

Verlag von GUSTAV FISCHER in JENA.

Strasburger, Dr. Eduard, Professor an der Universität Bonn, **Zellbildung und Zelltheilung**. Dritte völlig umgearbeitete Auflage. Mit 14 Tafeln und einem Holzschnitt. 1880. Preis: 15 Mark.

— **Histologische Beiträge.**

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

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

Vor Kurzem erschien:

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

— **Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen.**

1878. Preis: 1 Mark 60 Pf.

— **Die Angiospermen und die Gymnospermen.**

Mit 22 Tafeln.

— 1879. Preis 25 Mark.

— **Ueber den Bau und das Wachstum der Zellhäute.**

Mit 8 Tafeln. 1882. Preis: 10 Mark.

— **Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang**

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

— **Das botanische Practicum.**

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

Boveri, Dr. Theodor, Privatdocent an der Universität München, **Zellenstudien**. Heft I. Die Bildung der Richtungskörper bei Ascaris

megaloccephala und Ascaris lumbricoides. (Aus dem Zoologischen Institut zu München.) Mit 4 lithographischen Tafeln. Preis: 4 Mark 50 Pf. — Heft II. Die Befruchtung und Theilung des Eies von Ascaris megaloccephala. (Aus dem Zoologischen Institut zu München.) Mit 5 lithographischen Tafeln. Preis: 7 Mark 50 Pf. — Heft III. Ueber das Verhalten der chromatischen Kernsubstanz bei der Bildung der Richtungskörper und bei der Befruchtung. Mit 3 lithographischen Tafeln. Preis: 4 Mark.

Büsgen, Dr. M., Privatdocent der Botanik an der Universität Jena, **Beobachtungen über das Verhalten des Gerbstoffs in den Pflanzen**. Preis: 1 Mark 60 Pf.

Soeben erschien:

— **Der Honigthau.**

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

Detmer, Dr. W., Professor an der Universität Jena, **Das pflanzenphysiologische Praktikum**. Anleitung zu pflanzenphysiologischen Untersuchungen für Studierende und Lehrer der Naturwissenschaften. Mit 131 Holzschnitten. 1888. Preis broschirt: 8 Mark, gebunden: 9 Mark.

Eimer, Dr. G. H. Theodor, Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie zu Tübingen, **Die Entstehung der Arten** auf Grund von Ver-

erben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachstums. Ein Beitrag zur einheitlichen Auffassung der Lebewelt. Erster Theil. Mit 6 Abbildungen im Text. Preis: 9 Mark.

DAS
PROTOPLASMA
UND
DIE REIZBARKEIT.

REDE
ZUM
ANTRITT DES REKTORATES
DER
RHEIN. FRIEDRICH-WILHELM-UNIVERSITÄT
AM
18. OCTOBER 1891
GEHALTEN VON
EDUARD STRASBURGER.

JENA.
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1891.

Hochgeehrte Versammlung!

Als eine der wichtigsten Errungenschaften, deren wir uns in den letzten Decennien auf physiologischem Gebiete zu rühmen haben, kann die Erkenntniss gelten, dass der zähflüssige Inhalt der organischen Zellen, den wir Protoplasma nennen, der Träger aller Lebensvorgänge ist. Der Gewinn, der uns aus dieser Erkenntniss erwuchs, war ein ganz gewaltiger. Wussten wir doch mit einem Mal, wo wir die Hebel ansetzen sollten, um das Problem des Lebens zu lösen. Freilich hatte diese Erkenntniss auch ihre negative Seite. Einfache Erklärungen einzelner Lebensvorgänge schienen nunmehr ausgeschlossen; bei jeder Aufgabe war mit dem Bau und den Functionen einer Substanz zu rechnen, die an sich räthselhaft, gewissermaassen ein x war, das in jede Lebensgleichung eingestellt werden musste.

Mit dem Einblick in die Bedeutung des Protoplasma trat an die Forscher die Aufforderung heran, sich in dessen Bau zu vertiefen. Da ich mich nun nach Kräften an den Arbeiten theilnehmend habe, welche dieses Ziel erstrebten, so halte ich mich auch für berechtigt, von dieser Stelle aus, bei Antritt des Rectorates, einen Ueberblick unserer Kenntnisse von dem Bau und von den Eigenschaften des Protoplasma zu geben.

Es ist überhaupt noch nicht viel Zeit verflossen, seitdem wir von dem Bestehen dieser Substanz unterrichtet sind. Denn zwar hatte man lange zuvor schon erkannt, dass der Körper der Pflanzen und der Thiere aus besonderen Elementen, die wir Zellen nennen, aufgebaut sei, doch mit dem Inhalt dieser Zellen begann man sich eingehend erst im Laufe dieses Jahrhunderts zu beschäftigen. Der Inhalt der Zellen ist es vor Allem, der den Namen „Zellkörper“ verdient; die Bezeichnung Zelle ist aber nicht für denselben gebildet worden. Diese Bezeichnung stammt aus dem Jahre 1667, und rührt von Robert Hooke¹⁾ her, einem englischen Gelehrten, der das zusammen-

¹⁾ Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. London 1667.

gesetzte Mikroskop so weit verbesserte, dass es einigermaassen deutliche Bilder von den vergrösserten Gegenständen zu geben begann. Robert Hooke war übrigens nicht Biolog von Fach, vielmehr Physiker, und es kam ihm bei der Beschreibung der beobachteten Gegenstände vor Allem darauf an, die Leistungsfähigkeit seines Mikroskops zu zeigen. Robert Hooke hatte unter andern Gegenständen auch ein Stück Kork untersucht und gefunden, dass derselbe Hohlräume führt, die durch zarte Wände geschieden werden. Er widmete einen besonderen Abschnitt seiner Mikrographie dem Bau dieses Korkes.¹⁾ Die Hohlräume, die er in demselben entdeckte, verglich er mit den Zellen der Honigwaben und belegte sie mit demselben Namen. Diese Bezeichnung ging auf spätere Zeiten über. Der Flaschenkork, an welchem Robert Hooke seine Entdeckung machte, ist ein todttes Gewebe. Er besteht von dem Augenblicke an, wo er am Eichenstamm völlig fertig gestellt ist, nur noch aus leeren Zellräumen, welche Luft führen. Der eigentliche Zelleib fehlte somit in den von Robert Hooke untersuchten Korkstücken; er hatte nur die Häute der Zellen vor Augen. Auch die wahren Begründer der Pflanzenanatomie: Nehemias Grew und Marcello Malpighi, deren werthvolle Werke²⁾ wenige Jahre später als die R. Hooke'sche Mikrographie erschienen, haben beim Studium pflanzlicher Gewebe ihr Augenmerk vor Allem nur auf die Wände der Zellen gerichtet. Sie untersuchten fast ausschliesslich fertige Pflanzentheile, in welchen die eigentliche Zellsubstanz auf so dünne Wandbelege reducirt ist, dass sie den damaligen optischen Hilfsmitteln verborgen bleiben musste. Im Uebrigen waren es imposante Leistungen, welche diese beiden Begründer der Pflanzenanatomie der erstaunten Mitwelt darboten. Der innere Bau der Gewächse, von dem man bis dahin kaum etwas geahnt hatte, lag mit einem Male entschleiert vor deren Augen, und die Arbeit war so vollkommen, dass mehr als ein volles Jahrhundert vergehen musste, bevor sich Besseres an deren Stelle setzen liess. — Forscht man nach den Ursachen, welche zu einer so unvermittelten Leistung anregen und zu dem noch merkwürdigeren Zusammentreffen der Werke von Grew und Malpighi

¹⁾ l. c. p. 112.

