morphology of Angiosperms*, 1903, S. 162 ff.

3) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 156 ff. Dort auch die neuere Literatur.

4) CH. BERNARD, Recherches sur les sphères attractives de *Lilium candidum*, *Helosis guyanensis* usw. *Journ. de Bot.*, T. XIV, 1900, S. 124 ff.

5) S. YAMANOUCI, Einige Beobachtungen über die Centrosomen in den Pollenmutterzellen von *Lilium longiflorum*. *Vorl. Mitt., Beih. zum Bot. Centralbl.*, Bd. X, 1901, S. 301.

6) J. H. SCHAFFNER, A contribution to the life-history and cytology of *Erythronium*. *Bot. Gaz.*, vol. XXXI, 1901, S. 369.

und ihre Form verschieden, kurzum die Gesetzmässigkeit in ihrem Auftreten, wie die Regelmässigkeit in der Form, die bei den GUIGNARD'schen Angaben so sehr imponierten, wurden in Abrede gestellt.

YAMANOUCI fand seine Centrosomen an den Kernen der Pollenmutterzellen von *Lilium longiflorum*. Auch ihm gelang es nicht, in allen Stadien Centrophären zu beobachten, ferner traten die Gebilde, den Abbildungen nach zu urteilen, auch nicht in bestimmter Form auf.

In der dritten Arbeit, derjenigen von SCHAFFNER, werden diese Körper für generative, wie vegetative Kerne von *Erythronium* angegeben. Nach Text und Abbildungen muss es jedoch als unwahrscheinlich gelten, dass es sich bei den von ihm geschilderten Gebilden um Centrosomen handelt.

Alle diese Angaben waren nicht danach angetan, als besonders kräftige Stützen für das Vorhandensein von Centrosomen zu dienen. Die Frage war jedoch wieder aufs neue aufgeworfen, und es war eine Entscheidung zu fällen.

So habe ich denn die Angaben nachgeprüft, und halte es für zweckdienlich, hier über meine diesbezüglichen, in den Rahmen dieses Berichtes fallenden, bisher nicht publizierten Untersuchungen in aller Kürze zu berichten.

Diese erstreckten sich zunächst auf die Mutterzellen des Pollens und Embryosacks und die vegetativen Zellen von *Lilium Martagon*, auf die Embryosäcke und vegetativen Zellen von *Lilium candidum* und *Lilium speciosum*, von letzterem auch die Pollenschläuche, auf die Pollenmutterzellen von *Lilium longiflorum*. Dann wurden aber, soweit möglich, auch andere Pflanzen herangezogen, die in dieser oder jener Weise sich zur Beobachtung besonders eigneten, hauptsächlich solche, für welche früher Centrosomen angegeben worden waren.

Speziell bei der Herstellung der Liliaceenpräparate habe ich alle irgendwie Erfolg versprechenden Variationen in der Behandlungsweise vorgenommen. Die Fixirung geschah mit dem schwächeren und stärkeren FLEMMING'schen Gemisch (auch von BERNARD, YAMANOUCI und SCHAFFNER angewandt), mit dem schwächeren und stärkeren HERMANN'schen Gemisch, schliesslich mit Sublimat-Eisessig. Die Dauer der Einwirkung wurde verschieden lang bemessen, 2 bis 12 Tage in den beiden ersten Gemischen, 4 bis 18 Stunden im letzten. Als Färbemittel dienten das FLEMMING'sche Dreifarbengemisch (von BERNARD, YAMANOUCI und SCHAFFNER angewandt), Jodgrün-Fuchsin (von BERNARD besonders empfohlen). Um das Rüstzeug möglichst zu vervollkommen, wurde ferner ein Tinktionsverfahren gründlich nach allen Seiten hin ausprobiert, welches bei tierischen Objekten zum Sichtbarmachen der Centralkörper hervorragend gute Dienste geleistet hatte, die Eisenhae-

matoxylin-Methode in der Modifikation, wie sie vornehmlich von F. MEVES im Kieler anatomischen Institut angewandt wurde¹⁾.

Das Studium aller Objekte ergab nicht den geringsten Anhaltspunkt für das Vorhandensein von Centrosomen. In den Pollenmutterzellen von *Lilium Martagon* und *Lilium longiflorum* war an ruhenden wie an den sich teilenden Kernen nichts von Centrosomen zu entdecken. Der ganze den Kern umgebende Cytoplast wurde systematisch nach den Körperchen durchforscht — mit negativem Erfolg. Ganz besondere Aufmerksamkeit wurde dem Stadium der Spindelanlage bei der ersten Teilung geschenkt. Man findet hier jene oft beschriebenen und abgebildeten multipolaren Spindeln vor, aus deren Mehrpoligkeit verschiedentlich der Schluss auf das Nichtvorhandensein von Centrosomen gezogen wurde. Die von MEVES²⁾ über die Entwicklung der sogenannten wurmförmigen Samenfäden von *Paludina vivipara* gemachten Beobachtungen räumten diesen Einwand hinweg. Es traten MEVES in den Spermatiden dieser Süßwasserschnecke mehrpolige Spindelanlagen entgegen, von denen jeder Pol mit einem Centrosom versehen war. Die einzelnen Centrosomen traten später bei Bildung der zweipoligen Spindel an zwei entgegengesetzten Punkten der Zellperipherie zusammen. Trotz eifrigsten Suchens konnte ich auch in den mit Eisenhaematoxylin tingierten Präparaten kein einziges centrosomähnliches Gebilde an den Polen antreffen. Auch an der fertigen zweipoligen Spindel war nichts davon zu finden. Die Spindelpole endigten immer in der Hautschicht. Sie waren öfters in mehrere Spitzen gespalten, die sich hier und da kreuzen konnten; oft bogen sich die Spindelenden und liefen der Hautschicht entlang, ohne jedoch nach einem Centrosom hin gerichtet zu sein. Eine Endigung der Spindelpole, zumal in solcher Entfernung von der Hautschicht, wie sie GUIGNARD für *Lilium Martagon*, YAMANOUCI für *Lilium longiflorum* abbildete, war niemals zu beobachten, Centrosomen infolgedessen auch an diesen Stellen nicht nachzuweisen. In den Anaphasen der ersten Teilung konnten wohl hier und da einige der gewöhnlich in diesem Stadium auftretenden, extranuklearen Nukleolen in der Nähe der Pole liegen, doch waren sie immer sofort als solche zu erkennen. An den Kernteilungsfiguren der zweiten Teilung schlug das Untersuchungsergebnis ebenfalls negativ aus. Am Schluss der zweiten Teilung lagen die Kerne der Regel nach so dicht der Hautschicht angeschmiegt, dass ein Centrosom höchstens in einer Vertiefung der Kernoberfläche hätte Platz finden können.

1) Über die Einzelheiten dieser Färbungsmethode vgl. E. STRASBURGER, Das botanische Praktikum, IV. Aufl. 1902, S. 70.

2) In den Mitteilungen für den Verein Schlesw. Holst. Ärzte, Jahrg. X, No. 1, 1901 und an anderen Orten.

Sehr zweckmässig erschien es, die generative Zelle im Pollenkorn, ihre Teilungsstadien und die aus diesen hervorgehenden, die Spermakerne enthaltenden Zellen auf Centrosomen hin zu prüfen. Sind es doch auf tierischem Gebiet die den letzteren entsprechenden Spermatozoiden, welche im Befruchtungsakt das bei der Teilung des Keimbereichs in Funktion tretende Centrosom in das nach den unterdess veröffentlichten Untersuchungsergebnissen centrosomlose Ei einführen und finden sich ferner bei den entsprechenden Elementen der Pteridophyten und einiger Gymnospermen, jene als Blepharoplasten bezeichneten Gebilde vor, welchen von verschiedenen Seiten Centrosomennatur zugesprochen war.

Die linsen- resp. halbmondförmige, generative Zelle im Pollenkorn von *Lilium Martagon* und *Lilium speciosum*, welche auf diesen Punkt hin untersucht wurde, ist anfangs dicht mit Plasma erfüllt, welches sich, wie das auch schon MOTTIER¹⁾ angab, in gut gelungenen mit Safranin-Gentianaviolett-Orange G gefärbten Schnitten rein violett-blau tingiert und so seine kinoplasmatische Natur anzeigt. Schon vor, besonders deutlich aber bei der Keimung des Pollenkorns treten in ihrem Innern regelmässig rundliche, meist aber in die Länge gezogene, stäbchenförmige, in der Färbung sich wie Nukleolen verhaltende Körperchen auf und zwar oft in grosser Menge. Auch MOTTIER fielen diese auf. Er teilt darüber Folgendes mit²⁾: „Im Cytoplasma der generativen Zellen können oft ein oder mehrere Körper beobachtet werden, die sich ganz wie extranucleare Nukleolen färben, was sie in der Tat auch sind. Zwei derselben können nebeneinander in der Nähe des Kerns oder getrennt an entgegengesetzten Seiten desselben liegen; schliesslich können sie beliebig in der halbmondförmigen Plasmamasse verteilt sein. Wenn diese extranuclearen Nucleolen nahe am Kern liegen, könnte es einem unerfahrenen Beobachter den Anschein erwecken, als wären Centrosomen vorhanden.“ Ausser diesen Nukleolen waren am generativen Kern sowohl vor, wie nach der Keimung keine Körperchen zu entdecken, die als Centrosomen hätten gedeutet werden können. Auch die verschiedensten Modifikationen der HEIDENHAIN'schen Eisenhaematoxylin-Methode, die ich anwandte, konnten keine derartigen Gebilde sichtbar machen. Die bei der Teilung nur schwach ausgebildeten Spindelfasern verliefen im Plasma, ohne auf ein Centrosom zu treffen. An allen Teilungsstadien, die mir entgegentraten, waren keine Centrosomen nachzuweisen. — In Pollenkörnern, in deren Innern schon vor der Keimung der generative Kern sich geteilt hatte, wie

1) D. M. MOTTIER, Über das Verhalten der Kerne bei der Entwicklung des Embryosacks und die Vorgänge bei der Befruchtung. Jahrb. für wissensch. Botanik, Bd. XXXI, S. 146.

2) l. c., S. 146.

bei *Triticum* und *Alisma*, konnte ebenfalls keine Andeutung von einem Centrosom bemerkt werden. Ebenfalls gelang der Nachweis von Centrosomen nicht an den Teilungsbildern im Pollen von *Iris germanica* und *Pseudacorus*.

Ich hielt es für geeignet, auch die Pollenmutterzellen von *Larix* in den Kreis der Untersuchung zu ziehen, zunächst, weil für sie früher Centrosomen angegeben, dann aber auch schön ausgebildete Polstrahlungen an den Teilungsfiguren abgebildet worden waren, in deren Centrum man, nach den Befunden bei tierischen Objekten zu urteilen, die Anwesenheit eines Centrosoms vermuten durfte. An dem mit dem stärkeren FLEMMING'schen Gemisch fixierten Material wurde auch hier die MEVES'sche Färbungsmethode in verschiedenen Variationen angewandt. Es zeigte sich aber, dass in den meisten Fällen, wie dies auch neuerdings STRASBURGER¹⁾ angibt, die Spindelpole die Hautschicht erreichen, dass aber auch hier und da die Befestigung der Spindel durch ein Kinoplasmafasersystem bewirkt wird, „das bis zur Hautschicht reicht und die Kernspindel in ihrer Lage befestigt²⁾.“ Nur selten fand ich Teilungsbilder, in welchen die polaren Fasern strahlenförmig vom Spindelpol als Mittelpunkt sich verbreiteten. Ein Centrosomnachweis gelang auch hier nicht, ebenfalls nicht an den Teilungsfiguren im Pollenkorn.

Schliesslich wurden noch die von den Arbeiten GUIGNARD's³⁾ und STRASBURGER's⁴⁾ her bekannten Pollenmutterzellen von *Nymphaea* untersucht. Von GUIGNARD war die Existenz von Centrosomen in diesen behauptet, von STRASBURGER verneint worden. STRASBURGER fand wohl die Insertionsstelle der Spindel als kleine Anschwellung in der Hautschicht markiert vor. Hier und da zeigten sich auch Körnchen an der Insertionsstelle, ferner wurden die Spindelenden, was besonders in den Anaphasen deutlich hervortrat, in eine körnige Masse umgewandelt, die sich später auf die Tochterkernanlagen zurückzog: Alle diese Bildungen konnten aber nicht als Centrosomen gedeutet werden. Es interessierte mich, festzustellen, wie sich die Anschwellung an der Hautschicht und die geschilderten Körnchen dem Eisenhaematoxylinverfahren gegenüber verhielten, ob nicht vielleicht durch diese Methode sich doch ein Gebilde von der Umgebung abheben würde, das der Form und Lage nach als Centrosom angesprochen werden könnte. Meine Bemühungen waren jedoch ohne Erfolg. In einigen Fällen war ich allerdings im Zweifel, ob ich nicht Centrosomen vor mir hatte. Da schienen Spindelpole

1) Über Reduktionsteilung usw., S. 151.

2) Vgl. auch l. c., Fig. 155.

3) Les centres cinétiques chez les végétaux. Annales des sc. natur. Bot., sér. 3, Tome V., S. 177.

4) l. c.

mit dunklen Punkten an die Hautschicht anzuschliessen; es stellte sich aber nach eingehender Untersuchung heraus, dass ich es hier mit infolge der dichter zusammentretenden Fasern dunkler erscheinenden Spindelpolen zu tun hatte, die nach der dem Beobachter entgegengesetzten Seite umbogen. Die Umbiegungsstelle war es, die dann als dunkler Punkt erschien.

Diesen meinen Befunden seien noch die neuesten von STRASBURGER¹⁾ an den Pollenmutterzellen von *Asclepias* gemachten Beobachtungen angeschlossen. Hier erreichen die Spindelenden nicht die Hautschicht. STRASBURGER gelang es auch nicht in Material, welches nach der MEVES'schen Methode behandelt war, Centrosomen sichtbar zu machen, für deren Vorhandensein in den Pollenmutterzellen dieser Pflanze RACIBORSKI²⁾ eintrat. Auch die späteren Untersuchungen über *Asclepias* förderten keine Centrosomen zutage³⁾.

Um die BERNARD'schen Angaben nachzuprüfen, wandte ich mich an die Embryosäcke von *Lilium Martagon* und *Lilium candidum*. Die Embryosackzellen waren verhältnismässig lang. Die Spindeln des ersten Teilungsschritts stellten sich in weitaus den meisten Fällen schräg zur Längsachse der Zellen, manchmal fast senkrecht zu ihr, und erreichten so mit ihren Polen bald die seitlichen Hautschichten. Nach Fällen, wo die Längsachse der Spindel annähernd mit der der Zelle zusammenfiel, solchen Fällen also, die BERNARD abbildet, musste lange gesucht werden. Die Spindelendigungen erschienen hier aber anders als in den BERNARD'schen Figuren; die Pole waren scharf zugespitzt, und ich hege die Vermutung, dass noch feine Fasern von ihnen aus weiter bis zur benachbarten Hautschicht verliefen, um dort zu inserieren. Darauf deutet wohl auch die Krümmung nach der Seite zu, wo die nächst erreichbare Hautschicht liegt, hin. Dass keins der in der Nähe des Spindelpols bei der Anaphase der ersten Teilung liegenden Körperchen als Centrosom zu deuten war, ging aus der absolut übereinstimmenden Färbung dieser extranuklearen Nukleolen hervor. Auch bei der zweiten und dritten Teilung zeigten die Spindelpole sich in der Regel an der Hautschicht inseriert. Von Centrosomen war an ihren Enden, sowohl in Material, welches mit dem FLEMMING'schen Dreifarbungemisch, wie mit Jod-

1) Einige Bemerkungen zu der Pollenbildung bei *Asclepias*. Ber. der Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. XIX, 1901, S. 450 ff.

2) Flora 1897, Bd. LXXXIII, S. 351.

3) Vergl. C. S. GAGER, The Development of the Pollinium and Spermcells in *Asclepias Cornuti* Decaisne. Ann. of Bot., Vol. XVI, 1902, S. 123. — T. C. FRYE, A morphological Study of certain Asclepiadaceae. Bot. Gaz., Vol. XXIV, 1902, S. 389. — P. DOP, Sur le pollen des Asclépiadées. Comptes rendus de l'Acad. Paris. T. 135, 1902, S. 710. — Derselbe, Sur le développement de l'ovule des Asclépiadées. Ebenda, S. 800.

grün-Fuchsin und Eisen-Hämatoxylin gefärbt worden war, nichts zu entdecken. Dagegen fand ich Körper, welche vielleicht mit Centrosomen hätten verwechselt werden können, im fertigen Embryosack von *Lilium candidum* öfters vor. Sie lagen gewöhnlich am sekundären Embryosackkern und erinnerten in etwas an den von BERNARD in seiner Fig. 4, Taf. IV zur Darstellung gebrachten Fall. BERNARD bildet da einen Teil des Embryosacks von *Lilium Martagon* mit einem ruhenden Kern ab. Neben dem Kern liegt eine Plasmaansammlung, in der sich ein im Verhältnis zu den anderen abgebildeten „Centrosomen“ drei- oder noch mehrmal grösserer Körper befindet. BERNARD glaubt nicht, dass es sich hier um einen extranuklearen Nukleolus handelt. Mir traten nun in den Embryosäcken von *Lilium candidum* ganz ähnliche Bilder entgegen. Neben den Polkernen, bezw. dem sekundären Embryosackkern, befanden sich ein oder mehrere Körper, von welchem jeder mit einer filzigen Plasmaschicht umhüllt war. Dieselben Körper fanden sich auch frei im Cytoplasma vor. Sie waren, wie sich aus der Färbung und dem Verhalten gegen Reagentien entnehmen liess, keine Nukleolen, sondern irgendwelche andere überschüssige Stoffe, die sich vielleicht in kleinen Vakuolen resp. Alveolen gesammelt hatten und durch eine dichte Plasmaschicht gegen die Umgebung abgegrenzt worden waren. Höchst wahrscheinlich waren es fett- oder ölhaltige Substanzen, da sie durch die Osmiumsäure enthaltenden Fixierungsmittel geschwärzt waren. Centrosomen waren es demnach auf keinen Fall¹⁾.

Eine Prüfung des Embryosacks von *Alisma Plantago*, für welchen von SCHAFFNER vor längerer Zeit Centrosomen angegeben worden waren²⁾, gab ebenfalls in dieser Beziehung keinen Anhaltspunkt. Es hätte sich da eventuell ein sehr interessantes Bild uns präsentieren können. Es finden sich, wie es bei den Phanerogamen Regel ist, auch bei *Alisma* in der Mitte des Embryosacks zwei Kerne vor, die miteinander zum sekundären Embryosackkern verschmelzen. Zugleich sollen auch die nach SCHAFFNER jeden Kern in Zweizahl begleitenden Centrosomen wechselweise sich vereinigen. Die Arbeit, in welcher SCHAFFNER diese Angaben machte, war schon erschienen, bevor der Vorgang der sogenannten vegetativen Befruchtung entdeckt worden war, der ja darin besteht, dass von den beiden in den Embryosack eintretenden Kernen sich der eine den Polkernen zugesellt und mit ihnen verschmilzt, ein Vorgang, den ich auch bei *Alisma* feststellen konnte. Wenn nun dieser zweite generative Kern, was nach GUIGNARD'S Angaben zu vermuten war, auch noch zwei Centrosomen mitgeführt

1) Vergl. auch mein Referat über die BERNARD'sche Arbeit in der Bot. Ztg., 59. Jahrg., 1901, Nr. 12, Sp. 185.

2) J. H. SCHAFFNER, The Embryosac of *Alisma Plantago*. Bot. Gaz., Vol. XXI, 1896, S. 123 ff.

hätte, so wäre uns ein ganzer Tummelplatz von Centrosomen entgegengetreten. Doch war nichts davon zu entdecken. Es erscheint mir nach den Bildern, die SCHAFFNER gibt, unwahrscheinlich, dass er den bogenförmig gekrümmten, dem sekundären Embryosackkern angeschmiegtten Spermakern mit Centrosomen verwechselt hätte.

Auch bei der Eibefruchtung von *Alisma*, wie von *Lilium Martagon* und *candidum*, die ich daraufhin untersuchte, traten mir keine Centrosomen entgegen.