²⁾ Nehemias Grew. *The Anatomy of vegetables begun. With a general account of vegetation founded thereon.* London 1672. — Marcelli Malpighii, *philosophi et medici Bononiensis, e regia societate, Anatome plantarum.* Londini 1675 et 1679. — Die Untersuchungen von Grew wurden der Royal Society in erster vorläufiger Mittheilung den 11. Mai 1671, diejenigen Malpighi's am 7. December desselben Jahres vorgelegt.

führen konnten, so wird man vor Allem auf die besonderen Bedingungen der damaligen Zeit hingewiesen. Das schmälert nicht die Verdienste von Grew und Malpighi, die Beide hochbegabte Männer waren. Bei höchster Begabung hätten dieselben aber nur Geringes auf dem Gebiete der Pflanzenanatomie leisten können, wenn ihnen nicht gleichzeitig die Vervollkommnung der Vergrösserungsgläser ein tieferes Eindringen in den inneren Bau der Gewächse ermöglicht hätte. Beide Forscher brachten bei gleicher Beanlagung das zu Wege, was bei dem gegebenen Zustande des Wissens, mit den gegebenen Hilfsmitteln, zu erreichen war, und legten so, schon vor zwei Jahrhunderten, in belehrender Weise Zeugniß dafür ab, dass auf gewissen Gebieten der Naturforschung die obere Grenze der Leistung durch die Leistungsfähigkeit der zu benutzenden Instrumente bestimmt wird. Dass Grew und Malpighi sich zu gleicher Zeit die Aufgabe stellten, den inneren Bau der Gewächse zu erforschen, nachdem man Jahrhunderte lang sich damit begnügt hatte Aristoteles und Theophrast abzuschreiben und zu commentiren, hatte aber eine allgemeinere Ursache. Dieselbe war begründet in dem Einfluss der neuen Philosophie, die von Descartes und Bacon angeregt, die Geister aus dem Bann der mittelalterlichen Scholastik jetzt zu befreien begann. Angeregt durch diese Gedankenströmung, hatte Karl II. auch die Königliche Gesellschaft der Wissenschaften, die Royal Society, in London im Jahre 1660 gegründet, mit der ausgesprochenen Aufgabe, die Wissenschaft durch directe Experimente zu mehren und die Ausdehnung des natürlichen Wissens im Gegensatz zu dem übernatürlichen anzustreben. Dieser Gesellschaft legten Grew und Malpighi im gleichen Jahre ihre Untersuchungen vor. Das Ansehen, zu welchem die Royal Society alsbald gelangte, war ein ganz gewaltiges; sie brachte die Experimentalwissenschaften geradezu in Mode. Nach Macaulays¹⁾ anziehender Schilderung traten: der Kreislauf des Blutes, der Druck der Atmosphäre, das Festwerden des Quecksilbers, im Geiste des Publikums jetzt in die Stelle ein, die zuvor politische Tagesfragen eingenommen hatten. Träume von vollkommener Regierungsform machten Träumen Platz von Flügeln, mit welchen man vom Tower bis zur Westminster-Abtei würde fliegen können, und von doppelkieligen Schiffen, die auch im schrecklichsten Sturm nicht scheitern sollten. Alle Stände erglühten in diesem Eifer für die Wissenschaft. Schien es doch, als solle dieselbe alle Schranken der Erkenntniß durchbrechen. Selbst Karl II. hatte ein Laboratorium

¹⁾ *The History of England.* Tauchnitz-Edition, Leipzig 1849. Vol. I p. 400.
1*

in Whitehall und war dort, nach dem Ausspruch Macaulay's, weit thätiger und aufmerksamer als am Rathstisch. Um als Gentleman zu gelten, musste man über Luftpumpe und Teleskop sich unterhalten können, und man sah sogar vornehme Damen in Extase gerathen, wenn eine Nadel von einem Magneten angezogen wurde und eine Mücke unter dem Mikroskop so gross wie ein Sperling erschien. Freilich musste der wissenschaftliche Geist sich verflachen in dem Maasse als er Modesache wurde; doch lag in dieser zur Schau getragenen Wissenschaftlichkeit eine heilsame Reaction gegen den früheren Autoritätsglauben, und verdanken wir thatsächlich jener Zeit eine Fülle grossartiger Gedanken und Entdeckungen.

Wie die Begründung der Pflanzenanatomie von den optischen Hilfsmitteln ihrer Zeit, so zeigte sich auch in unserem Jahrhundert ein tieferes Eindringen in das Wesen des Zellinhalts von einer entsprechenden Vervollkommenung der Mikroskope abhängig. Diese Vervollkommenung haben sie vornehmlich dem begabten Optiker und Astronomen Giovanni Battista Amici aus Modena zu verdanken. Im Jahre 1827 brachte Amici nach Paris ein Mikroskop mit farbenfreien (achromatischen) Doppellinsen und Ocularen, welche auch die Wölbung des Bildes (sphärische Aberration) schon grösstentheils beseitigten. Ein Mikroskop von Amici aus dem Jahre 1835 konnte P. Harting in Utrecht, der beste Kenner solcher Instrumente zu Mitte dieses Jahrhunderts, bereits als ein ganz vortreffliches bezeichnen.¹⁾ Das Instrument hatte zehn achromatische Doppellinsen und fünf Oculare, erreichte bei 374 facher Vergrösserung den Höhepunkt seiner Leistung, konnte aber selbst noch bei 1120 facher Vergrösserung Verwendung finden. Die Zahl der auch von andern optischen Anstalten gelieferten brauchbaren Instrumente nahm in den dreissiger Jahren rasch zu und in demselben Maasse wurde auch ihr Preis erschwinglicher. — In Meyen's Phytotomie vom Jahre 1830 handelte bereits ein besonderer Abschnitt über den Inhalt der Zellen; doch ist eine Angabe, die auf den lebendigen Zellinhalt sich beziehen liesse, noch nicht in demselben zu finden. Vielmehr heisst es dort ²⁾ von den Zellen nur, dass sie in der Jugend der Pflanze mit einer wasserhellen, durchsichtigen, farblosen oder gefärbten Flüssigkeit erfüllt seien. In den Zellen einer fadenförmigen Pflanze, die man häufig in süssem Wasser findet und die an den grünen Bändern in ihrem Inhalt kenntlich ist, der Alge *Spirogyra*,

¹⁾ Das Mikroskop: Theorie, Gebrauch, Geschichte und gegenwärtiger Zustand desselben. Deutsche Originalausgabe 1859 p. 297.

²⁾ l. c. p. 139.

wird der Zellkern bereits beschrieben, doch als Thierbildung im Zellsafte gedeutet. „Man beobachtet zuweilen an der *Spirogyra princeps*,“ heisst es dort,¹⁾ „zur Zeit des Herbstes, dass mitten in der Zelle ein plattgedrücktes, rundes Zellchen, durch äusserst feine, verästelte Fäden an der inneren Fläche der Zellmembran befestigt, aufgehängt ist. Es zeigt dieses Organ eine länglich schmale Figur, ist fast durchsichtig und ungefärbt und wird durch eine grosse Menge von äusserst feinen und sich verästelnden Fasern, welche an der inneren Fläche des Utriculus ansetzen, wie eine Spinne in ihrem Gewebe, in der Mitte des Utriculus festgehalten.“ Das, was Meyen verführen konnte, dieses Gebilde für ein besonderes, die Zelle bewohnendes Thier zu halten, war der Umstand, dass auch thierische Parasiten in *Spirogyra*-Zellen wirklich vorkommen. Solche Parasiten hatte Meyen thatsächlich in anderen Fällen gesehen, und ein Fehler war es nur, dass er sie mit den normalen, im Innern der Zellen suspendirten Gebilden in Verbindung brachte.

Was übrigens die Forscher auf diesem Gebiete, jetzt und früher schon, auf den Gedanken hätte bringen können, im Inhalte der Zellen nach dem Sitz besonderer Lebensvorgänge zu suchen, das war die von Bonaventura Corti ²⁾ bereits im Jahre 1772 entdeckte Circulation des „Saftes“ in den Zellen der Armleuchter-Gewächse (*Characeen*). Corti sah den Inhalt der Zellen bei diesen Wassergewächsen, sowie auch bei einer Anzahl von Landpflanzen, in dauernder Bewegung begriffen, und da seine Beobachtungen sich über sehr verschiedene Abtheilungen des Pflanzenreichs erstreckten, so lag die Frage nahe, ob es sich nicht um einen Vorgang von allgemeiner Verbreitung handle. Zunächst hingen diese Beobachtungen aber zu wenig mit dem sonstigen Wissen der Zeit auf biologischem Gebiete zusammen, um die gebührende Würdigung finden zu können. Corti's sehr genaue Angaben blieben unbeachtet und wurden bald so vollständig vergessen, dass Ludolph Christian Treviranus, einer meiner Vorgänger hier in Bonn (der hier auch 1864, 85 Jahre alt, verstarb), im Jahre 1807 die Saftströmung bei den Armleuchter-Gewächsen zum zweiten Mal entdecken musste.³⁾ Dieselbe Saftströmung wurde weiterhin bei zahl-

¹⁾ l. c. p. 165.

²⁾ Osservazione sulla Tremella e sulla circolazione del fluido in una pianta acquaajuola, Lucca 1774 und Lettera sulla circolazione del fluido scoperta in varie piante, Modena 1775. Uebersetzt zu finden in Rozier's, Journ. de phys. Tom. VIII. 1776, p. 232.

³⁾ Beiträge zur Pflanzenphysiologie 1811, p. 91.

reichen anderen Pflanzen gesehen, Meyen selbst beobachtete sie bei vielen Wasserpflanzen; dass es sich um einen Vorgang von allgemeiner Bedeutung handle, wurde trotzdem noch immer nicht erkannt. Und doch schliesst Meyen bereits richtig, dass diese Saftströmung durch eine dem „Zellsaft“ selbst innewohnende Kraft hervorgerufen werde. Denn, meint er, wir sehen die Bewegung, können aber kein Organ auffinden, welches dieselbe bewirkt. Meyen glaubt eine Analogie zwischen dieser kreisenden Bewegung des Zellsaftes und dem Laufe der Planeten in einem Sonnensystem zu finden.¹⁾ „Hier nehmen wir,“ schreibt er, „die Schwere der Planeten als Ursache ihrer Rotation und Kreisungen. Wenden wir nun diese Hypothese auf die kreisende Bewegung des Zellsaftes an, so finden wir, dass sich darin nichts gegen diese Annahme auffinden lässt. Es erscheint also die Wirkung des Lebens in diesem Falle analog der Schwere, die man daher auch für den allgemeinen Ausdruck des Lebens unseres Sonnensystems halten kann.“ Treviranus hingegen versuchte in seiner 1835 erschienenen Physiologie der Gewächse das Phänomen auf eine durch innere Ursachen veranlasste, ungleiche Vertheilung der Wärme zurückzuführen.²⁾ — Im Jahre 1831 sah Robert Brown,³⁾ ein englischer Botaniker, bei der Untersuchung der Orchideen, fast in jeder Zelle einen kleinen rundlichen Körper, den er Zellkern nannte. Damit war die Aufmerksamkeit der Forscher dauernd auf den Zellinhalt gelenkt. Schleiden und Nägeli suchten die allgemeine Verbreitung dieses Gebildes in pflanzlichen Zellen nachzuweisen. Durch Schleiden auf pflanzlichem und Schwann auf thierischem Gebiete wurde hierauf, gegen Ende der dreissiger Jahre, der Zellkern in den Mittelpunkt der zellbildenden Thätigkeit gestellt.⁴⁾ Neue Zellkerne sollten im Zellinhalt entstehen, gewissermaassen auskrystallisiren und neuen Zellen den Ursprung geben. Diese Vorstellung war unrichtig und doch in hohem Maasse fruchtbringend, denn sie lenkte die pflanzliche Zellenlehre in neue Bahnen ein.

Während das Studium des Zellinhalts und der Zellentstehung

¹⁾ Phytotomie p. 183.

²⁾ Physiologie der Gewächse. Bonn 1835, p. 56.

³⁾ Observations on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae, London 1831. Uebersetzt von Nees von Esenbeck, Robert Brown's verm. bot. Schriften Bd. V. 1834. p. 156.