Über das Vorhandensein von Centrosomen in den vegetativen Zellen höherer Pflanzen sind seit jeher die Angaben spärlicher und weniger bestimmt gewesen. Den älteren Angaben von GUIGNARD¹⁾, DEMOOR²⁾, SCHAFFNER³⁾ und FULMER⁴⁾ reihen sich die neueren von BERNARD und SCHAFFNER an. BERNARD meint Centrosomen im Albumen und den vegetativen Zellen des Ovulums von *Lilium Martagon* gefunden zu haben; doch glaubt er selbst nicht recht an die Centrosomennatur der von ihm beobachteten Körperchen. Für mich steht es ausser Zweifel, dass BERNARD extranukleare Nukleolen, die so leicht sich an den Spindelpolen vorfinden und Centrosomen vortäuschen können, vor sich hatte, zumal die von ihm abgebildeten Spindeln sich sämtlich im Stadium der Anaphase befinden, jenem Stadium, in welchem bei den Liliaceen in so grosser Menge extranukleare Nukleolen im Plasma auftreten, wie ich selbst beobachten konnte.

Extranukleare Nukleolen sind es wohl der Hauptmenge nach, welche mit Centrosomen verwechselt wurden. Auf solche liessen sich z. B. die centrosomenartig sich verhaltenden Körper im sporogenen Gewebe von *Psilotum triquetrum* zurückführen⁵⁾. Auch die von DEMOOR in der Kälte ausgesetzten Zellen der Staubfadenhaare von *Tradescantia* beobachteten Gebilde lassen sich nach den Beobachtungen, welche HOTTES⁶⁾ und SCHRAMMEN⁷⁾ an den Zellen von

1) Nouvelles études etc. l. c.

2) Contribution à l'étude de la Physiologie de la cellule. Archives de Biologie, Tome XIII, 1894.

3) Karyokinesis in the Root Tips of *Allium Cepa*. Bot. Gaz., Vol. XXVI, 1898, S. 225, Taf. XXI.

4) Cell Division in Pine Seedlings. Ebenda, S. 239.

5) Vergl. hierzu S. (84) und L. GUIGNARD, L'origine des sphères directrices. Journ. de Bot., Tome VIII, 1894, S. 241. — F. ROSEN, Kerne und Kernkörperchen in meristematischen und sporogenen Geweben. COHN's Beitr. zur Biol. der Pflanzen, Bd. VII, 1896. — K. SHIBATA, Cytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXVII, 1902, S. 662.

6) Vergl. E. STRASBURGER, Über Reductionsteilung usw. S. 127.

7) FR. R. SCHRAMMEN, Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia Faba*. Verhandl. des naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande usw. LIX. Jahrg. 1902.

Pflanzenteilen, die der Kälte ausgesetzt waren, als extranukleare Nukleolen bestimmen. Mir traten bei meinen Untersuchungen mehrfach Fälle entgegen, wo solche Nukleolen jene Stellen im Plasma-leib einnahmen, an welchen man gegebenenfalls Centrosomen vermuten konnte. Auch können Anlagen von Chromatophoren hier und da in den Eizellen Stellungen einnehmen, welche an die von Centrosomen erinnern und so Anlass zu Täuschungen geben. Ich füge noch die Angaben von JUEL hinzu, der im Cytoplasma der Embryosackmutterzelle von *Larix europaea* seitlich neben den Spindelpolen Körneransammlungen vorfand, die seiner Ansicht nach Reste oder Umwandlungsprodukte von Faserpartien darstellen, welche er neben dem in der Prophase befindlichen Kern antraf. Vielleicht vertreten sie, so meint JUEL, die Stelle von Centrosomen¹⁾. Ob diese Vermutung richtig ist, sei dahingestellt.

Wie mannigfach besonders in vegetativen Zellen die centrosom-ähnlichen Gebilde sein können, zeigt die schon früher²⁾ erwähnte NĚMEC'sche Zusammenstellung. Meines Erachtens unterliegt es keinem Zweifel, dass manches als Centrosom beschriebene Gebilde unter die vorhin angeführten einzureihen ist. Leicht können aber auch Beobachtungsfehler sich eingestellt haben, die auf optische Täuschungen zurückzuführen sind. Die Schwierigkeit ist gross genug, Centren von Strahlungssystemen polarer Kinoplasmalfasern richtig zu erkennen.

Zum Schlusse will ich noch darauf hinweisen, dass in den zahlreichen neueren Publikationen, welche sich mit Kernteilungsfragen bei den höheren Pflanzen beschäftigen, teils nichts von Centrosomen erwähnt, teils ihr Vorhandensein in Abrede gestellt wird. Selbst in den ausserordentlich eingehenden neueren Arbeiten GUIGNARD's über den Befruchtungsvorgang bei den Angiospermen ist von Centrosomen nichts mehr zu entdecken. Ziehen wir dazu noch in Betracht, dass es einer Anzahl Forscher, wie FARMER, STRASBURGER, NĚMEC, ohne Schwierigkeit gelang, bei niederen Pflanzen Centrosomen sichtbar zu machen, während alle ihre Versuche, dasselbe bei höheren Pflanzen zu erreichen, fehlschlügen, so können wir uns mit Fug und Recht (der Meinung STRASBURGER's³⁾) anschliessen, dass die Behauptung, es müssten trotz alledem Centrakörper noch bei den höheren Pflanzen gefunden werden, zunächst nur den Wert persönlicher Überzeugung beanspruchen kann.

Die weiterschreitende Erforschung der Centrosomen bei den niederen Pflanzen hat ergeben, dass nur in den seltensten Fällen die

1) H. O. JUEL, Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXV, 1900, S. 635.

2) Vergl. S. (82).

3) E. STRASBURGER, Ber. der Deutsch. Bot. Gesellschaft, Bd. XIX, 1901, I. c.

vollkommene Ausbildungsform des von einer individualisierten Kinoplasmasphäre umgebenen Körperchens zu beobachten ist. Für die Bryophyten, bei welchen derartige Centrosphären verschiedentlich angegeben wurden, muss ihre Existenz angezweifelt werden. Wenigstens fanden BR. M. DAVIS¹⁾ und CH. J. CHAMBERLAIN²⁾ bei *Pellia* nur die Sphären ohne das eingeschlossene Körperchen, VAN HOOK³⁾ und IKENO⁴⁾ bei *Marchantia* nur ein Körperchen ohne Sphäre vor. Bei den Braunalgen und Diatomeen sind auch nur die Körperchen selbst vorhanden, welche den Mittelpunkt einer bei der Kernteilung besonders stark ausgebildeten Strahlung einnehmen. Die Körperchen selbst erscheinen dabei entweder kugelig oder länglich gestreckt und hantelförmig gebogen⁵⁾. Sie vermehren sich durch Längsteilung und bestehen, wenigstens bei den Braunalgen, von einem Teilungsschritt zum anderen fort. Für ihren nuklearen Ursprung bei *Marchantia* tritt IKENO ein⁶⁾ 7).

Es sei an dieser Stelle noch ein kurzer Bericht über die neueren Arbeiten angeschlossen, welche sich mit den **Blepharoplasten** befassen, d. h. jenen anfangs kugeligen Körpern, welche bei bestimmten Phasen der Spermatogenese der Pteridophyten und einiger Gymnospermen auftreten, sich später zu einem längeren Bande strecken, und als Cilienbildner fungieren. Auf der einen Seite werden diese Körper als homolog mit den Centrosomen angesehen, so von IKENO, HIRASE, BELAJEFF, MEVES und V. KORFF, während SHAW, STRASBURGER und WEBBER auf der anderen Seite diese Homologie in Abrede stellen⁸⁾. STRASBURGER leitet vielmehr die Blepharoplasten

1) BR. MOORE DAVIS, Ann. of Bot., vol. XV, 1901, l. c. S. 147.

2) CH. J. CHAMBERLAIN, Bot. Gaz. vol. XXXVI, 1903, l. c. S. 28.

3) J. M. VAN HOOK, Notes on the Division of the cell and nucleus in Liverworts. Bot. Gaz. vol. XXX, 1900, S. 394.

4) IKENO, Beih. zum Bot. Centralbl. Bd. XV, 1903, S. 65.

5) Vergl. E. STRASBURGER, Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXX, 1897, S. 389 ff. Dort auch weitere Literatur. Dazu noch DAVID M. MOTTIER, Ber. der Deutschen Bot. Ges. Bd. XVI, 1898, l. c. S. 123 und Ann. of Bot. vol. XIV, 1900, l. c. S. 163. Dann G. KARSTEN, Die Auxosporenbildung der Gattungen *Cocconeis*, *Surirella* und *Cymatopleura*. Flora. Bd. LXXXVII, 1900, S. 253.

6) l. c. S. 72.

7) Betreffs der auf zoologischem Gebiet ventilirten Nomenklaturfrage verweise ich im besonderen auf BOVERI, Zellenstudien IV, Über die Natur der Centrosomen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. XXXV, N. F. 28, 1901, und F. MEVES, Über oligopyrene und apyrene Spermien und über ihre Entstehung nach Beobachtungen an *Paludina* und *Pygaera*. Arch. für mikrosk. Anatomie und Entwicklungsgesch. Bd. LXI, 1902, S. 46 ff.

8) Ich verweise auf die diesbezügliche Literaturzusammenstellung in E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw. S. 177 ff. Dazu F. MEVES, II. Bericht über „Zellteilung“ in den Ergebnissen der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. VIII, 1898, Wiesbaden 1899, S. 469.

von den cilienbildenden Organen bei den Schwärmsporen der Algen ab und hält sie für Gebilde *sui generis*.

Eine soeben erschienene Arbeit von IKENO¹⁾ über die Spermatogenese von *Marchantia polymorpha* ist vielleicht geeignet, eine Lösung der Frage herbeizuführen. IKENO konnte Centrosomen im ganzen Entwicklungsgang der Spermatogenese dieses Lebermooses verfolgen.

Bei den Innenzellen des jungen Antheridiums soll das Centrosom im Kern erscheinen, durch die Kernwand heraustreten und dann sich halbieren. Die Teilstücke wandern an zwei entgegengesetzte Seiten des Kerns. Von ihnen geht die Spindelbildung aus. Am Ende der Teilung verschwinden die Centrosomen, um bei Beginn der neuen Teilung wieder im Kern aufzutreten. Hier sind die Centrosomen also keine permanenten Gebilde. In den Spermatiden-Mutterzellen verschwinden sie jedoch nicht nach der Teilung, sondern bleiben unverändert erhalten, bis sie blepharoplastische Funktion übernehmen. Das Centrosom jeder Zelle rückt dicht an die Hautschicht, so dass es den Anschein erweckt, als habe man es mit einer Verdickung der Hautschicht zu tun, dort streckt es sich etwas und entsendet zwei gleichgerichtete Cilien. Es finden sich also nach IKENO typische Centrosomen bei allen Zellgenerationen der Antheridien, die erst bei der Spindelbildung sich beteiligen, beim letzten Stadium der spermatogenetischen Teilungen jedoch ihre Funktion wechseln und als Cilienbildner dienen sollen.

CHAMBERLAIN²⁾ sucht in seiner kürzlich erschienenen Arbeit über *Pellia* zu begründen, dass Centrosomen, Centrosphären und Blepharoplasten entwicklungsgeschichtlich miteinander in Zusammenhang stehen und dass sie mit ihren Strahlungen, Spindelfasern und Cilien nur verschiedene Äusserungen kinoplasmatischer Aktivität sind, deren Hauptaufgabe in allen Fällen die Bewegung ist.

Kinoplasmatischer Natur sind, wie ihre schon oben berührte Entstehungsgeschichte lehrt, auch die **Cilien**³⁾. Sie gehen bei den Schwärmsporen der Algen aus einer Verdickungsstelle der Hautschicht hervor. Die lokale Anschwellung der Hautschicht wird dabei vom Kern der Sporenanlage veranlasst, der sie auch zur Tätigkeit anregt, und zwar scheint diejenige Kernsubstanz dabei im Spiele zu sein, welche der Nukleolarsubstanz der höheren Pflanzen entspricht.

1) S. IKENO, Beiträge zur Kenntnis der pflanzlichen Spermatogenese: Die Spermatogenese von *Marchantia polymorpha*. Beih. zum Botan. Centralbl. Bd. XV, 1903, S. 65.

2) CHARLES J. CHAMBERLAIN, Mitosis in *Pellia*. Botan. Gaz. vol. XXXVI, 1903, S. 41 ff.

3) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw. S. 188 ff., dort auch die übrige Literatur.

In den Spermatiden der Farne, Wasserfarne, Schachtelhalme, Cyca-
deen und *Gingko* entwickeln sich die Cilien aus dem zu einem
längeren Bande sich streckenden, im Cytoplasma des Zellinnern
entstehenden Blepharoplasten. Die Cilienbildung selbst lässt sich
mit der von Kinoplasmastrahlen im Cytoplasma und von Spindel-
fasern vergleichen¹⁾.

Den Cilien zur Seite zu stellen und auch aus Hautschicht-
substanz hervorzugehen scheinen STRASBURGER die **Plasmaverbindungen**,
durch welche die Protoplasten benachbarter Zellen miteinander in
Zusammenhang stehen²⁾. In ihrer Anordnung und Ausgestaltung be-
sitzen diese eine frappante Ähnlichkeit mit den Verbindungsfäden-
komplexen, welche sich gegen Ende einer Karyokinese zwischen den
jungen Tochterzellen zeigen. Hierauf hatte schon TANGL³⁾ hinge-
wiesen, es aber dahingestellt gelassen, ob diese Ähnlichkeit nur eine
äusserliche oder entwicklungsgeschichtlich bedingte wäre. RUSSOW⁴⁾
dagegen sprach sich für letztere Annahme aus, ebenfalls verschiedent-
lich GARDINER⁵⁾, letzthin auch HILL⁶⁾, während KIENITZ-GERLOFF⁷⁾
und weiterhin auch STRASBURGER⁸⁾ eine solche Entstehungsweise
der Plasmaverbindungen aus Verbindungsfäden, welche nach der
Teilung persistieren sollten, in Abrede stellten. Die Plasmaverbin-
dungen entstehen nach ihnen vielmehr unabhängig von der Zell-
teilung und speziell STRASBURGER⁹⁾ ist der Meinung, dass sie nach-
träglich in die Membranen, allerdings schon in deren jüngsten Ent-
wicklungsstadien eingeschaltet werden, indem sie, von verschiedenen
Protoplasten entspringend, innerhalb der Wandung aufeinander
treffen, hier jedoch nicht verschmelzen, sondern nur in innigen
Kontakt geraten. Nach A. MEYER's Untersuchungen bei *Volvox*¹⁰⁾

1) E. STRASBURGER, l. c. S. 189.

2) E. STRASBURGER, Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen. Jahrb. für
wiss. Bot., Bd. XXXVI, 1901, S. 504, 506, 595 u. a. a. O.

3) E. TANGL, Über offene Kommunikationen zwischen den Zellen des Endo-
sperms einiger Samen. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XII, 1879—1881, S. 182.

4) RUSSOW, Über den Zusammenhang der Protoplasmakörper benachbarter
Zellen. Sitzungsber. der Dorpater Naturf.-Gesellsch., Sept. 1883, S. 14.

5) W. GARDINER, The Histology of the Cell Wall with special reference to
the mode of connection of Cells. Proceedings of the Royal Society Bd. LXII, 1898,
S. 110, und The Genesis and Development of the Wall and connecting Threads in
the Plant Cell, ebenda Bd. LXVI, 1900, S. 186.

6) A. HILL, The histology of the sieve-tubes of Pinus. Ann. of Bot., vol. XV, S. 575.

7) KIENITZ-GERLOFF, Die Protoplasmaverbindungen zwischen benachbarten
Gewebeelementen in der Pflanze. Botan. Zeitg. 1891, XLIX. Jahrg. Sp. 40.

8) E. STRASBURGER, Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen. Jahrb. für
wissensch. Bot., Bd. XXXVI, 1901, S. 495 ff.

9) l. c. S. 502, 503.

10) A. MEYER, Die Plasmaverbindungen und die Membranen von *Volvox globator*,
aureus und *tertius* mit Rücksicht auf die tierischen Zellen. Botan. Zeitg. Originalabb.
Jahrg. LIV, 1896, S. 197.

dagegen sollen die Plasmaverbindungen sofort beim Auseinanderücken der Zellen entstehen, doch hält er es für wahrscheinlich, dass nicht alle von vornherein ausgebildet werden, vielmehr auch später noch ihre Anlage möglich sei. A. MEYER hält es für nicht erwiesen, dass die Fortsätze der Protoplasten nur aufeinander treffen und in innige Berührung gelangen¹⁾, ebenfalls nicht, dass, wie STRASBURGER zu begründen sucht²⁾, die Plasmaverbindungen der Hautschicht des Protoplasten angehören, sie stellen vielmehr nach ihm zu feinen Fäden ausgezogenes Cytoplasma vor und sind den Pseudopodien nahe zu stellen³⁾. In dieser Auffassung bestärken ihn seine Beobachtungen an Pilzen, in welchen die Plasmaverbindungen durch blosse Einschnürung des Cytoplasmas seitens der ringförmig angelegten und durch Auflagerung von Membranlamellen nach innen wachsenden Zellwand entstehen⁴⁾.

Die Plasmaverbindungen oder „Plasmodesmen“, wie sie STRASBURGER zu bezeichnen vorschlägt⁵⁾, finden sich in verschiedener Anordnung vor, entweder durchsetzen sie in ziemlich regelmässigen Abständen die Zellwände oder sie finden sich neben diesen an einzelnen Stellen der Zellwände gehäuft vor⁶⁾. In Endospermzellen, deren Wände stark verdickt und mit Tüpfeln versehen sind, zeigt sich diese Anordnung, bedingt durch den eigentümlichen Bau der Wände, in auffallender Weise⁷⁾. Entweder durchsetzen da die Plasmabrücken ausschliesslich die Tüpfelmembran, in der sie dicht nebeneinander verlaufen und in ihrer Gesamtheit an Kernspindeln erinnern, deren Pole von den benachbarten Zelllumina dargestellt werden, oder sie finden sich vereinzelt an beliebigen Stellen der Zellhaut vor. Die Plasmaverbindungen ersterer Art nennt KOHL „aggregierte“, die der letzteren „solitäre“. Beide Arten finden sich in einer Zelle in der Regel nicht vor. Die Beobachtungen an keimenden Samen⁸⁾, welche stark verdickte, von solitären Plasmodesmen durchsetzte Endospermwände besaßen, bekräftigten STRAS-

1) E. STRASBURGER, l. c. S. 503. A. MEYER, Referat über die STRASBURGER'sche Arbeit in der Bot. Zeitg. LX. Jahrg. 1902, Sp. 104.

2) E. STRASBURGER, l. c. S. 504, 506.

3) A. MEYER, Referat l. c. Sp. 104 und Die Plasmaverbindungen und die Fusionen der Pilze in der Florideenreihe Bot. Zeitg. LX. Jahrg., 1902, S. 142, 167 ff.

4) l. c. Botan. Zeitg. 1902, S. 144 ff.

5) l. c. S. 503.

6) E. STRASBURGER, l. c. S. 505 und FR. KUHLA, Die Plasmaverbindungen bei *Viscum album* Bot. Zeitg. 1900, Orig.-Abh. Taf. III. Fig. 27.

7) W. GARDINER, On the continuity of the protoplasm through the walls of vegetable cells. Arbeiten des bot. Instit. in Würzburg, Bd. III, Heft 1. 1884, S. 86 und E. KOHL, Dimorphismus der Plasmaverbindungen. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. Bd. XVIII, 1900, S. 364.

8) E. STRASBURGER, l. c. S. 534 ff.

BURGER in der Annahme, dass es diese Plasmodesmen sind, welche zur Leitung des die Auflösung der Wände bewirkenden Ferments dienen. In herbstlichen Blättern werden die Plasmodesmen nicht eingezogen¹⁾, wie überhaupt bei langsamem Erlöschen der Lebensvorgänge eine Einziehung der Plasmodesmen zu unterbleiben scheint. Jedoch werden die Plasmodesmen bei Verletzungen, falls diese nicht den unmittelbaren Tod der Protoplasten zur Folge haben, ebenfalls bei anhaltender Plasmolyse²⁾ aus den Zellwänden zurückgezogen.