⁴⁾ M. J. Schleiden, Beiträge zur Phytogenesis. Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. von Johannes Müller. 1838. Th. Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen 1839.

solchermaassen auf neuer Grundlage in Angriff genommen wurde, blieb die Vorstellung von der Natur des Zellinhaltes noch sehr unvollkommen. Schleiden hielt ihn der Hauptmasse nach für Gummi, und erst Nägeli erkannte, dass er ein stickstoffhaltiger Körper sei.¹⁾ Nägeli bezeichnet ihn als homogenen, dicklichen farblosen Schleim, der die junge Pflanzenzelle vollständig, die ältere zum Theil erfülle. Dieser Schleim sei gewiss kein reiner Stoff, sondern wenigstens eine Mischung von ternären Verbindungen, wie Gummi und Zucker, mit quaternären Verbindungen, den Proteinstoffen.²⁾ Hugo von Mohl³⁾ und Nägeli⁴⁾ wiesen das Vorhandensein dieses Schleimes in allen lebendigen Pflanzenzellen nach, und Hugo von Mohl war es endlich, der im Jahre 1846 ihm den Namen Protoplasma gab.⁵⁾

Die von Schleiden und Schwann angebahnte Richtung musste die pflanzliche und die thierische Zellenlehre zusammenführen. In einem Aufsatz, der 1846 in der von Schleiden und Nägeli herausgegebenen Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik erschien, wies A. Kölliker mit Nachdruck darauf hin, dass Botanik und Zoologie nur dann sichere und rasche Fortschritte machen würden, wenn sie vereint ihrem Ziele zustrebten, hingegen bei gegenseitiger Nichtbeachtung auf ihrem Wege aufgehalten werden müssten.⁶⁾ Schwann betont ausdrücklich in der Vorrede zu seinem berühmt gewordenen Werke die Anregung, welche ihm Schleiden durch die Mittheilung seiner Untersuchungen gebracht habe.⁷⁾ Andererseits hebt Kölliker hervor, wie vor Schwann's Publikation das Verhältniss der höher organisirten Gewebe zu den einzelnen Zellen noch ganz im Dunkeln lag, und wie mit diesem Forscher das Studium der thierischen Zelle erst begonnen habe. Früher galt, dass zwischen Thieren und Pflanzen eine absolute Grenze bestehe, und nicht allein Ehrenberg,⁸⁾ sondern auch von Siebold⁹⁾

¹⁾ Zellenkern, Zellenbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen, Zeitschrift für wissenschaftliche Bot. Bd. I, Heft 1. 1844, p. 96.

²⁾ Heft 3, 1846, p. 52.

³⁾ Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle, Bot. Zeitung 1844, Spalte 275.

⁴⁾ I. c. Heft 3, 1846, p. 52.

⁵⁾ Ueber die Saftbewegung im Innern der Zellen, Bot. Zeitung, 1846, Spalte 75.

⁶⁾ Die Lehre von der thierischen Zelle u. s. w., I. c. p. 46.

⁷⁾ I. c. S. X.

⁸⁾ Die Infusionsthierehen. Berlin 1838, p. 4.

⁹⁾ De finibus inter regnum animale et vegetabile constituendis, Erlangen 1844.

vertraten die Ansicht, dass Pflanzen und Thiere wesentlich und ohne Uebergänge aufzuweisen, von einander verschieden seien. Denn die Natur der Pflanze, meinte von Siebold, sei stets unbeweglich und starr, das Thier aber besitze die Fähigkeit, seinen Körper zusammenzuziehen und zu expandiren. — Die contractile Substanz der Thiere sollte nach der Beschreibung von Dujardin¹⁾ und nach den Angaben von Ecker²⁾ homogen oder feinkörnig, durchsichtig, eiweissartig, gallertartig und weich sein. Sie wurde als stärkerlichtbrechend denn Wasser, gerinnbar und befähigt, wässrige Höhlungen in sich zu bilden, geschildert. Diese Substanz hatte Dujardin Sarcode genannt und die wässrigen Höhlungen derselben als Vacuolen bezeichnet.

In einer Arbeit über eine interessante einzellige Alge, die den Namen *Protococcus pluvialis* führt, stellte alsdann Ferdinand Cohn³⁾ in Breslau im Jahre 1850 die Behauptung auf, dass die Eigenschaften der Sarcode auch dem Inhalt der Pflanzenzelle zukommen. „Alle die Eigenschaften der Sarcode,“ heisst es in der Abhandlung,⁴⁾ „besitzt auch jener Stoff der Pflanzenzelle, welcher als der Hauptsitz fast aller Lebensthätigkeiten, namentlich aller Bewegungerscheinungen im Innern derselben, betrachtet werden muss, das Protoplasma. Nicht nur stimmt das optische, chemische und physikalische Verhalten desselben mit dem der Sarcode oder der contractilen Substanz überein, sondern auch die Fähigkeit Vacuolen zu bilden wohnt dem pflanzlichen Protoplasma zu allen Zeiten und selbst ausserhalb der lebenden Zellen bei.“ „Daraus ergibt sich mit aller der Bestimmtheit, die einer empirischen Deduction auf diesem Gebiete beiwohnen kann, dass das Protoplasma der Botaniker und die contractile Substanz der Zoologen, wo nicht identisch, so doch im hohen Grade analoge Bildungen sein müssen“.

Genau die nämliche Auffassung wurde dreizehn Jahre später von Max Schultze in seiner berühmt gewordenen Abhandlung über das Protoplasma vertreten.⁵⁾ Was dieser letzteren Veröffentlichung, im Gegensatz zu der älteren, die wir Ferdinand Cohn verdanken, den durchschlagenden Erfolg verschaffte, war der Umstand, dass Max Schultze und einzellige Pflanzen und Thiere, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, Bd. I, 1849.

¹⁾ Histoire des Zoophytes, Paris 1841, p. 35.

²⁾ Zur Lehre vom Leben und Bau der contractilen Substanz. Basel 1848.

³⁾ Nachträge zur Geschichte des *Protococcus pluvialis* Kützing, Nova Acta, Acad. Leopold. Carol. nat. cur. T. XXII, P. II. 1850.

⁴⁾ l. c. p. 663.

⁵⁾ Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen, Leipzig 1863.

die Feststellung einer Uebereinstimmung zwischen dem lebendigen Zellinhalt der Pflanzen und Thiere zum Hauptgegenstand seiner Untersuchung machte und so diesen Nachweis, seiner hohen Bedeutung gemäss, in den Vordergrund der Behandlung stellte. Auch traf die Veröffentlichung von Max Schultze einen Zeitpunkt, in welchem die Geister durch anderweitige Arbeiten, so vornehmlich diejenige von Anton de Bary¹⁾ über die Schleimpilze (*Myxomyceten*) und von Ernst Haeckel²⁾ über Wurzelfüssler (*Rhizopoden*) auf die gegebene Lösung bereits vorbereitet waren. So kam es, dass zugleich auch die von Max Schultze vorgeschlagene Ausdehnung der Bezeichnung „Protoplasma“ auf die thierische Sarcode, fast ohne Widerspruch, angenommen wurde.

Die „Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität“, die ein Jahr später³⁾ von W. Kühne veröffentlicht wurden, behandelten bereits auf gleicher Grundlage das Muskelprotoplasma, die Substanz der Amöben, der Rhizopoden, der Schleimpilze und der pflanzlichen Zellen. — Dass alle Vorgänge des Lebens, auch in dem Körper einer Pflanze, ihren Ursprung im Protoplasma fänden, war aber durchaus noch nicht erwiesen. Besonders versuchte es Hofmeister,⁴⁾ verschiedene Lebensäusserungen der Pflanze noch auf directe Beeinflussung der Zellwände durch äussere Agentien zurückzuführen, und erst den erfolgreichen Arbeiten von Julius Sachs war es vorbehalten, die Anschauung über die wahre Bedeutung des Protoplasma zu festigen und zu klären.

Die Grundlage für das Studium der Structurverhältnisse des Protoplasma selbst, haben die Pringsheim'schen⁵⁾ Untersuchungen an Pflanzenzellen im Jahre 1854 gelegt. An der Unterscheidung von Hautplasma und Körnerplasma, die damals vorgeschlagen wurde, halten wir noch heute fest. Die Hautschicht grenzt das Zellplasma gegen die Zellwandung wie gegen Vacuolen ab, sie ist, der jetzt vorherrschenden Ansicht nach, nur die verdichtete Grundsubstanz des Zellplasma. Allen sonstigen Structuren, welche am Zellplasma beschrieben werden, kommt eine allgemeine Bedeutung nicht zu. Vielfach, so namentlich in den Geweben der Thiere, handelt es sich um eine besondere Organisation des Zellplasma,

¹⁾ Ueber die *Myxomyceten*, Bot. Zeitung 1858, S. 357 und die *Mycetozoen*, Leipzig 1859.

²⁾ Die Radiolarien, Berlin 1862.

³⁾ Leipzig 1864.

⁴⁾ Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867.

⁵⁾ Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

einen Bau, der bestimmten Leistungen gilt. In den schaumartigen und fadenförmigen Structuren, wie sie so allgemein für das Zellplasma beansprucht worden sind, erblicke ich andererseits nicht den Ausdruck eines bestimmten festen Baues, vielmehr nur eines dem Wechsel unterworfenen Verhältnisses in der Vertheilung festerer und flüssigerer Massen. Ein so mächtiges Strömen des Zellplasma, wie es in den Plasmodien der Schleimpilze, den Zellen der Armleuchter-Gewächse und den Zellen vieler Wasserpflanzen zu beobachten ist, lässt sich, meiner Ansicht nach, mit der Vorstellung eines festen Gefüges nicht vereinigen. Denn nicht nur werden grosse Plasmamassen dabei in Bewegung gesetzt, es verschieben sich auch deutlich die in diesen Plasmamassen eingeschlossenen Körnchen dauernd gegen einander. Es verhält sich thatsächlich das strömende Protoplasma in solchen Fällen nicht anders als eine zähe Flüssigkeit und schliesst durch dies Verhalten die Vorstellung eines Baues aus, der demjenigen fester Körper entsprechen sollte. Wo feste Structuren vorliegen, kann es sich somit nur um besondere Fälle handeln, von diesen Structuren aber nicht die allgemeinen Lebensfunction des Zellplasma abhängen.

Im Gegensatz zum Zellplasma hat dem Zellkern die neuere Forschung ein festeres Gefüge zuerkannt. Derselbe besteht aus zarten Fäden, die zu einem Netzwerk verbunden sind. Dieser feste Bau stimmt gut zu den Vorstellungen, welche wir uns über die Rolle der Zellkerne im Organismus gebildet haben. Nicht minder lässt sich eine zähflüssige Beschaffenheit des Zellplasma mit unserer Auffassung von dessen Aufgabe vereinigen. Der Zellkern gilt jetzt, auf Grund seines Verhaltens bei der Zeugung, als Träger der erblichen Eigenschaften, und wir nehmen an, dass von ihm die Impulse ausgehen, welche die Entwicklung eines jeden Organismus in bestimmte Bahnen lenken. Die Zellkerne würden es somit bestimmen, dass aus dem einen Ei das eine, aus dem anderen das andere Geschöpf entsteht, und zugleich bedingen, dass während der Entwicklung, die einzelnen Theile des Organismus in bestimmter Aufeinanderfolge zur Ausbildung gelangen. Mit einem festen Gefüge sind solche Eigenschaften leichter zu vereinigen; während dem zähflüssigen Plasma eine mehr passive Rolle im Organismus zufällt, vor Allem die Bestimmung, die von dem Zellkern angeregte Arbeit auszuführen und für die Ernährung des Körpers zu sorgen. Wo das Zellplasma einen unveränderlichen Bau aufweist, wie etwa in den Muskelfasern der Thiere, da hängt das mit einer bestimmten, abgeleiteten Function desselben in den betreffenden Elementen zu-

sammen. Bei der weiter fortgeschrittenen Arbeitstheilung, wie sie zwischen den einzelnen Organen des Körpers im Thierreich besteht, gehören besondere Structuren des Zellplasma zu den häufigen Erscheinungen; im Pflanzenreich sind dieselben hingegen in solcher Ausbildung nicht bekannt.

Wohl aber schliesst das Zellplasma der Pflanzenzelle besonders geformte Gebilde ein, die als lebendige Bestandtheile des Zelleibes dem Protoplasma beizuzählen sind und die als Chromatophoren bezeichnet werden. Diese Gebilde fielen den Beobachtern auf, noch bevor dieselben tiefer in das Wesen des Zellinhalts eindringen; sie mussten denselben auffallen, da zu den Chromatophoren auch die grünen Körper gehören, denen die Pflanze ihre grüne Farbe verdankt. Es finden sich dementsprechend schon Angaben über Chlorophyllkörner in den Arbeiten von Karl Sprengel¹⁾ vom Jahre 1802 und in den ältesten Veröffentlichungen von Treviranus²⁾ vom Jahre 1806, wenn auch dort die Chlorophyllkörner nur durch ihre Färbung von den Stärkekörnern unterschieden werden und wenn auch von ihnen behauptet wird, dass sie neuen Zellen den Ursprung geben. Dass die Chlorophyllkörner Eiweisskügelchen seien, welche die grüne Materie beigemischt enthalten, hatte Gottfried Reinhold Treviranus³⁾ schon 1814 richtig erkannt. Dem lebendigen Zellinhalt wurden diese Körper aber erst um 1850 von Nägeli⁴⁾ und von Hugo von Mohl⁵⁾ beigezählt. Eine eingehende Behandlung erfuhren die gesamten Chromatophoren in den letzten Zeiten durch Wilhelm Schimper,⁶⁾ der die Chlorophyllkörper, welche die Pflanzentheile grün, die Farbkörper, welche einen Theil der Blüthen und Früchte gelb oder roth färben, und gewisse farblose Körper im Innern der Pflanze, in welchen Stärkekörner entstehen, als Gebilde gleichen Ursprungs erkannte. Alle diese Gebilde gehen in der That durch Theilung aus bestimmten kleinen, farblosen Protoplasmakörpern junger Zellen hervor; sie wachsen und entwickeln sich in dieser oder jener Weise weiter, je nach der Function, die sie erfüllen sollen. In der Peripherie des Pflanzenkörpers färben sie

¹⁾ Anleitung zur Kenntniss der Gewächse, 1802, Bd. I S. 99 u. a. m.