Bei Veredelungen finden sich, wie STRASBURGER³⁾ nachweisen konnte, an der Verwachsungsstelle zwischen Reis und Unterlage Plasmodesmen vor. Alles deutet darauf hin, dass durch diese Plasmaverbindungen eine Reizfortpflanzung stattfindet, derzufolge das durch Verwachsung mit einem anderen vereinigte Pflanzenglied zu ihm in ein korrelatives Verhältnis tritt. Zwischen *Viscum* und seiner Wirtspflanze konnte STRASBURGER⁴⁾ ebensowenig, wie vor ihm KIENITZ-GERLOFF⁵⁾ und KUHLA⁶⁾ Plasmodesmen nachweisen. Bei *Cuscuta* treten allerdings die Siebröhren mit denen des Wirts in offene Kommunikation, es werden aber auch in diesem Falle sonst keine Verbindungen zwischen den Symbionten gebildet, durch welche sich der Parasit in lebendige Wechselwirkung mit seiner Wirtspflanze gesetzt hätte; er nutzt sie nur als Nahrungsquelle aus⁷⁾. — Aus den Plasmodesmen in den Siebfeldern der Siebröhren gehen Schleimfäden, nicht Kallusfäden hervor⁸⁾, wie der Vollständigkeit halber mitgeteilt sei.

Nach HILL's⁹⁾, ferner KUHLA's¹⁰⁾ Untersuchungen zeigen sich bei den Blütenpflanzen alle lebenden Zellen, welcher Gewebeart es auch sei, durch Plasmodesmen verbunden. Selbst in denjenigen Wänden, welche die Grenze zweier verschiedener Gewebearten bilden, waren in weitaus den meisten Fällen Plasmodesmen zu beobachten. In

1) E. STRASBURGER, l. c. S. 554 ff.

2) l. c. S. 562, 563 ff.

3) l. c. S. 584 ff.

4) l. c. S. 599.

5) Botan. Zeitg. 1891, Sp. 65.

6) FR. KUHLA, Die Plasmaverbindungen bei *Viscum album*. Bot. Zeitg., LVIII. Jahrg., Orig.-Abh., S. 50.

7) Vergl. hierzu PERCE, On the structure of the Haustoria etc. Ann. of Botany, vol. VII, 1893, S. 292 ff. und STRASBURGER l. c. S. 601, 602.

8) Vergl. hierzu E. STRASBURGER l. c. S. 522, dort auch die übrige Literatur. Dann ARTHUR W. HILL, The Histology of the sieve-tubes of *Pinus*. Ann. of Botany, Vol. XV, S. 575, und daran anknüpfend E. STRASBURGER's Bemerkungen zu dieser Arbeit, Bot. Zeitg. LX. Jahrg. 1902, Sp. 49.

9) A. HILL, Distribution and character of connecting threads in the tissues of *Pinus sylvestris* and other allied species. Proceedings of the Royal Society, London. Vol. LXVII, S. 186.

10) FR. KUHLA, Bot. Zeitg. l. c. S. 28.

verholzten oder verkorkten Membranen waren Verbindungsfäden nur sehr schwer, gewöhnlich garnicht zu erkennen. Dass auch bei niederen Pflanzen alle lebenden Zellen eines Individuums durch Plasmabrücken verbunden sein können, zeigten die Beobachtungen an Pilzen¹⁾.

Die Verbreitung der Plasmodesmen im Pflanzenreich scheint auch eine ziemlich allgemeine zu sein, wie aus den neueren Arbeiten von KIENITZ-GERLOFF²⁾ und KOHL³⁾ hervorgeht. Bloss bei den Algen, insbesondere bei den Fadenalgen, missglückte ihr Nachweis in den meisten Fällen. Hier ist nach KIENITZ-GERLOFF⁴⁾ das Fehlen der Plasmodesmen sogar wahrscheinlich, da jede einzelne Zelle eines Fadens eine sehr weitgehende Selbständigkeit in Ernährung und Fortpflanzung besitzt.

Die Plasmodesmen dienen, um nur kurz ihren physiologischen Wert zu skizzieren, wie man jetzt allgemein annimmt, und worauf auch die vorhin erwähnten Veredelungsversuche hinweisen, der Reizübertragung⁵⁾. Ferner haben sie — wenn auch manchmal nur in begrenzter Weise — in die Vorgänge des Stofftransports einzugreifen. Dass die Plasmodesmen auch als Bahnen für Plasmawanderung Verwendung finden können, wie KIENITZ-GERLOFF anfangs anzunehmen geneigt war⁶⁾, erscheint ausgeschlossen⁷⁾. Die Kerndurchtritte von einer Zelle in die andere, wie sie von MIEHE⁸⁾,

1) A. MEYER, *Botan. Zeitg.* Bd. LX, 1902, S. 143, dort auch die übrige diesbezügliche Literatur.

2) KIENITZ-GERLOFF, *Neue Studien über Plasmodesmen*, *Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft*, Bd. XX, 1902, S. 93.

3) F. KOHL, *Beiträge zur Kenntnis der Plasmaverbindungen in den Pflanzen*. Beihefte zum *Botan. Centralbl.*, Bd. XII, 1902, H. 3, S. 343.

4) l. c.

5) W. PFEFFER, *Zur Kenntnis der Kontaktreize*. *Unters. aus dem Botanischen Institut zu Tübingen*, Bd. I. Heft 4, 1885, S. 528. G. HABERLANDT, *Physiologische Pflanzenanatomie*, II. Aufl., 1896, S. 49. Ferner: Derselbe, *Siunesorgane im Pflanzenreich zur Perception mechanischer Reize*. Leipzig bei W. ENGELMANN, 1901, S. 149ff. Vergl. im übrigen die Literaturangaben in E. STRASBURGER, l. c. S. 533ff.

6) F. KIENITZ-GERLOFF, *Die Protoplasmaverbindungen zwischen benachbarten Gewebelementen in der Pflanze*. *Bot. Zeitg.*, XLIX. Jahrg., 1891, Sp. 56, und *Protoplasmastromung und Stoffwanderung in der Pflanze*. *Bot. Zeitg.*, LI. Jahrg., 1893, *Orig.-Abh.*, S. 40; dagegen vergl. die letzte Abhandlung desselben, *Bot. Zeitg.* 1902, S. 110.

7) Eingehende Behandlung finden diese Fragen physiologischen Inhalts in HABERLANDT's *Physiologischer Pflanzenanatomie*, II. Aufl., 1896, an versch. O. PFEFFER's *Pflanzenphysiologie*, II. Aufl., Bd. I, 1897, S. 96ff., und in E. STRASBURGER l. c. 1901, S. 533ff.

8) H. MIEHE, *Über die Wanderungen des pflanzlichen Zellkernes*. *Flora*, Bd. 88, 1901, S. 105.

HOTTES¹⁾, SCHRAMMEN²⁾ und mir³⁾ geschildert wurden und wie sie STRASBURGER auch für die Eier und die diese umgebenden Zellen von Gymnospermen annimmt⁴⁾, können nicht als Beweis für das Bestehen einer Plasmawanderung durch die Plasmodesmen herangezogen werden: handelt es sich doch hierbei um Vorgänge, die durch eine Alteration der Objekte (Verletzung, Fixierung, Einwirkung von hoher und niederer Temperatur u. a.) veranlasst wurden. Inwieweit die sehr merkwürdigen Befunde, welche FARMER, MOORE und DIGBY⁵⁾ bei apogamen Farnen entdeckten, wo in der Region, in welcher die apogamen Auswüchse entstehen, zweikernige Zellen durch Wanderung des Kerns einer Zelle in eine benachbarte sich in grosser Zahl haben beobachten lassen, bei der Frage nach der Plasmawanderung verwertet werden können, müssen weitere Untersuchungen lehren.

Dass bei den Pilzen eine Plasmawanderung von einer Zelle in die andere in normalem Zustand durch die Poren der Hyphenquerswände erfolgen kann, lehren besonders die Beobachtungen von REINHARDT⁶⁾ und CHARLOTTE TERNETZ⁷⁾. In diesen Fällen handelte es sich aber nach A. MEYER⁸⁾ um eine Wanderung des Plasmas durch weitere Öffnungen noch unvollendeter ringförmiger Zellwände.

Daneben wurde aber auch beobachtet, dass durch feinere Kanäle bei den Pilzen normalerweise Kerne hindurchwandern⁹⁾.

Es würde zu weit führen, hier ebenfalls auf die Verschmelzungen von Protoplasten einzugehen, die bei der Vereinigung von Myxomycetenamöben zu Plasmodien beim Auflösen der Wände aufeinander treffender Pilzhyphe und Milchröhren u. a. eintreten¹⁰⁾. Be-

1) Nach dem Bericht von E. STRASBURGER in seiner Abhandlung über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen, l. c. S. 552.

2) FR. R. SCHRAMMEN, Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia Faba*. l. c. 1902, S. 87.

3) M. KOERNICKE, Über Ortsveränderung von Zellkernen. Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde, Bonn 1901, S. 14.

4) E. STRASBURGER, l. c. S. 550 ff.

5) J. B. FARMER, J. E. S. MOORE and L. DIGBY, On the cytology of apogamy and apospory. I. Preliminary note on apogamy. Proceed. of the Royal Soc. Vol. 71. S. 453.

6) M. O. REINHARDT, Das Wachstum der Pilzhyphe. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXIII, 1892, S. 562.

7) CH. TERNETZ, Protoplasmabewegung und Fruchtkörperbildung bei *Ascophanus carneus*. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXV, 1900, S. 273 ff.

8) l. c. S. 150.

9) W. RUHLAND, Zur Kenntnis der intracellularen Karyogamie bei den Basidiomyceten. Bot. Zeitg. 1901, S. 187, Fig. 20, und GRANT SMITH, The Haustoria of the Erysiphe. Bot. Gaz., Vol. 29, 1900, S. 164.

10) Vergl. über die Zellfusionen das Bonner Lehrbuch der Botanik, 6. Aufl., S. 77.

sonders hinweisen möchte ich nur auf die eingehende Behandlung, welche A. MEYER¹⁾ diesen Bildungen widmet.

Dass das Plasma aus der schützenden Hülle der Membran durch Poren herausgeschickt und als **extramembranöses Plasma** oder Aussenplasma eine Reihe von Funktionen übernehmen kann, deren wichtigste der Membranbau ist, gibt F. SCHÜTT²⁾ für Peridineen und Diatomeen an und beschreibt das genauere dieses Aussenplasma³⁾. Auch HAUPTFLEISCH⁴⁾ glaubt bei Diatomeen durch die Poren hindurchgehende, feine Plasmafortsätze gesehen zu haben, und O. MÜLLER, der zuerst diese Beobachtungen bekämpft hatte⁵⁾, bekannte sich später wiederholt⁶⁾ ebenfalls zu der Annahme des aus den Poren austretenden, extramembranösen Plasmas, während KARSTEN⁷⁾ für die Nichtexistenz dieses Plasmas eintritt. SCHÜTT's letzte Abhandlungen⁸⁾ zeigen, dass er im Gegensatz zu KARSTEN auf seinem Standpunkt verharret.

Auch für höhere Pflanzen war verschiedentlich das Vorhandensein extramembranösen Plasmas angegeben worden und zwar sollte sich in den Intercellularen lebendes Protoplasma vorfinden. L. KNY⁹⁾, welcher die jungen und ausgewachsenen Lufträume von Wasserpflanzen daraufhin untersuchte, konnte in keinem Falle lebendes Protoplasma, sei es mit, sei es ohne Zellkerne oder Chromatophoren, als Auskleidung beobachten. —

Über die Art der **Zellhautbildung** bei den Pflanzen und die darüber existierende Literatur informiert uns am besten die Arbeit

1) Bot. Zeitg. 1902, S. 150, 170.

2) F. SCHÜTT, Die Peridineen der Planktonexpedition. I. Teil. Studien über die Zelle der Peridineen. Ergebnisse der Planktonexpedition der Humboldtstiftung. Herausgegeben von HENSEN, Bd. IV, 1895, S. 128ff.

3) Derselbe, Zentrifugales Dickenwachstum der Membran und extramembranöses Plasma. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXIII, 1899, S. 594ff.

4) P. HAUPTFLEISCH, Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. Mitteilungen des naturw. Vereins für Neu-Vorpommern und Rügen, 1895.

5) O. MÜLLER, Die Ortsbewegung der Bacillariaceen, III. Ber. der Deutschen Bot. Ges., Bd. XIV, 1896, S. 54ff.

6) Derselbe, Kammern und Poren in der Zellwand der Bacillariaceen, I. Ber. der Deutschen Bot. Ges., Bd. XVI, 1898, S. 400ff. und II., ebenda, Bd. XVII, 1899, S. 443ff. Vergl. hierbei auch R. LAUTERBORN, Untersuchungen über Bau, Kernteilung und Bewegung der Diatomeen. Leipzig, bei ENGELMANN 1896, S. 119ff. und 133ff.

7) G. KARSTEN, Referat über die unter 3) angeführte Arbeit SCHÜTT's, Bot. Zeitg., 57. Jahrg., 1899, Sp. 331.

8) F. SCHÜTT, Die Erklärung des zentrifugalen Dickenwachstums der Membran. Bot. Zeitg., 58. Jahrg., 1900, Sp. 245ff., und Zentrifugale und simultane Membranverdickungen. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXV, 1900, S. 470ff.

9) L. KNY, Lebendes Protoplasma in den Lufträumen von Wasserpflanzen. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Jahrg. 1900, Bd. XVIII, S. 43ff. Dort auch die ältere Literatur.

STRASBURGER's über die pflanzlichen Zellhäute¹⁾. Nach STRASBURGER sind die Zellhautstoffe Produkte des Protoplasma. Um Zellhäute zu bilden, werden sie entweder auf der Oberfläche des Protoplasten ausgeschieden oder verbleiben im Innern des Protoplasten, um dort mannigfache Ausgestaltungen zu erfahren. In manchen Fällen wird eine gegebene Cytoplasmamasse nachweisbar ohne sichtbaren Rest in Membranstoff verwandelt, der somit allem Anschein nach ein Spaltungsprodukt der Substanz des Cytoplasma ist. Eine ähnliche Verwandlung in Cellulose konnte TISCHLER²⁾ bei den Plasmasträngen in dem Embryosack von *Pedicularis* und in den Epidermiszellen der Samenschale von *Corydalis* nachweisen. Die Zellhäute wachsen, wie STRASBURGER weiter angibt, in die Fläche durch passive Dehnung und gleichzeitige Anlagerung neuer Membranlamellen oder durch aktive Substanzeinlagerung. Das Dickenwachstum der Zellhäute erfolgt in den Geweben im allgemeinen durch Anlagerung neuer Membranlamellen; diese Membranlamellen erfahren meist keine weitere Dickenzunahme durch aktive Substanzeinlagerung, wohl aber mehr oder weniger weitgehende Veränderungen durch passive Infiltrationen und Inkrustationen. In bestimmten Fällen, so im besonderen bei frei entwickelten, oder aus dem Verbande tretenden Zellen, findet ein nachträgliches, oft mit bezeichnenden Gestaltungsänderungen verbundenes Dickenwachstum der angelegten Membranlamellen durch aktive Substanzeinlagerung statt. Wird in der bisher üblichen Weise das Wachstum durch Einlagerung als Intussusceptionswachstum bezeichnet, so greifen beide, getrennt oder vereint in das Flächen- und Dickenwachstum der Zellhäute ein. — TISCHLER konnte, wie STRASBURGER in den *Massula*-Anlagen von *Azolla*, im Embryosack von *Pedicularis* eine Verwandlung der Plasmastränge in Cellulose nachweisen.

REINHARDT's³⁾ plasmolytische Versuche an *Vaucheria* gaben keine Anhaltspunkte für eine Dehnung der Membran, durch welche STRASBURGER das Flächenwachstum erklärt. Durch die Plasmolyse wird das Wachstum sistiert. Während REINHARDT zu dem Schlusse gedrängt wird, dass für das Membranwachstum eine Wechselwirkung zwischen Membran und Plasma anzunehmen ist, erscheint FITTING⁴⁾

1) Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 511 ff.

2) G. TISCHLER, Über die Verwandlung der Plasmastränge in Cellulose im Embryosack bei *Pedicularis*. Berichte der phys.-ökon. Gesellsch. zu Königsberg 1899 und Derselbe, Untersuchungen über die Entwicklung des Endosperms und der Samenschale von *Corydalis cava*. Verh. des nat. med. Ver. zu Heidelberg, N. F., Bd. VI, 1901, S. 351 ff.

3) M. O. REINHARDT, Plasmolytische Studien zur Kenntnis des Wachstums der Zellmembran. Festschr. für SCHWENDENER, 1899, S. 425.

4) H. FITTING, Bau und Entwicklung der Makrosporen von *Isoetes* und *Selaginella*

bei dem Wachstum der Sporenhäute von *Isoëtes* und *Selaginella* eine direkte Beteiligung des Plasmas dabei ausgeschlossen zu sein. Diese Sporenhäute waren nämlich von einander isoliert und standen nicht in direkter Berührung mit dem Plasmakörper, zeigten jedoch Dicken- und Flächenwachstum. So scheinen diese Sporenhäute im Stande zu sein, selbstständig zu wachsen. DENKE¹⁾, welcher diese Verhältnisse nachprüfte, kam zu ähnlichen Resultaten.

Dass zur Zellhautbildung um isolierte Cytoplasmamassen das Vorhandensein eines Zellkerns darin oder eine lebendige Verbindung mit kernhaltigen Plasmamassen nötig ist, ergaben im Gegensatz zu PALLA²⁾ die Untersuchungen von TOWNSEND³⁾. Auch die GERASSIMOFF'schen Befunde weisen darauf hin, dass eine Beziehung zwischen Kern und Zellhautbildung besteht⁴⁾. GERASSIMOFF erhielt auf experimentellem Wege in Spirogyrafäden kernhaltige und kernlose Zellen. Die Kernmasse in den kernhaltigen Zellen war dank der Entstehungsweise der Zellen eine doppelt so grosse, wie in den gewöhnlichen Spirogyrazellen. Dieser Überschuss an Kernmasse rief nun ein stärkeres allgemeines Wachstum hervor als bei den gewöhnlichen Zellen, und zwar ging das Wachstum der Zellwand am stärksten in der Umgebung des Kerns vor sich. Die kernlosen Zellen sollen auch etwas in die Länge wachsen können. Diese Verlängerung dürfte jedoch nach FITTING's Meinung⁵⁾ auch ohne Wachstum der Zellwand lediglich durch Dehnung infolge Erhöhung des Turgors eintreten. Nach kurzer Zeit starben die kernlosen Zellen ab.

Durch die GERASSIMOFF'schen Beobachtungen erhielten auch die Angaben über die Lage des Zellkerns in sich entwickelnden Pflanzenzellen eine weitere Bestätigung. Der Kern befindet sich,

und ihre Bedeutung für die Kenntnis des Wachstums pflanzlicher Zellmembranen. Bot. Ztg., Bd. LVIII, 1900, S. 107.

1) P. DENKE, Sporentwicklung bei *Selaginella*. Beitr. zum bot. Centralbl., Bd. XII, 1902, S. 182 ff.

2) W. PALLA, Beobachtungen über Zellhautbildung an des Zellkerns beraubten Protoplasten, Flora, Bd. LXXIII, S. 314. Vgl. dazu auch ED. STRUMPF, Zur Histologie der Kiefer. Abhandlungen der Krakauer Akademie 1899, der ebenfalls die Bedeutung der Kerne bei der Membranbildung leugnet.

3) CH. O. TOWNSEND, Der Einfluss des Zellkerns auf die Bildung der Zellhaut. Jahrb. für wissenschaft. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 484.

4) J. J. GERASSIMOFF, Über die Lage und die Funktion des Zellkerns. Bull. de la Soc. des sc. nat. de Moscou 1899, S. 220, ferner: Über den Einfluss des Kerns auf das Wachstum der Zellen, ebenda 1901, S. 185, und: Die Abhängigkeit der Grösse der Zelle von der Menge ihrer Kernmasse, Zeitschr. für allgem. Physiol. Bd. I, 1902, S. 220.