²⁾ Vom inwendigen Bau der Gewächse, 1806, S. 6.

³⁾ Biologie. 1814. Bd. IV S. 95.

⁴⁾ Bläschenförmige Gebilde im Inhalte der Pflanzenzelle, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik von Schleiden u. Nägeli, Heft 3, 1846 p. 110.

⁵⁾ Ueber den Bau des Chlorophylls. Bot. Zeit. 1855 Spalte 89.

⁶⁾ Ueber die Entwicklung der Chlorophyllkörner und Farbkörper. Bot. Zeit. 1883 Sp. 105 und Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde, Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVI, 1885, S. 1.

sich grün und gewinnen damit zugleich die Fähigkeit, im Tageslichte die Kohlensäure der Luft, das Wasser, so wie manche Salze, welche die Pflanze aus dem Boden aufnimmt, zu zersetzen und organische Nahrungsstoffe aus denselben zu erzeugen. Von diesen Nahrungsstoffen lebt die Pflanze selbst, und auch das ganze Thierreich, denn dieses ist zu solcher Thätigkeit nicht befähigt. Es schien bis jetzt, dass überhaupt die Fähigkeit, die Kohlensäure das Wasser und die anorganischen Salze assimiliren zu können, nur den grüngefärbten, individualisirten Plasmatheilen der Pflanzenzelle zukomme, bis dass sich neuerdings zeigte, dass auch gewisse farblose Bacterienarten des Bodens, eine bis zu einem gewissen Maasse entsprechende Arbeit zu verrichten vermögen. Diejenigen Chromatophoren, welche sich färben, um Blüten und Früchte zu schmücken, dienen zur Anlockung der Thiere, ob nun letztere die Bestäubung verrichten oder bei der Verbreitung der Samen behilflich sind. Die farblosen Chromatophoren im Innern der Pflanze bilden aus einem bereits assimilirten Stoffe, dem Zucker, wieder Stärke, die zu späterem Gebrauch in den Geweben aufgespeichert wird.

In ähnlicher Weise wie die Verbesserung der optischen Hilfsmittel das Studium des Zellinhalts in neue Bahnen gelenkt hatte, wurde eine entsprechende Vervollkommenung der Untersuchungsmethoden auch maassgebend für die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Zellenlehre. Bis zu Beginn der siebziger Jahre haben die Beobachter auf pflanzlichem und der Hauptsache nach auch auf thierischem Gebiete, nur frisches Material zur Untersuchung verwandt. Ja es war bis zu einem gewissen Grade verpönt, anders zu verfahren, da man sonst den Verdacht erweckte, Kunstprodukte studirt zu haben. Doch der Widerstand musste bald der Macht überzeugender Befunde weichen. Auf pflanzlichem Gebiete verbreitete sich rasch die Benutzung in Alcohol gehärteter Objecte, und im Anschluss hieran entwickelte sich bald eine Technik, welche heute zu einer besonderen Kunst emporgewachsen ist. Der Alcohol bringt die Eiweisskörper zum Gerinnen und es lässt sich bei raschem Zutritt desselben, der Inhalt der Zellen fast unverändert härten. Was man glaubte früher zu vermeiden, das musste bei der Benutzung frischer Objecte fast stets sich einstellen: man hatte nur Zersetzungsproducte vor Augen. Heute untersucht man gehärtete Präparate, in welchen der Inhalt der Zelle, trotz aller Eingriffe der Präparation, seinen Bau behält. Die Zahl der zum Härten benutzten Mittel ist eine sehr grosse ge-

worden; ausserdem verwerthet man die Erfahrung, dass gewisse Farbstoffe von den verschiedenen Bestandtheilen des Zellkörpers in verschiedenem Maasse aufgespeichert und verschieden stark festgehalten werden, um sie deutlicher gegen einander hervortreten zu lassen. Solche Bestandtheile des Protoplasma, die in ihrem Lichtbrechungsvermögen übereinstimmen, konnte man früher nicht unterscheiden; jetzt ist es vielfach ein Leichtes, sie in verschiedener Weise zu färben.

Auf diesem Wege ist es neuerdings gelungen, als ständigen Bestandtheil des lebendigen Protoplasma auch noch die Centrosomen nachzuweisen, äusserst kleine Gebilde, welche eine Art Kraftcentren in den Zellen darzustellen scheinen und bei der Zellvermehrung eine der wichtigsten Rollen spielen.

Somit haben wir jetzt als Bestandtheile des lebendigen Protoplasma zu unterscheiden: das Zellplasma oder Cytoplasma, welches den eigentlichen Zelleib darstellt; den Zellkern, die Chromatophoren und die Centrosomen, welche Organe dieses Zelleibes sind. Alle diese Bestandtheile müssen in dem Begriff des Protoplasma zusammengefasst werden, und das Maassgebende für diese Zusammenfassung ist, dass sie lebendige Bestandtheile des Zelleibes bilden. Wir könnten somit es auch so ausdrücken: alle lebendigen Bestandtheile des Zellkörpers gehören zum Protoplasma.

Ausserdem schliesst der pflanzliche Zelleib aber auch leblose Elemente: wie Stärkekörner, Fetttropfchen, Klebermehl, Krystalle, Zellsaft und dergleichen ein, die somit nicht zum Begriff des Protoplasma gehören.

Der Differenzirung des Protoplasma in Cytoplasma, Zellkern, Chromatophoren und Centrosomen liegt eine Arbeitstheilung zu Grunde, die sich in den Hauptzügen bereits charakterisiren lässt. Die Zellkerne beherrschen die Entwicklungsvorgänge und haben auch gewissen Processen des Stoffwechsels vorzustehen. Die Chromatophoren besorgen im Lichte die Ueberführung gewisser anorganischer Verbindungen in sogenannte organische, und zwar in solche, welche der Ernährung des Protoplasma erst dienen können. Denn nur aus diesen Verbindungen vermag das Protoplasma das Material zu schöpfen um die durch Athmung entstandenen Verluste zu decken, die Masse seines Körpers zu vermehren und den Aufbau des Pflanzenkörpers zu vollziehen. Ausserdem haben die Chromatophoren noch die Aufgabe, gelöste Kohlenhydrate wieder in geformte, so den Zucker in Stärke überzuführen. Das Cytoplasma ist vor Allem das Organ des Stoffwechsels in den pflanzlichen Zellen, ausserdem hat

es vermöge seiner physikalischen Eigenschaften den Stoffaustausch zwischen den Zellen zu reguliren. So auch beherrscht und regelt es den Druck des Zellsaftes auf die Zellwandung, denjenigen Druck, von welchem das Wachsthum bereits angelegter Theile der Pflanze vor Allem abhängig ist. Die Centrosomen endlich scheinen die Kraftcentren zu bilden, welche den Theilungsvorgang der Zellkerne und des Zellplasma beherrschen.

Ob mit diesen bis jetzt unterschiedenen Organen die ganze Arbeitstheilung innerhalb des vegetabilischen Protoplasma erschöpft ist, muss dahingestellt bleiben. Bereits sind in diesem Plasma neue kleine Gebilde aufgefunden und als Granula unterschieden worden, denen vielleicht eine besondere Function zukommt.¹⁾

Das Cytoplasma, der Zellkern und die Centrosomen sind den Zellkörpern der Pflanzen wie der Thiere eigen. Sie stellen bereits einen Zustand fortgeschrittener Differenzirung im Protoplasma vor, und auf Grund der Vorstellungen, welche wir uns heute von der Entwicklung der Organismen bilden, möchten wir annehmen, dass diesem Zustand ein einfacherer vorausgegangen sei. Eine solche Annahme wird durch das Studium der niederen Organismen gestützt. Bei den einfachsten Pflanzen, die wir kennen, hat man sowohl kernlose als auch ihrer ganzen Masse nach grün gefärbte Zellkörper beschrieben. Doch will ich diese Angaben hier nicht unbedingt betonen, weil sie von mancher Seite beanstandet worden sind. Hat man doch neuerdings Zellkerne auch für Bacterien angegeben. Doch angenommen selbst, alle die bekannten Organismen hätten einen bereits differenzirten Plasmakörper aufzuweisen, so dürfte daraus nicht folgen, dass solche Differenzirung am Anfang einer jeden Lebensäusserung gestanden habe. Denn wir können nicht annehmen, dass die kleinsten Organismen, die wir mit unseren Vergrösserungsgläsern sehen, wirklich auch die kleinsten Wesen sind, welche existiren. Das müsste doch ein merkwürdiger Zufall sein, wenn grade jetzt, bei der gegebenen Leistung unserer Instrumente, die unterste Grenze des Lebens erreicht worden wäre. Dieselbe Annahme hätten mit ganz demselben Recht auch unsere Vorfahren machen können, während doch seitdem so viele kleine Wesen, die ihren Instrumenten verborgen bleiben mussten, vor Allem die Bacterien, entdeckt worden sind. Der Umstand, dass die kleinsten Organismen, die wir kennen, bereits mit sehr complicirten morphologischen und physiologischen Eigenschaften aus-

¹⁾ A. Zimmermann, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, Heft I, 1890.

gerüstet sind, verleitet uns zu dem Schluss, dass jenseits der uns zugänglichen Gebiete wohl noch Wesen von einfacherem Bau und einfacheren Verrichtungen bestehen.

Dass eine fortschreitende Differenzirung im Protoplasma möglich war, und dass sie sich wirklich vollzog, dafür zeugt am besten das Vorhandensein eines Organs im pflanzlichen Protoplasma, welches den thierischen Zellen abgeht, nämlich der Chromatophoren. Das pflanzliche Protoplasma erlangte mit der grünen Färbung zugleich die Fähigkeit, gewisse anorganische Verbindungen in organische überzuführen. Mit fortschreitender Arbeitstheilung wurde diese Fähigkeit bestimmten Theilen des Protoplasma zugewiesen und diese Theile als selbständige Gebilde individualisirt. In den thierischen Zellen fehlte hingegen die Veranlassung zu einer solchen Functionstrennung.

Wie einerseits die mikroskopischen Untersuchungen eine fortgeschrittene Gliederung im Protoplasma der lebenden Wesen aufdeckten, so lehrten auch andererseits die chemischen Befunde, dass im Protoplasma nicht ein einziger chemischer Stoff, sondern eine Summe solcher Stoffe vorliegen müsse. In die Bildung des Protoplasma geht eine grosse Anzahl von Eiweissstoffen und eiweissähnlichen Substanzen ein, die unter der Bezeichnung Proteinstoffe zusammengefasst werden. Die chemischen Reactionen haben mit Sicherheit viele solche Stoffe im Protoplasma nachgewiesen, wenn auch die Natur dieser Stoffe noch nicht ergründet ist und nur Hypothesen über ihren chemischen Bau sich aufstellen lassen.¹⁾ Sicher geht in vielen Fällen, so in aufeinander folgenden Phasen der Kern- und Zelltheilung, aus dem Wechsel der Reactionen auch hervor, dass die Proteinstoffe im lebendigen Protoplasma leicht in einander übergehen. Da die Lebensvorgänge im Protoplasma, nach Eduard Pflüger's ²⁾ geistvoller Begründung, an eine fortwährende Zersetzung und Wiederherstellung der Eiweissmoleküle geknüpft sind, so muss das chemische Bild, welches ein lebender Protoplasmakörper bietet, auch in jedem Augenblick ein anderes sein.

Im Gegensatz zu den thierischen Zellen haben sich die pflanzlichen mit einer chemisch differenten Membran umgeben, wodurch sie gewissermaassen erst ihre specifisch-pflanzlichen

¹⁾ Vergl. vor Allem Frank Schwarz, die morpholog. und chemische Zusammensetzung des Protoplasma, im I. Hefte des II. Bandes von Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen.

²⁾ Ueber die physiol. Verbrennung in den lebendigen Organismen. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bd. X, 1875, S. 343.

Merkmale erhielten. Wie das zugegangen sein mag, können wir der Entwicklungsgeschichte jetzt noch bestehender, einfacher Pflanzen entnehmen. Die meisten der grünen Wasserfäden (Algen), die in unseren Teichen wachsen, treten in Vermehrung ein, indem sie das Protoplasma ihrer Zellen durch Theilung in mehrere Stücke zerlegen. Eine Stelle der Zellwandung wird dann aufgelöst, und durch diese Oeffnung entweichen die Theilstücke nach aussen. Sie haben meist birnförmige Gestalt und sind mit feinen Wimpern an ihrem verschmälerten, vorderen Ende versehen. Mit diesen Wimpern schlagen sie das umgebende Wasser und schwimmen davon. Sie scheinen Thiere zu sein und bewegen sich auch thatsächlich, solange sie ohne chemisch differente Zellhaut sind, wie solche.¹⁾ Die Bildung einer Zellhaut wird aber alsbald an der Oberfläche des Plasmakörpers eingeleitet; in demselben Maasse verlangsamt sich seine Bewegung; er setzt sich mit dem vorderen Ende an einem fremden Körper fest, beginnt sich zu strecken, theilt sich meist durch quere Wände und stellt bald wieder ein ebensolches Pflänzchen vor, wie es dasjenige war, das ihm den Ursprung gab.