5) Referat über die zweitgenannte Arbeit GERASSIMOFF's in der Bot. Zeitg., LX. Jahrg. 1902, Sp. 37.

wie HABERLANDT nachwies¹⁾, meist in grösserer oder geringerer Nähe derjenigen Stelle, an welcher das Wachstum am lebhaftesten vor sich geht oder am längsten andauert. Auch die Befunde von V. DERSCHAU²⁾ an den Peristomzähnen der Laubmoose sprechen dafür. Dort zeigte sich bei der Anlage der Verdickungen nur immer da die Ansammlung der in Cellulose sich verwandelnden Mikrosomen des Plasmas, wo der Kern sich befand. W. MAGNUS³⁾ konnte ebenfalls feststellen, dass in den Verdauungszellen von Mykorrhizen, in welchen sich Plasma in eine celluloseartige Masse umwandelt, Lage und Form des Kerns darauf hinweist, dass er in engster Beziehung zu dieser Cellulosebildung steht. Ähnliche Verhältnisse traten auch SHIBATA in den Pilzrhizomen von *Psilotum triquetrum* entgegen⁴⁾.

Der Kern.

Seit dem Jahre 1896, wo das Buch von A. ZIMMERMANN über „Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns“⁵⁾ erschien, sind unsere Kenntnisse über diesen Zellbestandteil wesentlich erweitert und vertieft worden. Wenn es auch nicht meine Absicht sein kann, über alle diesbezüglichen, seitdem erschienenen Arbeiten zu berichten, so will ich mich doch bemühen, möglichst alle heute interessierenden Fragen in der Kernforschung an der Hand der bemerkenswertesten Erscheinungen in der Literatur zu berücksichtigen.

Eine grosse Zahl von Forschern hat seine Untersuchungen auf den **Nachweis, den Bau und das Verhalten der Kerne in niederen pflanzlichen Organismen** gerichtet. Vor allem waren es die Schizophyten und Hefearten, deren Zellen auf Kernhaltigkeit hin studiert wurden.

Was die Bakterien betrifft, so stehen sich noch immer die Ansichten gegenüber, die für und wider die Kernnatur der im Plasma der Bakterien erkennbaren, sich in ihrem Verhalten Farbstoffen gegenüber wie Chromatin verhaltenden Körperchen sprechen. Für

1) G. HABERLANDT, Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkerns bei den Pflanzen, Jena 1887.

2) M. v. DERSCHAU, Die Entwicklung der Peristomzähne des Laubmoosporogoniums. Ein Beitrag zur Membranbildung. Bot. Centralbl., Bd. LXXXII, 1900, S. 161.

3) W. MAGNUS, Studien an der endotrophen Mykorrhiza von *Neottia Nidus avis* L., Jahrb. für wissenschaft. Bot., Bd. XXXV, 1900, S. 243.

4) K. SHIBATA, Cytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen, Jahrb. für wissenschaft. Bot., Bd. XXXVII, 1902, S. 661.

5) In diesem Buche, S. 14–33, unterrichte man sich über die chemische Zusammensetzung des pflanzlichen Zellkerns, ferner in den früher zitierten neueren Arbeiten von E. ZACHARIAS.

deren Kernnatur tritt im besonderen A. MEYER¹⁾ ein, während ALFR. FISCHER²⁾ und MIGULA³⁾ sie nicht als Kerne gelten lassen wollen. Beide Ansichten haben ihre Anhänger gefunden, wie die meist im Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten veröffentlichten Arbeiten der letzten Jahre zeigen⁴⁾. Das Vorhandensein eines Kerns nimmt auch BÜTSCHLI⁵⁾ für die Bakterienzelle an, jedoch besteht nach ihm mindestens die Hauptmasse des Bakterienleibes aus einem geformten Zellkern.

Ebensowenig wie bei den Bakterien, konnte man sich bis jetzt bei den Cyanophyceen in der Frage nach dem Kern einigen. Wiederum ist es ALFR. FISCHER⁶⁾ auf der einen Seite, welcher die Cyanophyceenzelle als kernlos ansieht. Ihm schliessen sich weiterhin besonders MACALLUM⁷⁾, ZACHARIAS⁸⁾ und MASSART⁹⁾ an, während

1) ARTHUR MEYER, Studien über die Morphologie und Entwicklungsgeschichte der Bakterien, ausgeführt an *Astasia asterospora* A. M. und *Bacillus tumescens* Zopf. Flora 1897, Erg.-Bd. S. 199. — Derselbe, Über Geisseln, Reservestoffe, Kerne und Sporenbildung der Bakterien. Flora 1899, S. 456, und Praktikum der botanischen Bakterienkunde, Jena bei GUST. FISCHER, 1903, S. 85.

2) ALFR. FISCHER, Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Jena, bei GUST. FISCHER, 1897, S. 116. — Derselbe, Vorlesungen über Bakterien. Jena, bei GUST. FISCHER, 1897, S. 7, und II. Aufl., 1903, S. 6.

3) W. MIGULA, Weitere Untersuchungen über *Astasia asterospora* Meyer. Flora, LXXXV, Bd., 1898, S. 145. — Vergl. auch die Behandlung der Zellkernfrage in MIGULA, System der Bakterien. I. Bd. Jena, bei GUST. FISCHER, 1897, S. 72.

4) Erwähnt seien hier ausserdem die Arbeiten von: A. B. MACALLUM, On the cytology of non-nucleate Organisms. Transactions of the Canadian Institute, 1899, Vol. VI, p. 439. — Auch G. HINZE, Über den Bau der Zellen von *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XIX, 1901, S. 369. Vorläufige Mitteilung zu der in den Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Abt. Kiel, N. F., Bd. VI, 1902, S. 187—212, veröffentlichten ausführlicheren Arbeit. — Ferner: Derselbe, *Thiophysa volutans*, ein neues Schwefelbakterium. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XXI, 1903, S. 313. — Dann J. MASSART, Recherches sur les organismes inférieurs. V. Sur le protoplasme des Schizophytes. Mém. couronn. et autres mém. de l'Académ. Belg., Tome LXI, und Recueil de l'Inst. bot., Univers. de Bruxelles, publ. par L. ERRERA, Tome V, 1901, S. 251 ff. — MACALLUM, HINZE und MASSART stellen das Vorhandensein eines Zellkerns bei den Bakterien in Abrede.

5) Vergl. seine neueste Mitteilung hierüber: Bemerkungen über Cyanophyceen und Bakterien. Archiv für Protistenkunde, I. Bd., 1902, S. 42. — Im Zusammenhange damit sei erwähnt FR. SCHAUDINN, Beiträge zur Kenntnis der Bakterien und verwandter Organismen. I. *Bacillus Bütschlii* n. sp. Ebenda S. 306. Ferner das Referat von A. MEYER in der Botan. Ztg. LXI. Jahrg., 1903, Spalte 1.

6) ALFR. FISCHER, Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Jena, bei GUSTAV FISCHER, 1897, S. 66 ff.

7) l. c. 1899.

8) E. ZACHARIAS, Über die Cyanophyceen. Abh. aus dem Geb. der Naturwiss., herausgeg. vom naturwiss. Verein Hamburg, Bd. XVI, 1900.

9) l. c. 1901.

BÜTSCHLI¹⁾, HEGLER²⁾ und ganz neuerdings auch KOHL³⁾ den Zentralkörper der Spaltalgen als Kern deuten. Die Arbeiten der beiden letztgenannten Forscher scheinen in der Tat geeignet, eine Lösung der Frage zugunsten der Kernnatur des Zentralkörpers herbeizuführen. Nach HEGLER sind die Kerne in allen Zellen in Einzahl vorhanden. Ihre Form hängt von der der Zellen ab. In ruhenden Zellen bestehen sie aus einer nur wenig färbbaren Grundmasse und kleinen, dieser eingelagerten Körnchen, welche sich den Färbungsmitteln gegenüber wie Chromatin verhalten und Chromatinkörper genannt werden. Von den Kernen der höheren Pflanzen unterscheiden sie sich durch das Fehlen von Nukleolen und einer färbbaren Kernmembran. Bei Beginn der Teilung verschmelzen die kleinen Chromatinkörnchen zu grösseren Verbänden, den Chromosomen. Diese Chromosomen weichen dann senkrecht zur Richtung der späteren Zellteilungswand auseinander. Hierbei tritt in allen Fällen eine streifige, schwach färbbare Verbindungszone auf, die erst nach vollendeter Zellteilung schwindet. KOHL's Untersuchungen bilden zum Teil eine Bestätigung, zum Teil eine Erweiterung der HEGLER'schen Angaben. Auch er findet, dass das bisher als Zentralkörper bezeichnete, in der Zelle immer in Einzahl vorhandene Gebilde den Kern der Cyanophyceenzelle darstellt. Er ist ein selbständiges Organ des Protoplasten. Er nimmt vorwiegend das Zentrum der Zelle ein, besteht aus einer wenig tingierbaren Grundmasse, in welche eine bestimmte Farbstoffe stärker speichernde, chromatische Substanz eingelagert ist. Ferner finden sich eigenartige Einschlüsse, sogenannte Zentralkörner, im Kern vor. Von den Kernen höherer Organismen unterscheidet sich der Cyanophyceenzellkern durch das Fehlen einer deutlich färbbaren Kernmembran, durch das Fehlen von Nukleolen und durch seine abweichende Gestalt. Die periphere Kernmasse ist in feine Ausstrahlungen zerteilt, die aber durch die meisten Fixierungsmittel zum Einziehen gebracht werden. Tritt der Kern in Teilung ein, so nimmt zunächst in ihm die färbbare Substanz (Chromatin) zu. Die vorher wenig sichtbaren Fäden des Gerüsts werden dicker, und ein Kernfaden tritt deutlich hervor. Derselbe zerfällt in Kernsegmente (Chromosomen) von bestimmter Anzahl, welche sich in gesetzmässiger Folge und in typischer Weise umformen und umlagern und in äquivalenten Mengen in polarer Richtung auseinander rücken, um die beiden Tochterkerne erzeugen zu helfen. Der Zentralkörper schnürt sich dabei in der Mitte ein, so dass seine Teilung in eine gewisse

1) l. c. S. 47.

2) R. HEGLER, Untersuchungen über die Organisation der Phycochromaceenzelle. *Jahrb. für wiss. Bot.*, Bd. XXXVI, 1901, S. 311 ff.

3) F. KOHL, Über die Organisation und Physiologie der Cyanophyceenzelle und die mitotische Teilung ihres Kerns. *Jena, GUST. FISCHER*, 1903.

Beziehung zur amitotischen Kernteilung gesetzt werden kann. — Eine Bestätigung der KOHL'schen Befunde dürfte in gewissem Umfange die ihrem Abschluss entgegengehende, unabhängig von den KOHL'schen Untersuchungen entstandene Arbeit von OLIVE bringen, der im Bonner Botanischen Institut besonders die Oscillarien auf die Kernnatur ihres Zentralkörpers hin studierte und zu ganz ähnlichen Resultaten wie KOHL gelangte.

Dass die Hefezellen echte Kerne besitzen, wird nach den Untersuchungen der letzten Jahre, welche sich mit dem Bau und der Teilung der Kerne, ferner mit der Kopulation zweier Hefezellen und der dabei stattfindenden Kernverschmelzung (Karyogamie) beschäftigen, wohl niemand mehr bezweifeln¹⁾.

Auch bei den übrigen Pilzen wurde die stete Anwesenheit von Kernen in den Hyphen nachgewiesen und ihr Verhalten in den verschiedensten physiologischen Zuständen geprüft²⁾.

Im Bau sollen sich nach FEINBERG³⁾ die Kerne der niederen Organismen von denen der höheren unterscheiden und dadurch leicht der Nachweis von parasitisch in höheren Organismen lebenden, niederen Lebewesen gelingen. Erstere sollen nur aus einem nukleolusartigen Körper, dem Kernpunkt, bestehen, der von einer nicht färbbaren Zone, deren Bildung wohl dem Kernsaft zukommt, umgeben ist. Bei den Hefekernen fehlt dieser Hof. Der Kernpunkt besteht seinem Verhalten nach aus Chromatin und enthält keinen Nukleolus oder Nukleolarsubstanz, auch kein Kerngerüst. Einen derartigen Bau sollen nach FEINBERG⁴⁾ auch die Kerne der Myxomyceten besitzen.

1) Eine Orientierung über die umfangreiche Hefeliteratur bietet uns der Aufsatz von E. JAHN, Die Morphologie der Hefe und die Entdeckung ihrer Sexualität. Naturwiss. Rundschau Bd. XVII, 1902, S. 273—276. — Derselbe, Der Zellbau und die Fortpflanzung der Hefe. Archiv für Protistenkunde, Bd. II, 3. Heft, 1903. — Ferner A. GUILLIERMOND, Recherches cytologiques sur les levures. Revue générale de Bot., Tome XV, 1903, S. 49 ff.

2) Auch hier kann ich zwecks Orientierung in der Literatur auf die zusammenfassenden Arbeiten verweisen, so auf: FR. OLTMANN'S, Über die Sexualität der Pilze. Biol. Centralbl., Bd. XXI, 1901, S. 433—442. — Ferner E. JAHN, Der Streit über die Sexualität der höheren Pilze. Naturwiss. Rundschau, Bd. XVI, 1901, S. 637 ff., 649 ff., 664 ff. — Schliesslich auf R. MAIRE, Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes. Thèse présentée à la faculté des sciences de Paris, Sér. A, No. 429, 1902.

3) L. FEINBERG, Über den Erreger der Kohlhernie. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XIX, 1901, S. 533. — Über die Unterscheidung des Kerns der Pflanzenzellen von dem Kern der einzelligen tierischen Organismen. Ebenda, Bd. XIX, 1901, S. 281. — Ferner: Über den Bau der Ganglienzelle und über die Unterscheidung ihres Kerns von dem Kern der einzelligen tierischen Organismen. Monatsschr. für Psychol. und Neurol., Bd. XI, S. 401. — Über den Bau der Hefezellen und über ihre Unterscheidung von einzelligen tierischen Organismen. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XX, 1902, S. 567.

4) L. FEINBERG, Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch. 1901, I. c.

Die älteren und neueren Untersuchungen, welche die cytologischen Verhältnisse bei den Schleimpilzen berücksichtigen, weisen jedoch mit Bestimmtheit darauf hin, dass diese Kerne alle Bestandteile der Kerne höherer Pflanzen besitzen können¹⁾.

Ähnliche Verhältnisse, wie die von FEINBERG angegebenen, scheinen nach GOLENKIN²⁾ bei *Sphaeroplea*, *Spirogyra*, vielen Siphonaceen, Confervoideen, Protococcoideen und allen Volvocaceen, selbst bei Moosen vorzuliegen, wenigstens sind hier die Nukleolen die Träger der Chromatinsubstanz. Bei *Sphaeroplea* sollen die Chromosomen sämtlich aus dem Nukleolus hervorgehen. — Dass die Nukleolen bei *Spirogyra* in Chromosomen sich ausspinnen, haben MOLL³⁾ und MITZKEWITSCH⁴⁾ angegeben. VAN WISSELINGH⁵⁾ allerdings behauptet, dass bei *Spirogyra* nur zwei bezw. ein Faden oder Schlauch dem Nukleolus seine Entstehung verdanke während die übrigen Kernplattenelemente dem Kerngerüst entstammen.

Bei *Corallina* vereinigen sich, wie DAVIS⁶⁾ beobachtete, beim Ende der Teilung die Chromosomen zu einer nukleolusartigen Chromatinkugel, die späterhin in eine unbestimmte Anzahl von Chromatinkörpern zerfällt. Diese erscheinen dann in einer homogenen Grundsubstanz des Kerns verteilt, in dem sich ausserdem ein Nukleolus zeigt.

Der ruhende Kern der höheren und auch der meisten niederen Pflanzen besitzt einen komplizierteren Bau. Er zeigt nach STRASBURGER⁷⁾ Fadenstruktur. Die Fadenschlingen sind durcheinander gewunden und durch seitliche Fortsätze miteinander vereint. Der Zellkern

1) U. a. S. NAWASCHIN, Beobachtungen über den feineren Bau und Umwandlungen von *Plasmodiophora Brassicae* Woron. im Laufe ihres intracellularen Lebens. Flora, Bd. LXXXVI, 1899, S. 413. — R. A. HARPER, Cell and Nuclear division in *Fuligo varians*. Bot. Gaz., Vol. XXX, 1900, S. 217. — Vergl. auch neben der im ZIMMERMANN'schen Kernbuche S. 136, 137 zusammengestellten Literatur die neueren Arbeiten von W. E. OLIVE, Monograph of the Acrasiaeae. Proceed. of the Boston Soc. Nat. hist., Vol. XXX, 1902, No. 6, S. 451. — Ferner S. POWAZEK, Zur Kernteilung der *Plasmodiophora Brassicae* Woron. Österr. bot. Zeitschr., Bd. LII, 1902, S. 213.

2) M. GOLENKIN, Algologische Mitteilungen: Über die Befruchtung bei *Sphaeroplea annulina* und über die Struktur der Zellkerne bei einigen grünen Algen. Bull. de la soc. des sc. nat. de Moscou 1900.

3) W. MOLL, Observations on Karyokinesis in *Spirogyra*. Verh. d. Kon. Akad. van Wetensch. te Amsterdam, 2. Sect., Deel I, No. 9, 1893.

4) MITZKEWITSCH, Über die karyokinetische Teilung der Zellkerne bei *Spirogyra*. Flora, Bd. LXXXV, 1898, S. 81.

5) C. VAN WISSELINGH, Über den Nukleolus von *Spirogyra*. Ein Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. Bot. Zeitg., 1898, S. 195, und Über Kernteilung bei *Spirogyra*. Flora, Bd. LXXXVII, 1900, S. 355.

6) BR. MOORE DAVIS, Kernteilung in der Tetrasporenmutterzelle bei *Corallina officinalis* L. var. *mediterranea*. Ber. der Deutschen Bot. Ges., Bd. XVI, 1898, S. 266.

7) Bonner Lehrbuch der Botanik, VI. Aufl., S. 52.

stellt demgemäss ein zartes Gerüstwerk dar, das aber am lebenden Objekt meist nur in einer feinen Punktierung sich offenbart. Einblick in die Kernstruktur ist nur an entsprechend fixierten und gefärbten Präparaten zu erlangen. Man stellt dann fest, dass die Hauptmasse des Gerüsts von einem dünnen, meist nicht tingierten Faden gebildet wird, in welchem stark sich tingierende Körnchen liegen. Die Substanz des Fadens hat man als Linin, diejenige der Körnchen als Chromatin unterschieden. Zwischen den Windungen des Lininfadens liegen in Ein- oder Mehrzahl, die grösseren sich intensiv, doch meist anders als die Chromatinkörnchen färbenden Kernkörperchen oder Nukleolen. Das Gerüstwerk des Kerns befindet sich innerhalb der Kernhöhle, die mit Kernsaft erfüllt und von der dem umgebenden Cytoplasma angehörenden, kinoplasmatischen Kernwand umgeben ist.

Nach VAN WISSELINGH¹⁾ soll der Kern keine rein fädige Struktur besitzen. Sein Gerüst soll aus Klümpchen und Körnern bestehen, welche mit einander durch feine Fädchen verbunden sind. Zwei aus verschiedener Substanz gebildete Bestandteile, Chromatinkörner und Lininfäden kann VAN WISSELINGH in ihm nicht unterscheiden. GRÉGOIRE und WYNGAERTS²⁾ bestätigen in den Hauptmomenten die Angaben VAN WISSELINGH's. Auch sie können im Kern zwei Bestandteile, Linin und Chromatin, nicht unterscheiden. Alles ist nach ihnen Chromatin. Die dickeren Bestandteile des Kerngerüsts gehen durch gleichartige, dünner ausgesponnene in einander über. Nicht immer erscheint der Kern einfach netzig, wie VAN WISSELINGH angibt, er besitzt auch alveoläre oder schwammige Struktur und ist dabei noch netzartig von Fäden durchzogen.

In den Zwischenräumen des Kerngerüsts liegen in schwankender Anzahl, meist 1–3, die Nukleolen oder Kernkörperchen, die als stark lichtbrechende Körperchen auch schon in lebenden Objekten deutlich hervortreten. Ihre Gestalt variiert. Meist sind sie kugelig bis eiförmig, manchmal sichelförmig, vielfach auch unregelmässig gelappt. Sie erscheinen in der Regel homogen, gelegentlich auch vakuolisiert³⁾. Bei manchen Objekten, besonders Liliaceen, finden sich auch Nukleolen ausserhalb des Kerns im Cytoplasma verteilt vor, die extranuklearen Nukleolen.

Die Nukleolen in den Kernen der höheren Pflanzen sind ver-

1) C. VAN WISSELINGH, Über das Kerngerüst. Bot. Zeitg., Jahrg. LVII, 1899, S. 155.

2) V. GRÉGOIRE et A. WYNGAERTS, La reconstitution du noyan et la formation des chromosomes dans les cinèses somatiques. I. Racines de *Trillium grandiflorum* et télophase homoeotypique dans le *Trillium cernuum*. „La Cellule“, T. XXI, 1. fasc., 1903, S. 7.

3) . ZIMMERMANN, l. c., S. 40 ff.

schieden von denjenigen der niederen. Aus den der niederen gehen direkt Chromosomen hervor oder ihr Material wird bei der Chromosombildung verwandt¹⁾. Die der höheren liefern jedoch nach STRASBURGER das Material zur Bildung der kinoplasmatischen Zellbestandteile. Allerdings mehren sich die Angaben, dass auch sie sich an der Chromosomenbildung beteiligen²⁾. eine Anschauung, die auf zoologischem Gebiet von HERTWIG besonders vertreten wird. Vielleicht haben wir, worauf die neueren Literaturangaben hinweisen, in dem Nukleolus einen Reservestoffkörper vor uns, welcher je nach Bedarf sowohl Kinoplasma-, wie Kernfadenmaterial liefert. Darauf würde auch die Zusammensetzung der Nukleolen aus Chromatin und Plastin hinweisen, wie sie CAVARA³⁾ für die Kerne der höheren Pflanzen angibt. Das Plastin soll im Innern des Nukleolarkörpers sich vorfinden, während das Chromatin seine Oberfläche bildet. LONGO⁴⁾ behauptet allerdings, dass CAVARA nur hohle, von der gewohnten Nukleolarsubstanz gebildete Kernkörperchen vor sich gehabt habe. Doch konnte CH. F. HOTTES⁵⁾ durch bestimmte Kulturen Nukleolen erhalten, die denjenigen CAVARA's entsprachen. Nach CAVARA's⁶⁾ Beobachtungen können sich beide den Nukleolus aufbauenden Teile von einander trennen. Zweierlei Nukleolen, chromophile und wenig chromophile, beschreibt auch PAMPALONI⁷⁾ für die Kerne der meristematischen Zellen von *Psilotum triquetrum*, und COKER⁸⁾ gibt neuerdings für den Kern der Zentralzelle einen Chromatinnukleolus, für den der Eizelle einen Plastinnukleolus an. Verschiedentlich wurde im Hinblick darauf, dass das Chromatin der

1) Vergl. hierzu auch D. M. MOTTIER, Nuclear and Cell Division in *Dictyota dichotoma*. Ann. of Bot., Vol. XIV, 1900, S. 163. — Ferner CH. J. CHAMBERLAIN, Mitosis in *Pellia*. Bot. Gaz., Vol. XXXVI, 1903, S. 39.

2) A. ZIMMERMANN, l. c., S. 68. — BL. GARDNER, Studies on Growth and Cell division in the root of *Vicia Faba*. Publ. of the Univ. of Pennsylv., New ser. N. 6. Contrib. from the Botan. Labor., Vol. II, N. 2, 1901, S. 150. — B. M. DUGGAR, On the development of the pollen-grain and the embryo-sac in *Bignonia venusta*. Bull. of the Torrey Botan. Club, Vol. XXVI, S. 89, 1899. — H. WAGER, Nature, Vol. LXVII, 1902. — W. C. COKER, On the Gametophytes and Embryo of *Taxodium*. Bot. Gaz., Vol. XXXVI, 1903, S. 115.

3) F. CAVARA, zuletzt in Breve contribuzione alla conoscenza del Nucleolo. Bull. della soc. bot. Ital., 1902, S. 108.

4) LONGO, Esiste cromatolisi nei nuclei normali vegetali? Rendiconti della R. Ac. dei Lincei, Vol. VII, Sem. 1, Ser. 5a, Fasc. 10, 1898, S. 284, 290.

5) Bericht von E. STRASBURGER in „Über Reduktionsteilung, Spindelbildung usw. 1900, S. 138. Dort auch die zoologische Litteratur hierüber.

6) l. c.

7) L. PAMPALONI, Il fenomeni cariocinetici nelle cellule meristemati degli apici vegetativi di *Psilotum triquetrum*, Annali di Botan. del Prof. PIROTTA. Vol. I, Roma 1903, Fasc. II, S. 75.

8) l. c., S. 115 und 120.

Chromosomen, welches die erbliche Substanz darstellt, aus dem Nukleolus hervorgehe, die Ansicht geäußert, dass der Nukleolus im ruhenden Kern diese erbliche Substanz enthalte¹⁾.

Die Angaben, wonach aus den Nukleolen Centrosomen hervorgehen können²⁾, haben sich als irrig erwiesen oder sind doch wenigstens sehr in Frage gestellt³⁾.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass nach V. HAECKER⁴⁾ die Nukleolen nicht einen Reservestoff, sondern ein Abspaltungsprodukt des Stoffwechsels darstellen, welches während der vegetativen Tätigkeit der Zelle und des Kerns in oder an den chromatischen Balken und Fäden zur Abscheidung gelangt und noch während der Kernruhe oder zu Beginn der Mitose als eine Art Sekret aus dem Kernraum entfernt wird, und zwar entweder in gelöster oder auch in ungelöster Form, eine Vorstellung, die kaum auf das Pflanzenreich passt⁵⁾.

Der Kernsaft tritt, wie LAWSON⁶⁾ neuerdings mitteilt, bald nachdem die Tochterchromosomen die Pole der Spindel erreicht haben, in deren Mitte in einer kleinen Vakuole auf, die sich allmählich ausdehnt und so die Kernhöhle liefert, deren Wand erst dann sich deutlich zeigt, wenn der Kernsaft, der anfangs nur an die die Höhlung rings umkleidenden Chromosompartien gelangen konnte, bei der weiteren Ausdehnung der Vakuole, mit dem umgebenden Cytoplasma in Berührung gekommen ist.

Über die Kernwand und deren Hautschichtnatur wurde schon im ersten Teil⁷⁾ berichtet. Ebenso darüber, wie sie sich bei dem Beginn der Kernteilung verhält. Auch wurde die Entstehung der sog. achromatischen Spindelfigur bei der Karyokinese geschildert, so dass es noch erübrigt, auf das **Verhalten der chromatischen Bestandteile des Kerns bei der Teilung** einzugehen.

In den Kernen der vegetativen Zellen, die sich in ihrem Teilungsmodus in bestimmten Punkten von den ersten Teilungen in

1) Auf botanischem Gebiet besonders: H. H. DIXON, The possible Function of the Nucleolus in Heredity. Ann. of Bot., Vol. XIII, 1899, S. 269. — BL. GARDNER, l. c.

2) G. KARSTEN, Über Beziehungen der Nucleolen zu den Centrosomen bei *Psilotum triquetrum*. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XI, 1893, S. 555. — M. LAVDOWSKY, Von der Entstehung der chromatischen und achromatischen Substanzen in den tierischen und pflanzlichen Zellen. Anatom. Hefte, Bd. IV, 1894, S. 355.

3) L. GUIGNARD, L'origine des sphères directrices. Journ. de Bot., 1894. — A. ZIMMERMANN, l. c., S. 69.

4) V. HAECKER, Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre, S. 116.

5) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 139.

6) ANSTRUTHER A. LAWSON l. c.

7) S. (78).

Pollen-Embryosack- und Sporenmutterzellen unterscheiden, treten zunächst nach den Berichten STRASBURGER's und seiner Schüler folgende Veränderungen ein¹⁾. Aus dem feinen Gerüstwerk sondert sich der dicker und kürzer gewordene Kernfaden heraus. Sein Chromatingehalt hat zugenommen und damit auch seine Tingierbarkeit, doch ist festzustellen, dass es nur aufeinanderfolgende Chromatinscheiben des Fadens sind, welchen diese starke Färbung zukommt und dass sie durch nichtgefärbte Linienbrücken verbunden werden. Daher die an manchen Stellen mehr oder weniger deutliche Querstreifung des Kernfadens. Hierauf zerfällt der Kernfaden in eine bestimmte Anzahl von Chromosomen. Das Kernkörperchen und die Kernwand lösen sich auf, die Spindelfasern dringen in die Kernhöhle ein, um sich zum Teil an den Chromosomen, die unterdes eine Längsspaltung erfahren haben, und zwar meist in der Nähe eines Endes festzusetzen (Zugfasern), zum Teil mit ihren Enden aufeinanderzutreffen und so als ununterbrochene Fäden von einem Pol zum andern zu verlaufen (Stützfaser). Während dieser Ausbildung der achromatischen Spindelfigur gelangen die Chromosomen in die Teilungsebene und die Kernplatte. In den Metaphasen, welche auf die bis jetzt geschilderten Prophasen der Teilung folgen, werden die aus der Längsspaltung der ursprünglichen Segmente hervorgegangenen Tochterchromosomen nach den Polen befördert. Dann, in den Anaphasen, biegen sich ihre freien Enden einwärts. Während die Kernwand gebildet wird, verschmelzen die Chromosomen mit ihren Enden, sie beginnen sich zu strecken und ineinander zu winden. Das Chromatin nimmt ab, Nukleolen treten auf, das Aussehen des typischen ruhenden Kerns ist wieder erreicht.

Über einzelne Punkte in dem Verhalten der chromatischen Kernbestandteile bestehen noch abweichende Ansichten. So hat VAN WISSELINGH²⁾ angegeben, dass die Kernfäden nicht aus abwechselnden Chromatin- und Lininscheiben aufgebaut sind. Sie sollen Querstriche zeigen, weil sie aus abgeplatteten Klümpchen und Körnern und feinen zusammengezogenen Verbindungen bestehen. Auch GRÉGOIRE und WYGAERTS³⁾ stellen diesen Bau in Abrede. Die helleren Partien in den Chromosomen sind nach ihren Untersuchungen Alveolen in der ausschliesslich aus Chromatin bestehenden Masse der Chromosomen. Auf der anderen Seite beobachteten MOTTIER⁴⁾ und

1) Vgl. das Bonner Lehrbuch der Botanik, VI. Aufl., S. 69, und die bei Gelegenheit der Schilderung der Spindelbildung in vegetativen Zellen in diesem Bericht zitierte Litteratur.

2) VAN WISSELINGH, l. c., 1899, S. 163.

3) V. GRÉGOIRE et A. WYGAERTS, 1903, l. c., S. 10ff und Fig. 21.

4) D. M. MOTTIER, Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXX, 1897, l. c., S. 171.

HOF¹⁾, dass der Kernfaden aus einem ununterbrochenen Lininfaden besteht, in welchen die Chromatinscheiben in bestimmten Abständen eingelagert sind. Jede Chromatinscheibe besteht aus einer Vereinigung von kleineren Körnern.

Die allgemein angenommene Entstehungsweise der Chromosomen durch Segmentierung eines zusammenhängenden Kernfadens, der sich aus dem Kerngerüst heraussondert, wird von VAN WISSELINGH und von GRÉGOIRE und WYGAERTS in Frage gestellt. Sie nehmen wie schon angegeben, beim Gerüst des ruhenden Kerns keine fädige Struktur an und unterscheiden kein Chromatin und Linin. Nach VAN WISSELINGH²⁾ zieht sich ein Teil der feinen Fädchen im Gerüst, welche die Klümpchen und Körner miteinander verbinden, zusammen. Dabei nähern sich diese Klümpchen und Körner, verschmelzen miteinander, wobei die anfangs dünnen und langen, später durch Kontraktion dicker und kürzer werdenden Chromosomen entstehen. Eine ähnliche Anschauung vertritt ANDREWS³⁾, demzufolge die Chromosomen in den Pollenmutterzellen von *Magnolia* und *Liriodendron* als unregelmässige, klumpige Massen ohne vorherige Bildung eines Kernfadens im Kern hervortreten sollen. Nach GRÉGOIRE und WYGAERTS⁴⁾ geht die Chromosomenbildung in folgender Weise von statten. Die Verbindungen zwischen den alveolisierten Chromosomen, aus welchen das Kerngerüstwerk besteht, ziehen sich ein. Die Chromosomen kontrahieren sich weiter, wobei sich ihre Alveolen verlieren, und schliesslich erscheinen sie als homogene Bänder. In deren Längsachse treten im weiteren Verlauf eine Reihe von Alveolen auf. Die Chromatinbrücken, welche diese Alveolen trennen, werden nach und nach eingezogen, bis eine vollständige Längsspaltung der Chromosomen erreicht ist. Wenn die Tochterchromosomen an die Pole gelangt sind, treten in ihnen wieder Alveolen auf, die an Zahl derart zunehmen, dass der ganze Körper des Chromosoms netzartig durchbrochen scheint. Durch feine Anastomosen verbinden sie sich miteinander, jedoch wird die Verbindung niemals eine so innige, dass der zusammengesetzte Charakter des so entstandenen Kerngerüsts verloren ginge.

Auch betreffs des Zeitpunkts, in welchem der Kernfaden in die Chromosomen zerfällt, stehen verschieden lautende Angaben ein-

1) A. C. HOF, Histologische Studien an Vegetationspunkten. Bot. Centralbl. Bd. LXXVI, 1898, S. 168.

2) VAN WISSELINGH 1899, l. c., S. 163.

3) F. M. ANDREWS, Karyokinesis in *Magnolia* and *Liriodendron* with special reference to the behavior of the chromosomes. Beih. zum Bot. Centralbl., Bd. XI, 1902, S. 136.

4) GRÉGOIRE et A. WYGAERTS, 1903, l. c., S. 35 ff.

ander gegenüber. MOTTIER¹⁾, HOTTES²⁾ und SCHRAMMEN³⁾ verlegen diesen Vorgang in die Zeit, wo die Spindelfasern in die Kernhöhle eindringen, HOF⁴⁾ und NĚMEC⁵⁾, auch GRÉGOIRE und WYGAERTS⁶⁾ fanden jedoch die Chromosomen getrennt schon in dem Stadium vor, wo die Kernwand noch intakt war.

Was die Anheftungsstelle der Zugfasern an den Chromosomen vegetativer Kerne betrifft, so wurde durch die BELAJEFF'sche Mitteilung vom Jahre 1899 „Über die Reduktionsteilung des Pflanzenkerns“⁷⁾ eine Revision der diesbezüglichen Angaben veranlasst. BELAJEFF wandte sich gegen die Angabe STRASBURGER's, dass die Chromosomen der vegetativen Teilung zwei ungleich lange Schenkel haben. Er fand, dass die Chromosomen ein Band darstellen, welches genau in der Mitte an den Zugfasern befestigt und an dieser Stelle umgebogen ist. Die Nachprüfungen STRASBURGER's⁸⁾ und HOF's⁹⁾ ergaben, dass die Chromosomen allerdings hier und da in dieser Weise an den Spindelfasern befestigt und so gleichlange Schenkel aufweisen können, dass aber in den weitaus meisten Fällen ihre Insertion dem einen Ende mehr als dem anderen genähert ist, ja sogar unter Umständen mit dem einen Ende zusammenfällt.

In den **Kernen der Pollen-, Embryosack- und Sporenmutterzellen** zeigen sich bestimmte Eigentümlichkeiten, welche die beiden ersten Teilungen in diesen Kernen von allen übrigen unterscheiden. Diese Eigentümlichkeiten hängen innig zusammen mit einer Reduktion der Chromosomenzahl um die Hälfte, welche sich in den genannten Kernen vollzieht.

Um die Frage, wie diese Reduktion zu stande kommt, ob eine Reduktionsteilung im Pflanzenreiche existiert oder nicht, entbrannte in den letzten Jahren ein besonders heisser Kampf. Von dem Zoologen WEISMANN wurde eine **Reduktionsteilung** gefordert,

1) D. M. MOTTIER, Über das Verhalten der Kerne bei der Entwicklung des Embryosacks und die Vorgänge bei der Befruchtung. Jahrb. für wissensch. Botanik, Bd. XXXI, 1898, S. 153.

2) CH. F. HOTTES, Über den Einfluss von Druckwirkungen auf die Wurzel von *Vicia Faba*. Inaug.-Dissert. Bonn 1901.

3) FR. R. SCHRAMMEN, Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia Faba*. Verhandl. des naturhist. Ver. der preuss. Rheinl., Jahrg. 59, 1902.

4) A. C. HOF, l. c., S. 168.

5) B. NĚMEC, Über die karyokinetische Kernteilung in der Wurzelspitze von *Allium Cepa*. Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXIII, 1899, S. 319.

6) GRÉGOIRE et WYGAERTS, l. c., S. 45.

7) Wl. BELAJEFF, Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XVI, 1897, S. 30.

8) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 107.

9) A. C. HOF, l. c., S. 224.

erstens damit die durch den Befruchtungsakt von Generation zu Generation stattfindende Verdopplung der Chromosomenzahl kompensiert werde und ferner um eine Erklärung der Verschiedenheit zu erhalten, welche die Nachkommen derselben Eltern aufweisen. Es musste sich ausser der durch einen Längsspaltungsvorgang eingeleiteten „Äquationsteilung“ noch eine Kernteilung einstellen, bei welcher die Chromosomen, ohne vorangegangene Längsteilung sich in zwei Gruppen scheiden, von denen jede einen der beiden Tochterkerne bildete. Durch eine solche Verteilung würde nicht nur die Zahl der Chromosomen (Idanten) und damit der in ihnen enthaltenen selbstständigen Keimplasmaportionen (Ide) auf die Hälfte reduziert (numerische Reduktion), sondern es wäre damit auch eine Scheidung derselben in qualitativ verschiedene Gruppen (qualitative Reduktion) verbunden.

Eine Anzahl Zoologen und Anatomen brachten nun Belege für die WEISMANN'sche Anschauung in zahlreichen Untersuchungen herbei, u. a. VOM RATH, RÜCKERT, HAECKER. Doch bald stellten die Beobachtungen von FLEMMING und MEVES, CARNOY und dessen Schülern das Vorhandensein einer derartigen Reduktionsteilung in Frage, ja schlossen es sogar aus.¹⁾

Auf botanischem Gebiet wurde die Frage ebenfalls geprüft und auch hier stellten sich bald Widersprüche heraus. Es kann nicht meine Aufgabe sein, hier die einzelnen Phasen des Kampfes zu schildern, welcher um die Lösung dieser Frage entbrannte, es genüge die Mitteilung, dass sich auf der einen Seite besonders STRASBURGER und seine Schüler, ferner GUIGNARD und GRÉGOIRE für ein Nichtvorhandensein einer Reduktionsteilung im Pflanzenreich aussprachen, während auf der anderen Seite besonders ISHIKAWA und BELAJEFF einer derartigen Reduktionsteilung das Wort sprachen²⁾.

Die Beobachtungen an den Kernteilungen in den Pollenmutterzellen von *Iris* waren es hauptsächlich, welche BELAJEFF veranlassten, für das Vorhandensein einer Reduktionsteilung im Pflanzenreich einzutreten, und es erscheint mir zweckmässig, an der Hand der Angaben dieses Forschers die Art und Weise der Reduktionsteilung, wie er sie annimmt, zu schildern.

Im Kern der Pollenmutterzellen spaltet sich der Kernfaden der Länge nach; durch Querteilungen zerfällt er in die einzelnen Chromosomen, die somit schon längsgespalten sind und Doppelstäbchen dar-

1) Über die zool. Literatur vergl. V. HAECKER, Praxis und Theorie der Zellen- und Befruchtungslehre, Jena, GUST. FISCHER 1899. Ferner WILSON, The Cell, II. Aufl., New York, Macmillan Company, 1900.

2) Die umfangreiche botanische Literatur findet sich in dem Werke STRASBURGER's Über Reduktionsteilung usw. 1900 und ferner in J. M. COULTER and CH. J. CHAMBERLAIN, Morphology of Angiosperms, 1903, S. 114 ff., 139 ff. angeführt.

stellen. Diese zunächst in doppelter Anzahl vorhandenen, längsgespaltene Chromosomen sollen sich dann paarweise zu XYZ-förmigen Figuren vereinigen und entsprechend gestaltete Kernplattenelemente liefern. Auf diese Weise soll die numerische Reduktion sich vollziehen. Bei dem Auseinanderweichen der Elemente hat man die bekannten V-förmigen Figuren vor sich, welche nach BELAJEFF die Längshälften je zweier zuvor vereinigter Mutterchromosomen sind. Diese Hälften trennen sich nun bei der zweiten Kernteilung in der Pollenmutterzelle, wodurch sich Kerne mit verschiedenartigen Chromosomen ergeben (qualitative Reduktion).

Bezeichnen wir die Chromosomen mit den Buchstaben a, b, c, d . . . , so lässt sich nach BELAJEFF folgendes Schema dieser Reduktionsteilung aufstellen.

In den Kernen der Pollenmutterzellen sind die Chromosomen paarweise vereinigt, also

$$\text{Mutterkern } a + b, c + d \dots$$

Nach der Spaltung der Elemente finden sich an der ersten Spindel folgende Verhältnisse vor:

$$\begin{array}{l} \text{Tochterkern } a + b \quad c + d \dots \\ \text{Tochterkern } a + b \quad c + d \dots \end{array}$$

Bei der zweiten Teilung werden die beiden Teilstücke der Chromosomen getrennt

$$\begin{array}{l} \text{Enkelkern } a \quad c \dots \\ \text{Enkelkern } b \quad d \dots \end{array}$$

und so besitzen die Enkelkerne nach BELAJEFF nicht identische Chromosomen, was ihm als materielle Erläuterung dient für die Erscheinung der Verschiedenheit zwischen den Nachkommen derselben Eltern.

Die entgegengesetzte Ansicht, die, wie schon erwähnt, auf botanischem Gebiet STRASBURGER und seine Schüler, ferner GUIGNARD und GRÉGOIRE vertreten, und die allmählich immer mehr Anhänger gefunden hat, ist die, dass eine Reduktionsteilung im Pflanzenreich nicht statthat, dass vielmehr die Reduktion der Chromosomenzahl schon vor Beginn der ersten Teilung in den Mutterzellen eingetreten ist. So sondern sich denn bei der Querteilung des längsgespaltene Kernfadens die Chromosomen schon in der reduzierten Zahl heraus. Die Hälften jedes Paarlings können durch teilweise Trennung zu einander die verschiedenste Lage annehmen, so dass die auch von BELAJEFF beobachteten XYV-förmigen, aber von ihm anders gedeuteten Figuren entstehen. Diese finden sich in der Kernplatte wieder. Die Hälften werden bei der ersten Teilung baldigst auseinandergesogen, erfahren auf dem Wege nach den Polen eine nochmalige Längsspaltung, so dass wir an den Polen

selbst wieder Doppelstäbchen vorfinden. Diese gehen in die Bildung des Tochterkernfadens ein. Sie sondern sich, ohne dass in den meisten Fällen der Kern ein Ruhestadium durchgemacht hätte, bei Beginn der zweiten Teilung wieder aus dem Faden heraus, ihre Bestandteile weichen auseinander und bilden weiterhin den Faden der Enkelkerne¹⁾.

Eine eigentümliche Lagerung weist in den Kernen, in welchen sich die Reduktion der Chromosomenzahl vollzieht, auf einem gewissen Zustand das Kerngerüst auf. Sein Fadenwerk zeigt sich um den Nukleolus zusammengeballt und liegt seitlich der Wand des Kerns angedrückt. Während man anfangs geneigt war, diesen Zustand des Kerns, die Synapsis²⁾, als einen durch die Präparation veranlassten anzusehen³⁾, bricht sich allmählich immer mehr die Ansicht Bahn, dass wir es hierbei um den Ausdruck einer natürlichen Entwicklungsphase zu tun haben⁴⁾.

Der erste der beiden geschilderten Teilungsschritte, der sich durch eine frühzeitige Längsspaltung der Mutterchromosomen, die Neigung zur baldigen Trennung der Tochterchromosomen, die weitere Längsspaltung der Tochterchromosomen auf dem Wege nach den Polen auszeichnet, wird als heterotypisch von dem zweiten auf ihn folgenden, als homöotypisch bezeichneten unterschieden, bei dem keine Längsspaltung mehr eintritt, vielmehr die beim Schluss der ersten Teilung gegebenen Enkelsegmente gesondert aus dem Tochterknäuel hervorgehen und an der Spindel getrennt werden. Beide Teilungsschritte werden als „atypisch“ den gewöhnlichen „typischen“ Kernteilungen, welche mit der Reduktion der Chromosomen nichts zu tun haben, gegenübergestellt⁵⁾.

Besonders die Untersuchungen STRASBURGER's⁶⁾ waren es, durch

1) Vergleiche hierzu D. M. MOTTIER, The behavior of the Chromosomes in the Spore-mother-cells of higher Plants and the Homology of the Pollen and Embryosac-mother-cells. Bot. Gaz., Vol. XXXV, 1903, S. 260, der die Möglichkeit erwägt, dass die beim zweiten Teilungsschritt sich vorfindenden Segmenthälften von verschiedenen Paaren der beim Schluss der ersten Teilung durch die zweite Längsspaltung erhaltenen Elemente herrühren.

2) Die Bezeichnung stammt von J. E. S. MOORE, On the structural changes in the reproductive Cells during the Spermatogenesis of Elasmobranchs. Quarterly Journal of Microscop. Sc., vol. XXXVIII, N. S., Nov. 1895.

3) D. M. MOTTIER, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXX, 1897, S. 175.

4) Es sei hier von den vielen Angaben betr. der Synapsis die von ETHEL SARGANT erwähnt, die dieses Stadium an lebenden Material von *Lilium Martagon*. I. Oogenesis. Ann. of Botany, Vol. X, 1896, S. 451, und auf die Besprechung hingewiesen, welche A. ERNST in Chromosomenreduktion, Entwicklung des Embryosacks und Befruchtung bei *Paris quadrifolia* L. und *Trillium grandiflorum*, Flora, Bd. XCI, 1902, S. 9, diesem Gegenstand widmete.

5) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 102, 104.

6) E. STRASSBURGER, Über Reduktionsteilung usw.

welche die Frage nach der Reduktionsteilung zu einem gewissen Abschluss gebracht wurde, und aus denen sich der vorhin geschilderte Teilungsmodus ergab. Er wies unter anderem das Fehlen einer Reduktionsteilung in den Kernen der Pollenmutterzellen von *Lilium Martagon* nach, bei welchen die Deutung der Chromosomenformen besonders schwierig war. Der gleiche Nachweis gelang ihm u. a. bei den Pollen-Mutterzellen von *Iris* und *Allium*, für die BELAJEFF bzw. ISHIKAWA das Bestehen eines solchen Teilungsmodus behauptet hatten¹⁾. Weitere Arbeiten schlossen sich an, in welchen das Fehlen einer Reduktionsteilung auch für die Kerne der Embryosackmutterzellen angegeben wurde²⁾.

Hier und da tauchten vereinzelt weitere Angaben auf, die jedoch die allmählich immer mehr verbreitete Ansicht des Fehlens einer Reduktionsteilung im Pflanzenreich nicht erschüttern konnten, zumal die Nachprüfung eines Teils derselben ihre Richtigkeit in Zweifel stellte; so müssen uns die Angaben ATKINSON's³⁾ an *Trillium* im Hinblick auf die ERNST'schen Untersuchungen⁴⁾, ebenfalls die neueren von ISHIKAWA⁵⁾ an *Larix* nach den vorher veröffentlichten Befunden von JUEL⁶⁾ zum mindesten sehr fraglich erscheinen.

Die eigentümliche Art und Weise, auf welche sich der Reduktionsvorgang in den Embryosackmutterzellen von *Canna* nach WIEGAND⁷⁾ vollziehen soll, veranlassten mich zu einer Prüfung der Angaben. WIEGAND fand in den vegetativen Kernen dieser Pflanze nur sechs Chromosomen. In den Metaphasen der ersten Teilung der Embryosackmutterzelle zählte er ebenfalls sechs Tochterchromosomen. In der Kernplatte des zweiten Teilungsschrittes glaubte er jedoch nur drei beobachtet zu haben, und zwar sollte diese Reduktion der Chromosomenzahl bei der zweiten Teilung dadurch erreicht werden,

1) Vergl. die diesbezügliche Literatur in E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw.

2) J. SCHNIEWIND-THIES, Die Reduktion der Chromosomenzahl und die ihr folgenden Kernteilungen in den Embryosackmutterzellen der Angiospermen. Jena, GUST. FISCHER, 1901. M. KOERNICKE, Studien an Embryosackmutterzellen. Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch. für Natur- und Heilkunde zu Bonn 1901.

3) G. T. ATKINSON, Studies on reduction in plants. Bot. Gaz. vol. XXVIII, 1899, S. 1.

4) A. ERNST, Chromosomenreduktion, Entwicklung des Embryosackes und Befruchtung bei *Paris quadrifolia* L. und *Trillium grandiflorum* Salisb. Flora, Ergzb. 1901, Bd. XCI, S. 1.

5) C. ISHIKAWA, Über die Chromosomenreduktion bei *Larix leptolepis* Gord. Beih. zum Bot. Centralbl., Bd. XI, 1902, S. 6.

6) H. O. JUEL, Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung, I. Die Tetradenteilung in der Samenanlage von *Larix*. Jahrb. für wiss. Bot. Bd. XXXV, 1900, S. 626.

7) K. M. WIEGAND, The development of the embryo-sac in some monocotyledonous plants. Bot. Gaz., vol. XXX, 1900, Nr. 1.

dass je zwei Chromosomen der Tochterkerne sich bei Beginn der Teilung zusammenlegten. Diese würden dann an der Spindel getrennt werden. Die Resultate meiner Nachprüfung, welche ich hier anfügen möchte, waren folgende: Zunächst traten mir bei Beginn der ersten Teilung acht längsgespaltene Chromosomen entgegen, die sich stark verkürzten. Im Äquator der ersten Spindel finden wir die acht Doppelklümpchen wieder, deren Hälften nach den Polen auseinanderweichen. Bei dem zweiten Teilungsschritt fand sich die Achtzahl der Chromosomen wieder. Dieselbe Zahl trat mir auch in den beiden entsprechenden Teilungsschritten der Pollenmutterzellen, die ich daraufhin studierte, entgegen. Nach den Beobachtungen, die ich bei *Canna* machte, liegt für mich die Annahme nahe, dass WIEGAND Spindeln mit unvollkommen fixierten, verklumpten Chromatinelementen vor sich hatte, die mir auch hier und da entgegentraten. Was die niedrige Chromosomenzahl (6) anbetrifft, die WIEGAND für die vegetativen Kerne angibt, so muss ich auch die Richtigkeit dieser Angabe in Frage ziehen. Bei allen meinen Zählungen konnte ich immer bestimmt das Vorhandensein von mehr als zehn konstatieren.

Die Ergebnisse der Untersuchungen über die Chromosomenreduktion sprechen für die Ansicht, welche STRASBURGER im Jahre 1894 äusserte¹⁾, und auf welche auch J. SCHNIEWIND-THIES²⁾ und ich³⁾ zurückkamen, dass nämlich die Zahlenreduktion der Chromosomen den Anfang einer neuen Generation bedeutet, dass ferner das Archesporium [nach GÖBEL⁴⁾ die Zellen, welche das sporogene Gewebe liefern], noch der ungeschlechtlichen Generation angehört; findet man doch bei allen Teilungen dieser Zellen die nicht reduzierte Chromosomenzahl, welche dieser Generation eigentümlich ist, vor. Zum Belege seien nur erwähnt die Angaben von MOTTIER⁵⁾ gegen ISHIKAWA⁶⁾, von GUIGNARD⁷⁾, von SCHNIEWIND-THIES⁸⁾ und mir⁹⁾.

Die auffallenden Übereinstimmungen, welche sich sowohl zwischen

1) E. STRASBURGER, Über periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwicklungsgang der Organismen. Biol. Centralbl., Bd. XIV, 1894, S. 817.

2) l. c.

3) l. c.

4) Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Pflanzenorgane, 1883, S. 384.

5) D. M. MOTTIER, Über die Chromosomenzahl bei der Entwicklung der Pollenkörner von *Allium*. Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft., Bd. XV, 1897, S. 474.

6) C. ISHIKAWA, Die Entwicklung der Pollenkörner von *Allium fistulosum* L. Journ. of the royal College of science, Imperial Univ. Tokyo, Japan, vol. X, 1897.

7) L. GUIGNARD, Le développement du pollen et la réduction chromatique dans le *Najas major*. Archives d'anatomie micr. publiés par BALBIANI et RANVIER T. II, 1899, S. 455.

8) l. c.

9) l. c.

den Kernteilungen, wie zwischen bestimmten cytoplasmatischen Eigen-
tümlichkeiten in den Pollen- und Embryosack-Mutterzellen
nachweisen liessen, deuteten auf eine Homologie dieser Zellen
hin¹⁾. In den weitaus häufigsten Fällen, wo die Embryosackmutter-
zelle in vier Zellen zerlegt wird, entspricht die Embryosackzelle und
ihre drei Schwesterzellen den vier Zellen einer Pollentetrade. Die
atypischen Kernteilungen sind nicht unbedingt als Kriterien einer
Tetradenteilung, wie JUEL will²⁾, anzusehen. Dies ergibt sich aus
der Betrachtung der Verhältnisse bei manchen Liliaceen, wo u. a. die
Embryosackmutterzelle direkt zum Embryosack wird, ohne eine zwei-
malige Zellteilung durchzumachen. Da bleibt die Aufeinanderfolge
von heterotypischer, homoeotypischer und typischer Kernteilung fort-
bestehen, und das auch bei solchen Liliaceen, deren Embryosack-
mutterzellen sich einmal teilt und so zwei Zellen erzeugt, von welchen
eine zum Embryosack auswächst. Die atypischen Kernteilungen
stellen ausschliesslich eine Folge der Reduktion der Chromosomen-
zahl dar. Sie sind unabhängig von der Tetradenbildung³⁾.

Berechtigtes Interesse erweckten die Verhältnisse, welche JUEL⁴⁾
bei der parthenogenetischen *Antennaria alpina* aufdeckte. Hier
wird die Embryosackmutterzelle nicht in vier Tochterzellen zerlegt
im Gegensatz zu der normal sich verhaltenden *Antennaria dioica*,
sondern sie wird direkt zur Embryosackzelle. Auch tritt keine Re-
duktion der Chromosomenzahl bei der Entwicklung des Embryo-
sacks ein, wie bei *Antennaria dioica*.

Für die parthenogenetischen Alchemillen gibt jedoch MURBECK⁵⁾
Tetradenteilung in den Embryosackmutterzellen an, doch tritt auch
hier keine Chromosomenreduktion ein. Auch J. B. OVERTON⁶⁾ schildert
bei dem parthenogenetischen *Thalictrum purpurascens* den Vorgang
einer Tetradenteilung der Embryosackmutterzelle, ohne jedoch über
das Verhalten der Chromosomenzahl Auskunft zu geben.

1) E. OVERTON, Über die Reduktion der Chromosomen in den Kernen der
Pflanzen. Vierteljahrsschr. der naturw. Ges. in Zürich. XXXVIII. Jahrg., 1893,
Sep. S. 4. D. M. MOTTIER, Über das Verhalten der Kerne usw. Jahrb. für wiss.
Bot., Bd. XXXI, 1898, S. 144. H. O. JUEL, Beiträge zur Kenntnis der Tetraden-
teilung. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXV, 1900, S. 626. Derselbe, Vergleichende Unter-
suchungen über typische und parthenogenetische Fortpflanzung bei der Gattung
Antennaria. Kgl. Svenska Vetensk. Akad. Handl., vol. XXXIII, Nr. 5, 1900. SV. MUR-
BECK, Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung *Alchemilla*. Lunds Årsskr.,
vol. XXXVI, Afd. II, Nr. 7, 1901. M. KOERNICKE, l. c. F. E. LLOYD, The comparative
Embryology of the Rubiaceae. Mem. of the TORREY bot. Club, vol. VIII, p. 1ff.

2) H. O. JUEL, Beiträge usw. l. c.

3) J. SCHNIEWIND-THIES, l. c.

4) H. O. JUEL, *Antennaria*-Arbeit l. c.

5) SV. MURBECK, *Alchemilla*-Arbeit l. c.

6) J. B. OVERTON, Parthenogenesis in *Thalictrum purpurascens*. Bot. Gaz.
vol. XXXIII, 1902, S. 363.

Entsprechende Angaben liegen jetzt auch über die apogamen Farne vor. Bei den Farnen wird die Reduktion der Chromosomenzahl im Kern der Sporenmutterzelle vollzogen. Das aus den Sporen hervorgehende Prothallium und ebenso die in normalen Fällen sich an ihm entwickelnden Geschlechtsorgane besitzen dieselbe reduzierte Zahl, erst das befruchtete Ei und die vegetativen Zellen der daraus sich entwickelnden, sporenbildenden Generation weisen wieder die doppelte Chromosomenzahl in ihren Kernen auf. Es lag nun die Frage nahe, wie sich die apogam, d. h. durch einfache Teilung von bestimmten Prothalliumzellen entstehenden Farnpflanzen in der Chromosomenzahl verhielten. Da zeigten denn die neuerdings veröffentlichten Untersuchungsergebnisse von FARMER, MOORE und DIGBY¹⁾ folgendes Merkwürdige: Es fand eine Wanderung von Kernen durch Membranporen in diejenigen Zellen statt, aus deren Teilungsprodukten die apogam entstehende Farnpflanze aufgebaut wird. So erhielten die Zellen zwei Kerne, die miteinander verschmolzen und sich weiterhin teilen konnten, wobei sich eine höhere Chromosomenzahl als vorher, wahrscheinlich die doppelte, feststellen liess.

In seinem Vortrag über periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwicklungsgang der Organismen²⁾ und auch späterhin³⁾ begründete STRASBURGER eingehend seine Ansicht, dass der Vorgang der numerischen Reduktion der Chromosomen seinem Ursprung nach auf die Befruchtung folgte, erst durch sie veranlasst war und bei seiner Entstehung wohl zu Beginn der Entwicklung des Befruchtungsproduktes sich vollzog. Die Reduktion der Chromosomenzahl ist also nicht etwa die Ursache, sondern eine Folge der Befruchtung und die in jedem Geschlechtskern vertretene Zahl der Chromosomen stellt nicht eine reduzierte, vielmehr die dem Organismus ursprünglich zukommende Zahl vor.

Über das Verhalten der **Kerne bei Pflanzenhybriden** sind in neuerer Zeit eingehendere Untersuchungen von JUEL⁴⁾ und ROSENBERG⁵⁾ angestellt worden. In den Pollenmutterzellen von *Syringa rothomagensis* (Bastard von *Syringa vulgaris* und *S. persica*) finden sich eine Anzahl Unregelmässigkeiten vor, die sich sowohl auf ein abnormes Verhalten der sogenannten achromatischen, wie auch der chromatischen Substanz zurückführen liessen. Unter anderm traten JUEL Kerndurch-

1) J. B. FARMER, J. E. S. MOORE and L. DIGBY, On the Cytology of Apogamy and Apospory. Proc. of the Roy. Soc. vol. LXXI, 1903, S. 453.

2) Biol. Centralbl. Bd. XIV, 1894, S. 817.

3) Über Reduktionsteilung usw., S. 86 ff.

4) H. O. JUEL, Beiträge zur Kenntnis der Tetradenteilung. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXV, 1900, S. 638.

5) O. ROSENBERG, Das Verhalten der Chromosomen in einer hybriden Pflanze. Ber. der Deutschen Bot. Gesellschaft, Bd. XXI, 1903, S. 110.

schnürungsbilder entgegen; ferner fanden sich im peripheren Teil des Cytoplasmas zur Zeit der späten Prophasen der ersten Teilung und weiterhin Chromatinkörperchen oft in grosser Zahl vor, deren Auftreten JUEL dadurch erklärt, dass der Kern der Zellen sich in einem früheren oder späteren Stadium durchgeschnürt hat und dass der eine Schwesterkern dann in Stücke zerfallen ist, die an die Wand gedrängt werden. Da sich bei *Syringa vulgaris* diese Chromatinkörperchen weit seltener vorfinden, so glaubt JUEL in diesem abnormen Verhalten eine Bildungsabweichung vor sich zu sehen, welche von der hybriden Natur der genannten Art abhängt und zur Sterilität derselben beiträgt.

Während bei dem von JUEL studierten Objekte die Anzahl der Chromosomen in den Eltern gleich gross waren, fand ROSENBERG in einer Hybriden zwischen *Drosera longifolia* und *Drosera rotundifolia* eine Pflanze vor, deren Eltern in ihren Kernen verschiedene Chromosomenzahl besaßen. In den vegetativen Geweben von *Drosera rotundifolia* fanden sich 20, in den Pollenmutterzellen derselben Pflanze 10 Chromosomen vor; in den entsprechenden Zellen von *Drosera longifolia* zeigte sich die doppelte Zahl, also 40 resp. 20. Im vegetativen Gewebe des Bastards trat genau die Summe der reduzierten Chromosomenzahl beider Eltern, also 30 auf. Anders verhielten sich die Pollenmutterzellen des Bastards. Dort konnte ROSENBERG nicht nur die erwartete Zahl 15, sondern auch 10 und 20, also die reduzierte Zahl der Elternchromosomen antreffen. In den Chromosomen der Teilungsfiguren, schon von der Prophase des ersten Teilungsschrittes an, zeigt sich diese Verschiedenheit deutlich markiert, und hierin sieht ROSENBERG einen Ausdruck der Hybridität.

In den cytologischen Befunden der ROSENBERG'schen Arbeit scheint ein Beweis für die STRASBURGER'sche Ansicht vorzuliegen, dass die Spaltung der Anlagen schon beim ersten Teilungsschritt der Pollenmutterzellen eintritt¹⁾, da in der Prophase tatsächlich nicht nur Kerne mit der reduzierten Chromosomenzahl der Bastarde, sondern auch mit der der Eltern vorkommen. Für die Ansicht, welcher CORRENS zuneigt, dass die Merkmaltrennung in den Pollenkörnern eintrete²⁾, sprechen die Beobachtungen ROSENBERG's jedenfalls nicht.

Anders als der *Drosera*-Bastard verhalten sich nach CANNON³⁾

1) E. STRASBURGER, Über Befruchtung. Bot. Ztg., Jahrg. LIX, 1901, Sp. 361.

2) C. CORRENS, GREGOR MENDEL's „Versuche über Pflanzenhybriden“ und die Bestätigung ihrer Ergebnisse durch die neuesten Untersuchungen. Bot. Zeitg., Jahrg. LVIII, 1900, Spalte 232. — Derselbe, Über den Modus und den Zeitpunkt der Spaltung der Anlagen bei den Bastarden vom Erbsentypus. Bot. Zeitg., Jahrg. LX, 1902, Spalte 77.

3) W. A. CANNON, A cytological Basis for the Mendelian laws. Bull. of the Torrey botan. Club, Vol. XXIX, 1902. — Vergl. hierzu auch das Referat von C. CORRENS in der Bot. Zeitg., Jahrg. LXI, 1903, Spalte 121.

hybride Baumwollpflanzen. Da sollen sich die Kernteilungen genau in derselben Weise abspielen wie bei den normalen Pflanzen. Die Spaltung der Merkmale erklärt dabei CANNON damit, dass väterliche und mütterliche Kernsubstanz getrennt bleiben und immer zwei Keimzellen rein väterliche, zwei rein mütterliche Charaktere erhalten.

Was den weiblichen Geschlechtsapparat der Bastardpflanzen betrifft, so haben die neueren Untersuchungen von TISCHLER¹⁾ gezeigt, dass eine Sterilität der Bastarde in vielen Fällen durch Obliteration des Embryosacks bei diesen Pflanzen bewirkt wird.

Über die Frage nach der **Identität** der sich bei den verschiedenen aufeinanderfolgenden Teilungsschritten der Kerne vorfindenden Chromosomen sind die Akten noch nicht geschlossen. Allerdings sprechen sich eine Anzahl Autoren mehr oder weniger bestimmt für eine Autonomie der Chromosomen aus²⁾, doch reichen die tatsächlichen Beobachtungen noch nicht dazu aus, eine endgültige Lösung der Frage herbeizuführen.

Die **Zahl der Chromosomen** höherer Pflanzen ist für eine ganze Reihe der verschiedensten Pflanzen bekannt. Eine Zusammenstellung hierüber findet sich in dem schon zitierten Buch von CHAMBERLAIN und COULTER³⁾. Als geringste Chromosomenzahl wird dort die Zahl 3 für die atypischen Teilungen von *Canna* nach den Angaben von WIEGAND⁴⁾ zitiert; als höchst bekannte reduzierte Zahl findet sich die von STRASBURGER⁵⁾ für die Pollenmutterzellen von *Nymphaea alba* angegebene, 48, vor. Dass WIEGAND sich bei der Zählung getäuscht hat und wir als reduzierte Chromosomenzahl bei *Canna* die Zahl 8 annehmen müssen, habe ich schon vorhin mitgeteilt. Wir haben als niedrigste, bisher bekannte Chromosomenzahl bei höheren Pflanzen die Zahl 6 anzusehen, wie sie sich in den atypischen Kernteilungen von *Najas*, *Zostera* und *Trillium*⁶⁾ vorfindet. Eine geringere Zahl findet sich nur bei niederen pflanzlichen Organismen vor; so hat MAIRE⁷⁾ bei den Teilungen der Basidiomycetenkerne zwei Chromosomen beobachtet. — Eine interessante Abweichung von der Regel,

1) G. TISCHLER, Über Embryosack-Obliteration bei Bastardpflanzen. Beih. Bot. Centrbl., Bd. XV, 1903, S. 408. — Derselbe, Über eine merkwürdige Wachstumserscheinung in den Samenanlagen von *Cytisus Adami* Poir. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XXI, 1903, S. 82.

2) Zuletzt O. ROSENBERG, Das Verhalten der Chromosomen in einer hybriden Pflanze. Ber. der Deutschen Botan. Gesellsch., Bd. XXI, 1903, S. 117, 118. — GRÉGOIRE et WYGAERTS, l. c. S. 55ff.

3) l. c. S. 81, 82.

4) K. M. WIEGAND, 1900, l. c.

5) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw. S. 60.

6) Literaturnachweis hierüber bei COULTER und CHAMBERLAIN, l. c. S. 81.

7) R. MAIRE, Thèse 1902, l. c.

dass sich in den Kernen der Pollen-, Embryosack- und Sporenmutterzellen die Hälfte der Chromosomenzahl vorfindet, welche die Kerne der vegetativen Gewebe derselben Pflanzen besitzen, bilden, wie schon angegeben, die parthenogenetischen Arten von *Antennaria*¹⁾ und *Alchemilla*²⁾, wo im ganzen Entwicklungszyklus dieselbe Zahl sich vorfindet, eine Chromosomenreduktion also nicht eintritt. — Die Zahl der Chromosomen in den vegetativen Geweben ist nicht immer konstant. Dass sie selbst niedriger sein kann, als die reduzierte Zahl der Chromosomen der Pflanze, in der sie sich vorfindet, zeigt der von STRASBURGER³⁾ angegebene Fall von *Funkia*.

Über die ausser den bis jetzt geschilderten Fällen der indirekten oder mitotischen Teilung sich hier und da vorfindende direkte oder amitotische Teilung, auch Fragmentation genannt, die im wesentlichen auf einem Durchschnürungsvorgang beruht, hat sich in den letzten Jahren eine starke Diskussion erhoben. Während auf der einen Seite die direkte Kernteilung bei den höher organisierten Pflanzen als ein reduzierter, wohl auch seniler Vorgang angesehen wird, der sich meist erst in älteren Zellen oder auch in solchen Zellen einstellt, deren Inhalt bald desorganisiert werden soll⁴⁾, gibt NATHANSOHN⁵⁾ und v. WASIELEWSKI⁶⁾ an, dass diese Art der Kernteilung, die experimentell hervorgerufen und wieder zum Verschwinden gebracht werden kann, Tochterzellen mit allen embryonalen Qualitäten liefern kann. Mitose und Amitose sind nach NATHANSOHN als physiologisch gleichwertig aufzufassen. HAECKER⁷⁾, der, durch die NATHANSOHN'schen Befunde an *Spirogyra* veranlasst, gleich gerichtete Versuche mit *Cyclops*-Eiern anstellte, vermutet, dass die durch das Experiment erzielten Kernbilder keine echten Amitosen vorstellen, vielmehr beeinflusste mitotische Teilungsfiguren, denen er den Namen „Pseudoamitosen“ gibt. Unter die Kategorie dieser Gebilde fallen wohl viele Erscheinungen, die als Amitosen gedeutet wurden.

1) H. O. JUEL, Vergleichende Untersuchungen über typische und parthenogenetische Fortpflanzung bei der Gattung *Antennaria*. Kgl. Svenska Vetensk. Akad. Handl., Vol. XXXIII, Nr. 5, 1900.

2) Sv. MURBECK, Parthenogenetische Embryobildung in der Gattung *Alchemilla*. Lunds Univ. Arsskr., Vol. XXXVI, Afd. II, No. 7, 1901.

3) E. STRASBURGER, Über Reduktionsteilung usw., S. 45.

4) Lehrbuch der Botanik. VI. Aufl., S. 72.

5) A. NATHANSOHN, Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilung. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXV, 1900, S. 48, und PFEFFER's Bericht über die in dieser Arbeit niedergelegten Untersuchungsergebnisse. Ber. der math.-phys. Kl. der Kgl. sächs. Gesellsch. der Wissensch., Sitzung vom 3. Juli 1899.

6) W. v. WASIELEWSKI, Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Amitose. I. Absch. Jahrb. für wiss. Bot., XXXVIII, 1903, S. 377.

7) V. HAECKER, Mitosen im Gefolge amitosenähnlicher Vorgänge. Anatom. Anz., Bd. XVII, 1900, S. 9.

Während NATHANSOHN und WASIELEWSKI die von ihnen geschilderten Amitosen durch künstliche Einflüsse auf das Untersuchungsobjekt erhielten, fand TISCHLER in Riesenzellen gewisser *Heterodera*-Gallen ein Objekt vor, in welchem durch den von der Natur gebotenen Einfluss des Parasiten die ursprünglich mitotischen Teilungen in amitotische verwandelt wurden, wobei alle Übergänge zwischen beiden Typen zu beobachten waren. Es zeigte sich, dass die durch Amitose erzielten Kerne noch lange lebenskräftig waren, eine Degeneration relativ sehr spät erst auftrat. TISCHLER will deshalb Amitose schlechthin von Fragmentation unterschieden haben und das Merkmal der Degeneration nur dem durch den letzten Terminus bezeichneten Vorgang geben¹⁾. v. WASIELEWSKI²⁾ hält diese Unterscheidung nicht für angängig.

Verstreut finden sich eine Anzahl von Angaben über das Vorkommen von Amitosen in pflanzlichen Zellen vor³⁾. Ob es sich dabei wirklich immer um echte Amitosen handelt, muss dahingestellt bleiben. Jedenfalls hat die Angabe MASSART's⁴⁾, dass bei den Wundgeweben die Kerne sich vorwiegend amitotisch teilen sollen, sich als unrichtig herausgestellt⁵⁾.

Übergänge zwischen Mitose und Amitose glaubten DIXON⁶⁾ und E. SARGANT⁷⁾ in den Embryosäcken von Liliaceen gefunden zu haben, doch wies BUSCALIONI nach, dass es sich bei den von ihnen beobachteten Fällen um echte Mitosen handelte, die nur eine abnorme Anordnung der Chromosomen aufwiesen. BUSCALIONI⁸⁾ selbst gibt Übergänge für die Endospermkerne gewisser Pflanzen an. Es sind meist hantelförmige Gebilde, in welchen der Kernfaden in die einzelnen, meist schon längsgespaltene Chromosomen zerfallen war, die Kernwand jedoch, wie auch die Nukleolen erhalten blieben. Ähnliche Übergänge zugleich mit Spindelfaserausbildung beschreibt TISCHLER⁹⁾ für das Endosperm von *Corydalis*.

1) G. TISCHLER, Über *Heterodera*-Gallen an den Wurzeln von *Circaea luteana* L. Ber. der Deutsch. Bot. Gesellsch., Bd. XIX, 1901, S. (95).

2) l. c.

3) Zusammenge stellt bei W. v. WASIELEWSKI, l. c.

4) J. MASSART, La cicatrisation chez les végétaux. Extr. des mém. couronnés publ. par l'Acad. de Belg., Tome LVII, 1898.

5) Vergl. E. KÜSTER, Pathologische Pflanzenanatomie. Jena, GUST. FISCHER, 1903, S. 167.

6) H. H. DIXON, Note on the nuclei of the endosperm of *Fritillaria imperialis*. Proc. of the royal Irish Acad. 3. Ser., Vol. III, 1895.

7) ETHEL SARGANT, Direct nuclear division in the Embryosac of *Lilium Martagon*. Ann. of Bot., Vol. X, 1896, S. 107.

8) L. BUSCALIONI, Osservazioni ricerche sulla cellula vegetale. Estratto dell'Annuario del R. Istituto botan. di Roma, Vol. VII, 1898.

9) G. TISCHLER, Verhandl. des Naturhist. Med. Ver. Heidelb. Bd. VI, 1900, l. c. S. 351.

In den merkwürdigen Zellen desselben Endosperms konnte TISCHLER eine **Kernverschmelzung** konstatieren. Die Zahl der verschmelzenden Kerne war dabei wechselnd und ebenso die Zahl der Chromosomen in den folgenden Teilungsbildern. Kernverschmelzungen konnten auch NĚMEC¹⁾ und BLAZEK²⁾ in den Zellen solcher Wurzeln vorfinden, welche dadurch zweikernig geworden waren, dass bei Einwirkung von verschiedenen chemischen Stoffen die kinoplasmatischen Bestandteile von Teilungsfiguren in körnige Massen umgewandelt wurden, und die Scheidewandbildung unterblieb. Wurden dann die Wurzeln wieder in normale Bedingungen gebracht, so rückten die Kerne zusammen und verschmolzen. Derartige Kernverschmelzungsbilder erhielt NĚMEC auch bei Wurzeln, die mit Chloralhydrat behandelt worden waren, mit demselben Medium, welche V. WASIELEWSKI benutzt hatte, um in Wurzeln seine als Amitosen gedeuteten Kernfiguren hervorzurufen. NĚMEC hält denn auch die von V. WASIELEWSKI als Durchschnürungsstadien aufgefassten Kernbilder für Verschmelzungszustände zweier Kerne³⁾ und stellt eine weitere Arbeit über die fraglichen amitotischen Kernteilungen in Aussicht. Seine bisherigen Untersuchungen ergaben Folgendes: Der grosse durch Verschmelzung zweier Kerne entstandene Kern war weiter teilungsfähig; es zeigte sich in seinen Teilungsbildern eine Chromosomenzahl, die doppelt so hoch war als die sonst in den vegetativen Zellen derselben Pflanze vorkommende Zahl. Nicht in allen durch Einwirkung von Chloralhydrat zweikernig gewordenen Zellen trat Kernverschmelzung ein. Die beiden Kerne teilten sich vielmehr getrennt und es entstanden später aus solchen Mutterzellen meist drei aufeinanderfolgende Tochterzellen. Von diesen besass die mittlere zwei Kerne, die früher oder später verschmolzen, die beiden anderen Zellen erschienen einkernig. Während zunächst die aus den Verschmelzungsprodukten hervorgegangenen Kerne doppelte Chromosomenzahl besaßen, fanden sich später nur Teilungsbilder mit der normal in den vegetativen Kernen sich vorfindenden. NĚMEC hält es für möglich, dass eine Reduktion der Chromosomenzahl dabei vor sich geht⁴⁾.

Die geschilderten Kernverschmelzungen stellt NĚMEC als ungeschlechtliche in Gegensatz zu den Verschmelzungen von Sexualkernen⁵⁾. Als ungeschlechtliche Kernverschmelzungen sind auch die-

1) B. NĚMEC, Über ungeschlechtliche Kernverschmelzungen I. Sitzungsber. der böhm. Gesellsch. der Wiss., Prag 1902, 59. Mitt.; II. Ebenda 1903, 27. Mitt.

2) J. BLAZEK, O olivu benzolu na dělení buněk rostlinnych. Abh. der böhm. Akad. Bd. XI, Kl. II, Nr. 17, Prag 1902.

3) l. c. 1903.

4) B. NĚMEC, 1903, l. c. S. 9.

5) B. NĚMEC, 1902, 1903, l. c.

jenigen aufzufassen, welche sich in den Ascii der Ascomyceten¹⁾, bei einigen Hefearthen²⁾ und in den Basidien der Basidiomyceten³⁾ vollziehen. Auch die für apogame Farnprothallien⁴⁾ neuerdings angegebenen sind in diese Kategorie zu rechnen.

Gewissermassen eine Mittelstufe würde die von STRASBURGER⁵⁾ als „vegetative Befruchtung“ bezeichnete Verschmelzung des zweiten generativen Kerns mit den beiden Polkernen darstellen, jenes Phänomen, dessen Entdeckung eine der bedeutendsten Errungenschaften der cytologischen Forschung der letzten Jahre gewesen ist.

Es stellte sich heraus, dass neben dem die Eibefruchtung vollziehenden generativen Kern auch der andere aus dem Pollenschlauch in den Embryosack eintritt und nicht zugrunde geht, wie man annahm, sondern sich an die beiden mehr oder weniger vereinigten Polkerne legt und mit ihnen verschmilzt. Zugleich mit den generativen Kernen tritt auch das sie umgebende Plasma in den Embryosack ein, und es ist anzunehmen, dass es zum mindesten fördernd in die der Befruchtung folgenden Teilungsvorgänge eingreift⁶⁾.

Schon MOTTIER hatte bei seinen Untersuchungen über die Befruchtung bei *Lilium*-Arten den zweiten generativen Kern in der Nähe eines der Polkerne beobachtet⁷⁾. Doch hatte er auf dieses Vorkommen weiter kein Gewicht gelegt. Erst NAWASCHIN⁸⁾ und kurz darauf (GUIGNARD⁹⁾) war es vorbehalten, den wahren Sachverhalt zu erkennen. Heutzutage liegt eine solche Fülle von Angaben über die Existenz einer „Doppelbefruchtung“ bei den verschiedensten,

1) R. A. HARPER, Die Entwicklung des Peritheciums bei *Sphaerotheca castagnei*. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XIII, 1895, S. 475, ferner: Derselbe, Über das Verhalten der Kerne bei der Fruchtentwicklung einiger Ascomyceten. Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXIX, 1896, S. 655, und im Gegensatz dazu DANGEARD, La reproduction sexuelle des ascomycètes. Le Botaniste, I, sér. IV; II. Ebenda, sér. V. Ferner Derselbe, La sexualité dans le genre *Monascus*. Comptes rend. de l'acad. Paris, T. CXXXVI, 1903, S. 1281, und Sur le *Pyronema confluens*, Ebenda, S. 1335. Vergl. auch FR. OLTSMANN's Biol. Centralbl., Bd. XXI, 1901, S. 437.

2) Vergl. GUILLIERMOND, 1903, l. c.

3) Vergl. R. MAIRE, 1902, l. c.

4) FARMER, MOORE, DIGBY, 1903, l. c.

5) E. STRASBURGER, Einige Bemerkungen zur Frage nach der doppelten Befruchtung. Bot. Zeitg., LVIII. Jahrg., 1900, Sp. 301.

6) Vergl. L. GUIGNARD, L'appareil sexuel et la double fécondation dans les Tulipes. Ann. des sc. nat. Bot., VIII. sér., T. XI, 1900, S. 373. — A. ERNST, Flora, Bd. XCI, 1902, l. c.

7) D. M. MOTTIER, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXVI, 1898, S. 147.

8) S. NAWASCHIN, Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei *Lilium Martagon* und *Fritillaria tenella*. Bull. de l'acad. impér. d. sc. de St. Pétersbourg, 1898, Nov. T. IX, No. 4, S. 377.

9) L. GUIGNARD, Sur les Anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes. Rev. gén. de Bot., T. XI, 1899, S. 129.

verwandtschaftlich weit entfernten Pflanzen vor¹⁾, dass an einer allgemeinen Verbreitung dieses Vorgangs bei den Angiospermen nicht zu zweifeln ist²⁾.

Im Momente der Verschmelzung befinden sich sowohl die generativen Kerne, sowie die Kerne, mit welchen sie sich vereinigen werden, im Ruhestadium. Der Vorgang selbst vollzieht sich durch Auflösen der Kernwandungen an den Berührungsflächen und Zusammentritt des Chromatinfadens³⁾. Ob dabei die Kernkörperchen der generativen Kerne aufgelöst und resorbiert werden⁴⁾ oder nicht⁵⁾, mag dahingestellt bleiben.

Nach HAECKER⁶⁾ sollen bei tierischen Objekten nach der Befruchtung in den Kernen die väterlichen und mütterlichen Kernbestandteile als solche getrennt erhalten bleiben. Einen solchen „gonomeren“ Kernzustand, wobei die Autonomie der väterlichen und mütterlichen Kernhälften gewahrt bleibt, will HAECKER auch für die amphigon erzeugten pflanzlichen Organismen angenommen wissen; seine diesbezüglichen Angaben können jedoch nicht als beweiskräftig gelten.

Die Eibefruchtung und die sog. Endospermbeefruchtung gehen in einem Embryosack ungefähr zur selben Zeit vor sich. Der Zeitpunkt der Verschmelzung der Polkerne ist für die verschiedenen Pflanzen verschieden angegeben worden. Entweder waren die Polkerne vor dem Eintreffen des generativen Kerns schon vereint oder nicht. Anscheinend hängen diese Verschiedenheiten mit äusseren Bedingungen zusammen und sind nicht als ständige Eigentümlichkeiten bei denselben Pflanzen anzusehen. Wenigstens konnte SHIBATA⁷⁾ bei *Monotropa uniflora* durch Wechsel der physiologischen Bedingungen den Zeitpunkt der Polkernverschmelzung variieren.

Wie wird der generative Kern nun zu den Polkernen befördert? Hat er Spermatozoidencharakter und besitzt er Bewegungsfähigkeit? Nach STRASBURGER⁸⁾ und SARGANT⁹⁾ sind die generativen Kerne nicht

1) Es mag hierbei erwähnt sein, dass mir bei Gelegenheit einer Untersuchung der Befruchtungsvorgänge gelang, auch bei *Iris*-Arten (*Iris pseudacorus* und *Iris sibirica*) und *Alisma Plantago* Doppelbefruchtung zu beobachten.

2) Vergl. die Zusammenstellung in dem Werk von COULTER und CHAMBERLAIN, 1903, S. 161 ff.

3) D. M. MOTTIER, 1898, l. c., S. 149.

4) L. GUIGNARD, Nouvelles études usw., l. c., S. 198, 199.

5) D. M. MOTTIER, 1898, l. c., S. 149.

6) V. HAECKER, Über das Schicksal der elterlichen und grosselterlichen Kernanteile. Jenaische Zeitschr. für Naturw., Bd. XXXVII, N. F. XXX, 1902, S. 297.

7) K. SHIBATA, Die Doppelbefruchtung bei *Monotropa uniflora* L. Flora, Bd. XC. 1902, S. 61, 65.

8) E. STRASBURGER, Einige Bemerkungen zur Frage nach der „doppelten Befruchtung“ bei den Angiospermen. Bot. Zeitg., Jahrg. LIX, 1900, No. 19/20.

9) E. SARGANT, Recent Work on the Results of Fertilization in Angiosperms. Ann. of Bot., Vol. XIV, 1900, S. 689.

mit den Spermatozoiden der Gefäßkryptogamen zu vergleichen. Nur Kerne sind es; der für die Spermatozoiden so wichtige und charakteristische Plasmabestandteil fehlt ihnen. Wie u. a. die Beobachtungen von GOLINSKI¹⁾ und MERELL²⁾ zeigen, welche schon im Pollenkorn von *Triticum* bezw. *Silphium* die beiden langgestreckten, generativen Kerne vorfanden, besitzen sie selbst in diesem frühen Stadium keine Spur von Cilien, die doch bei den Cycadeen wenigstens so lange noch erhalten bleiben, bis das Spermatozoid in das Plasma des Eies eingedrungen ist. — Aus der eigentümlichen wurmförmig gewundenen, selbst korkzieherförmig gedrehten Gestalt der generativen Kerne wurde verschiedentlich der Schluss auf ein selbständiges Bewegungsvermögen derselben gezogen. Doch liegen darüber, wie überhaupt über selbständige Bewegung von Kernen, keine besonders eingehenden Beobachtungen vor. Möglich kann es sein, dass die gewundenen Formen der generativen Kerne ebenso, wie die ellipsoidischen bezw. linsenförmigen von *Monotropa Hypopitys*, bei welcher STRASBURGER die Doppelbefruchtung in lebenden Samenanlagen beobachten konnte³⁾, durch die Plasmaströmungen innerhalb des Embryosacks nach den Polkernen befördert werden.

Man nimmt an, dass eine Vereinigung des generativen Kerns mit den Polkernen zur Weiterentwicklung nötig sei. Ob der generative Kern aber nicht vielleicht auch ohne Verschmelzung eine Weiterentwicklung ausregen kann oder ob sich die Polkerne in Pflanzen mit normaler Befruchtung selbständig zur Weiterentwicklung anschließen können, erscheint nach den ERNST'schen Befunden diskutabel. ERNST⁴⁾ beobachtete nämlich, dass bei *Paris* und *Trillium* eine Verschmelzung der Polkerne bei und nach der Befruchtung nicht eintrat. Schon vor der Vereinigung mit dem Spermakern hatte sich in beiden Polkernen der Chromatinfaden herausgesondert. Zugleich entwickelte sich auch im Spermakern ein selbständiger Kernfaden. Die Chromosomen aller drei Fadenknäuel sammelten sich weiterhin zu einer gemeinsamen Kernplatte. — Unter gewissen physiologischen Bedingungen kann bei sonst in der Befruchtung normal sich verhaltenden Pflanzen eine von der Befruchtung unabhängige Weiterentwicklung des Endosperms angeregt werden⁵⁾, gerade so wie man in der Natur, durch bestimmte

1) ST. J. GOLINSKI, Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Androeceums und Gynaeceums der Gräser. Bot. Centralbl., Bd. LV, 1893, S. 11.

2) W. D. MERELL, A contribution to the life history of *Silphium*. Bot. Gaz., Vol. XXIX, 1900, S. 113.

3) E. STRASBURGER, Bot. Zeitg., Jahrg. LIX, 1900, No. 19/20, Sp. 298 u. 302.

4) A. ERNST, Flora, Bd. XCI, 1902, l. c., S. 30.

5) K. SHIBATA, Experimentelle Studien über die Entwicklung des Endosperms bei *Monotropa*. Biol. Centralbl., Bd. XXII, 1902, S. 61.

Einflüsse unbefruchtete Eier zur Teilung zu veranlassen¹⁾, ein Vorgang, der, wie die neueren Untersuchungen lehren²⁾, unter normalen Bedingungen bei einer ganzen Reihe der verschiedenartigsten Pflanzen sich vollzieht. Dass bei parthenogenetischen Pflanzen die Polkerne entweder verschmolzen oder auch ohne Verschmelzung teilungsfähig sind, zeigen die schon früher³⁾ erwähnten Untersuchungen von JUEL und MURBECK.

Über die Deutung des fraglichen Vorgangs der Verschmelzung des einen generativen Kerns mit den Polkernen herrschten von Anfang an zwei Ansichten. NAWASCHIN⁴⁾ sah ihn als eine wahre Befruchtung an und fasste das Endosperm als Embryo mit ernährungsphysiologischer Funktion auf, während GUIGNARD⁵⁾ diesen Vorgang als „une sorte de pseudofécondation“ bezeichnete, eine unechte Befruchtung, bei der eine Übertragung vererbbarer Eigenschaften nicht stattfindet und deren Nutzen hauptsächlich in der gewissermassen durch Energieassociation bewirkten, rascheren Teilungsfolge der Endospermkerne bestehe. STRASBURGER⁶⁾ vertrat gelegentlich einer kritischen Besprechung der Ansichten NAWASCHIN's und GUIGNARD's auf Grund der vorliegenden Tatsachen den Standpunkt, dass die Endospermbefruchtung als eine „vegetative Befruchtung“ aufzufassen sei, eine Befruchtung, welche er als nur die Weiterentwicklung veranlassend in Gegensatz zur generativen Befruchtung stellt, deren Wesen in der Übertragung der vereinigten Eigenschaften der Erzeuger auf die Nachkommen besteht. Beide sind es, die bei dem normalen Befruchtungsvorgang

1) G. KLEBS, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einzelligen Algen und Pilzen. 1896. Jena, GUST. FISCHER. Ferner weitere Aufsätze in den Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXII, XXXIII, XXXV. Dann AL. NATHANSOHN, Über Parthenogenesis bei *Marsilia* und ihre Abhängigkeit von der Temperatur. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XVIII, 1900, S. 99, auch H. WINKLER, Über die Furchung unbefruchteter Eier unter der Einwirkung von Extraktivstoffen aus dem Sperma. Nachr. d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Klasse, 1900, Heft 2. Ferner Derselbe, Über Merogonie und Befruchtung, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXXVI, 1901, S. 753, wo zugleich über den interessanten Fall einer Weiterentwicklung von kernlosen Eibuchstücken, die befruchtet wurden, berichtet wird.

2) Neben den schon erwähnten Angaben seien noch der Vollständigkeit wegen genannt: M. TREUB, L'organe femelle et l'embryogénèse dans le *Ficus hirta* Vahl. Ann. du jardin bot. de Buitenzorg, 2. Sér., Vol. III, 1902, S. 124, und J. B. LOTSY, Parthenogenesis bei *Gaetum Ula* Brongn., Flora, Bd. XCII, 1903, S. 397.

3) Vergl. S. (121).

4) l. c.

5) l. c. und in L'appareil sexuel et la double fécondation dans les Tulipes. Ann. des sc. natur. Bot., Sér. 8, Tome XI, 1900, S. 373.

6) E. STRASBURGER, Bot. Ztg., 1900, l. c.

zusammenwirken¹⁾. Allerdings hatten DE VRIES²⁾ und CORRENS³⁾ festgestellt, dass bei der Befruchtung bestimmter Rassen von *Zea Mays* unter einander auch bastardierte Endosperme erhalten werden. NAWASCHIN⁴⁾ erblickte darin eine wichtige Stütze für seine Vorstellung, dass es sich bei der Endospermbefruchtung um eine wahre Befruchtung handle. Dem stimmte jedoch STRASBURGER⁵⁾ nicht zu, er warf vielmehr die Frage auf, wie es bei der Aufnahme eines Spermakerns in die Polkerngruppe anders sein soll. Der Spermakern würde ja bei seiner Aufnahme in den sekundären Embryosackkern nicht aufgelöst, um ihm nur als Nahrung zu dienen: er trete vielmehr als lebendige Einheit in den Embryosackkern ein und demgemäss könnten sich in dessen Produkten auch seine Eigenschaften, falls sie zur Geltung gelangten, kenntlich machen. Für STRASBURGER ist die Bildung bastardierter Mais-Endosperme nur ein weiterer Beweis dafür, dass die Zellkerne wirklich die Träger der erblichen Eigenschaften sind.

Was den **Umfang der pflanzlichen Kerne** betrifft, so besitzen die Characeen, die Liliaceen und die Amaryllidaceen die grössten⁶⁾. Sie können bis zu 50 μ Durchmesser haben, ja in den Saftbehältern von *Aloë* kommen Kerne in den Grössenverhältnissen 50 : 30 μ und 825 : 7 μ , in denjenigen der Schleimgefässe von *Lycoris radiata* selbst solche von 13 : 16 μ bis 1510 : 0,1—0,3 μ . um die Extreme zu nennen, vor⁷⁾. Im allgemeinen weisen die Monocotylen grössere Kerne auf als die Dicotylen. Unter den Dicotylen sind wiederum die den Monocotylen nahe gestellten Ranunculaceen und Nymphaeaceen mit besonders grossen Kernen ausgestattet, im Gegensatz zu den übrigen, deren Kerngrösse auf 4 bis 5 μ sinken kann. Besonders kleine Kerne finden sich in den vegetativen Geweben der Selaginellen und Moose, ferner in den Pilzhyphen vor. Letztere messen ca 1,5 bis 2 μ . Die kleinsten Kerne dürften wohl die Bakterien besitzen.

Dass die Grösse des Kerns die der Zelle bestimmt, konnte

1) Vgl. hierzu auch die Referate von Graf H. ZU SOLMS-LAUBACH, Bot. Ztg., 1900, Sp. 377; 1902, Sp. 358, von K. GÖBEL, Flora, Bd. LXXXVII, 1900, S. 308 und H. WINKLER, Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXVI, 1901, S. 767.

2) H. DE VRIES, Sur la fécondation hybride d'albumen. Compt. rend. de l'acad. Paris 4. Dec. 1899 und Revue gén. de Bot., Bd. XII, 1900, S. 129.

3) C. CORRENS, Untersuchungen über die Xenien von *Zea Mays*. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XVII, 1899, S. 410.

4) S. NAWASCHIN, Über die Befruchtungsvorgänge bei einigen Dicotyledoneen. Ber. der Deutschen Bot. Gesellsch., Bd. XVIII, 1900, S. 228.

5) E. STRASBURGER, Bot. Ztg., 1900, I. c., Sp. 308.

6) Vgl. zum Teil die Zusammenstellung von A. ZIMMERMANN, I. c., S. 11, 12.

7) H. MOLISCH, Über Zellkerne besonderer Art. Bot. Ztg., Jahrg. LVII, 1899, S. 185 und 188. Ferner Derselbe, Studien über den Milchsaft und Schleimsaft der Pflanzen. Jena, bei GUST. FISCHER, 1901, S. 89, 105.

GERASSIMOFF¹⁾ experimentell nachweisen. Er modifizierte die Zellteilung bei Spirogyra durch Kältewirkung derart, dass die eine Tochterzelle bei der Verteilung der Kerne leer ausging, die andere beide oder auch, wenn sich das gesamte Chromatinmaterial der Kernteilungsfigur zu einem Kern wieder vereinigte, einen einzigen Kern von doppelter Masse erhielt. Die Zelle, welche den Kernüberschuss besass, musste erst stark heranwachsen, ehe eine erneute Teilung eintrat. Es entstanden so Spirogyrafäden, bei welchen nicht nur die Kerne, sondern auch die Zellkörper bedeutend grösser waren, als die Kerne und Zellen der normalen Fäden. Bei Zellen von gleicher morphologischer Bedeutung führte also die Halbierung der Kernmasse zu Zellen von halber Grösse, die Verdoppelung der Kernmasse hatte eine Vergrösserung der Zelldimensionen zur Folge²⁾.

In den meisten Fällen besitzt der pflanzliche Zellkern kugelige bis eiförmige **Gestalt**. Langgestreckte Zellen besitzen meist auch längliche Kerne. MIEHE³⁾ beschreibt solche Kerne, die ausserdem noch in zipfelförmige Fortsätze auslaufen können, für die Epidermiszellen von *Nyacinthus*. In vielen Fällen erscheinen auch die die Befruchtung bei den Phanerogamen vermittelnden, generativen Kerne langgestreckt. Sie können dabei bogig, wurmförmig, ja sogar korkzieherartig gekrümmt sein⁴⁾. Ganz besonders langgestreckte Kerne finden sich in pflanzlichen Sekretbehältern vor, wie die Untersuchungen von MOLISCH⁵⁾ zeigen. Da sind die Kerne oft so in die Länge gezogen, dass sie mit vollstem Recht den Namen „Fadenkerne“ führen, den ihnen MOLISCH gab. In denselben Sekretbehältern kommen auch eigenartige Kerne vor, die mit einer im Verhältnis zu ihnen grossen Saftblase versehen sind. Ein solcher Blaskern entsteht nach MOLISCH dadurch, dass zwischen der eigentlichen Kernsubstanz und der Kernmembran sich ein grosser Saft Raum ausbildet,

1) J. J. GERASSIMOFF, Über den Einfluss des Kerns auf das Wachstum der Zelle. Bull. de la Soc. imp. des sc. nat. de Moscou, 1901, S. 185. Derselbe, Die Abhängigkeit der Grösse der Zelle von der Menge ihrer Kernmasse. Zeitschr. für allgem. Physiol., Bd. I, S. 220.

2) Gleiche Resultate erhielt BOVERI für tierische Zellen. Vgl. BOVERI, Über mehrpolige Mitosen als Mittel zur Analyse des Zellkerns. Verh. der med. phys. Gesellsch. Würzburg N. F., Bd. XXXV: vgl. ebenfalls R. HERTWIG, Über Korrelation von Zell- und Kerngrösse und ihre Bedeutung für geschlechtliche Differenzierung und die Teilung der Zelle. Biol. Centralbl., Bd. XXIII, 1903, S. 49ff.

3) H. MIEHE, Histologische und experimentelle Untersuchungen über die Anlage der Spaltöffnungen einiger Monocotylen. Bot. Centralbl., Bd. LXXVIII, 1899, S. 387.

4) Vergl. u. a. D. M. MOTTIER, Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXI, 1898, I. c., S. 147 und S. NAWASCHIN, Über die Befruchtungsvorgänge bei einigen Dicotyledonen. Ber. der Deutschen bot. Gesellsch., Bd. XVIII, 1900, S. 227.

5) H. MOLISCH, I. c.

durch welchen die Membran blasenartig aufgetrieben wird. Hebt sich die Kernmembran an zwei entgegengesetzten Enden ab, so bilden sich zweiblasige Kerne. Auch ringförmige Kerne sind für pflanzliche Zellen angegeben worden¹⁾.

Es sei zum Schluss noch erwähnt, dass der Kern, wenn er sich in eigenartigen physiologischen Bedingungen befindet, merkwürdige Form- und Strukturveränderungen aufweisen kann. Hier und da hypertrophiert er, in manchen Fällen nimmt er amitosenähnliche amöbenartige Gestalt an²⁾. In seinem Innern kann das Chromatin sich zu mehr oder weniger grossen Klumpen zusammenballen, vielleicht sogar in Lösung gehen³⁾.

Um den Bericht nicht über Gebühr zu verlängern, habe ich geglaubt, mich auf die beiden Hauptbestandteile der Zelle, Cytoplasma und Kern, beschränken zu dürfen. Wie viele Fragen in diesem eng umgrenzten Teil der pflanzlichen Zellforschung noch der Lösung harren, wird der Leser schon aus dem Gesagten ersehen haben. Er wird es auch erkennen aus dem regen Arbeitseifer, der, wie die seit dem Beginn der Drucklegung dieses Berichtes erschienenen Publikationen zeigen, unvermindert auf diesem Gebiet herrscht. — Der Wunsch zu kürzen war es auch, der mich bestimmte, nicht näher, als es geschah, auf die zoologische Literatur einzugehen. Dies konnte ich um so eher tun, als zwei vortreffliche Werke vorliegen, welche die tierische Zelle zum Gegenstand haben, und auf die ich hier zur Orientierung über dieses Gebiet verweisen möchte: „Die Zelle und die Gewebe“ von O. HERTWIG und „The Cell“ von WILSON.

1) L. BUSCALIONI, Osservazioni e ricerche sulla cellula vegetale. Ann. del R. Istit. bot. Roma, Vol. VII, 1898, S. 255.

2) Vgl. hierzu W. MAGNUS, Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXV, 1900, I. c. Ferner K. SHIBATA, Cytologische Studien über die endotrophen Mykorrhizen. Jahrb. für wissensch. Bot., Bd. XXXVII, 1902, S. 643. Auch die Angaben von ZIMMERMANN, I. c., 1896, S. 13 u. 14.

3) O. ROSENBERG, Physiologisch-cytologische Untersuchungen über *Drosera rotundifolia* L. Upsala, 1899, auch Dissertation Bonn. L. BUSCALIONI, I. c. F. CAVARA, Intorno ad alcune strutture nucleari. Atti Istit. bot. Pavia, N. Ser., Vol. V, 1897. B. LONGO, Esiste cromatolisi nei nuclei normali vegetali? Rend. Lincei, ser. V, Vol. VII, S. 282. FR. ROL. SCHRAMMEN, I. c. J. C. TORREY, Cytological changes accompanying secretion of diastase. Bull. of the TORREY bot. Club, July 1902. T. IKEDA, Studies in the physiological functions of Antipodals and related phenomena of fertilization in Liliaceae. 1. *Tricyrtis hirta*. Bull. of the college of agricult., Tokyo imp. Univers., Vol. V, 1902, S. 41. L. MATRUCHOT et M. MOLLIARD, Modifications produites par le gel dans la structure des cellules végétales. Revue gén. de Bot., T. XIV, 1902, S. 401ff. Dieselben, Recherches sur la fermentation propre, ebenda, S. 193ff.