Es ist klar, dass durch die Membranen, welche die einzelnen lebendigen Plasmakörper in der Pflanze umgeben, die Gesamtleistung des ganzen Organismus herabgesetzt werden muss.

Bis vor Kurzen nahm man an, dass die Plasmakörper der Pflanzenzellen durch die Zellwände vollständig getrennt seien und in keinem Zusammenhang mit einander stehen. Man musste sich fragen, wie ein Zusammenwirken einzelner Zellen im Dienste des Gesamtorganismus unter solchen Umständen möglich sei und die Pflanze als Lebeweinheit dabei zu Stande komme. Dieses Problem fand seine Lösung in der Entdeckung, dass die einzelnen Plasmakörper der Zellen durch feine protoplasmatische Fäden verbunden sind. Diese feinen Fäden durchsetzen die Wände, reichen von Zelle zu Zelle und bedingen in solcher Weise, dass die lebendige Substanz einer Pflanze thatsächlich zusammenhängt, dass somit die Pflanze, ähnlich wie das Thier, einen einheitlichen, lebendigen Organismus bildet. Die Verbin-

¹⁾ Für Thiere, sind solche Schwärmsporen der Algen von ihren Entdeckern zunächst auch gehalten worden. Zuerst beobachtete dieselben Trentepohl (in Roth's botanischen Bemerkungen und Berichtigungen. Leipzig 1807); dann Nees von Esenbeck (die Algen des süßen Wassers, Bamberg 1814), dann Unger (die Metamorphose der *Ectosperma clavata*. Nova acta Vol. XIII P. 2. 1830 und die Pflanze im Momente der Thierwerdung, Wien 1843).

dung der lebendigen Zellkörper im pflanzlichen Organismus ist aber nur eine beschränkte, daher auch die Gesamtleistung eine bestimmte obere Grenzen nicht zu überschreiten vermochte. Sie blieb gewissermaassen nur eine Summirung der Leistungen der einzelnen Zellen; während der thierische Körper durch weitgehende Verschmelzungen seiner Elemente höhere Einheiten schuf, denen entsprechend potenzierte Fähigkeiten zukommen.

Belehrend ist es, festzustellen, dass in gewissen Abtheilungen des Pflanzenreichs die fortschreitende Differenzirung auch Wege einzuschlagen vermochte, die von den gewohnten weit ablagen. Es wurde dort eine relativ hohe Gliederung der äusseren Gestalt und eine verhältnissmässig weitgehende Trennung der Functionen, ohne Sonderung des Körpers in einzelne Zellen erlangt. In solchen Pflanzen besitzen wir nichtzellige Organismen, die somit beweisen, dass die Sonderung in Zellen nur einen der möglichen Wege uns anzeigt, die der fortschreitenden Entwicklung offen standen, um zu höherer Leistungsfähigkeit zu gelangen. Der Weg zelliger Differenzirung ist es aber, der sich am besten bewährte, daher die nichtzelligen Organismen auf gewisse Abtheilungen der Algen und Pilze beschränkt blieben. Solche nichtzellige Pflanzen weisen einen einzigen, durch den ganzen Körper zu verfolgenden Zellraum auf und besitzen zahlreiche Zellkerne, die in dem die Wände auskleidenden Zellplasma vertheilt sind. Zu bedeutender Grösse wächst ein solcher nichtzelliger Organismus in den fusslangen Caulerpen aus, Meeresalgen, die der Fischer mit seinem Schleppnetz aus den Tiefen der südlichen Meere oft zu Tage fördert. Diese Caulerpen weisen eine Gliederung auf, welche an diejenige der höchstorganisirten Pflanzen erinnert. Sie sind im Meeresboden mit wurzelähnlichen Fortsätzen befestigt, und zeigen einen dünnen walzenförmigen Stengel, der auf dem Seegrunde hinkriecht, nach oben aber grüne, langgestreckte Blätter entsendet. Das ganze lebendige Protoplasma dieser Pflanzen bildet ein zusammenhängendes Ganze.

Dieser durch das Fehlen der Zellenwände bedingte ununterbrochene Zusammenhang im ganzen lebendigen Protoplasma, hat die nichtzelligen Meeresalgen trotzdem nicht zu wesentlich höherer Organisation als die zelligen befähigt. Denn nicht die vollkommene Continuität alles lebendigen Protoplasmas an sich, vielmehr der zellige Bau und die durch denselben ermöglichte Arbeitstheilung unter den einzelnen Zellen, waren es, welche bei möglichst vollkommener Verbindung und möglichst vollkommenem Zusammenwirken der Zellkörper die höchsten Leistungen im Organismus bedingten.

Abweichend von dem Verhalten in thierischen Geweben sind bei den Pflanzen nur die jungen Zellen der noch in unfertigem Zustand befindlichen Gewebe mit Protoplasma ganz angefüllt. In diesen Zellen ist der Zellkern im Verhältniss zum übrigen Zellkörper sehr gross und zeigt auch dadurch an, welche Bedeutung ihm bei den Gestaltungsvorgängen zukommt. Solche unfertige, noch im embryonalen Zustande befindliche Zellen haben wir aber dauernd Gelegenheit im Pflanzenkörper zu beobachten, denn im Gegensatz zum Thierreich behalten die Pflanzen embryonale Substanz an den Enden ihrer Sprosse und Wurzeln und verharren so in dauernder Entwicklung. Jahrein, jahraus, wird an diesen Vegetationspunkten die Bildung neuer Sprosse und neuer Wurzeln eingeleitet und so die Zahl der Glieder am Pflanzenkörper vermehrt. Dass aber auch an diesen Vegetationspunkten nicht die zellige Structur, vielmehr ein gegebener Zustand des Protoplasma den embryonalen Charakter bestimmt, das lehren uns wiederum die nichtzelligen Pflanzen, denn auch diese haben Vegetationspunkte aufzuweisen, die in ihrem Verhalten von demjenigen der zelligen Pflanzen nicht abweichen. Die gestaltende, dauernd die neuen Entwicklungsvorgänge einleitende Substanz ist eben hier wie dort das jugendliche, noch undifferenzierte Protoplasma, welches somit Bau und Gliederung des Pflanzenkörpers bestimmt.

Abweichend von dem gewohnten Verhalten thierischer Zellen pflegt eine ausgewachsene Pflanzenzelle hohl zu werden. Ihr Protoplasma erscheint auf einen dünnen Wandbeleg eingeschränkt, während das Innere der Zelle mit wässrigem Zellsaft angefüllt ist.

Bei der Fertigstellung des Körpers der höher organisirten Pflanze bösst, wie dies ja auch im thierischen Körper der Fall ist, ein Theil der Zellen seinen lebendigen Inhalt überhaupt ein. Solche Zellen sind bestimmt, als todte Elemente in die Oekonomie des Organismus einzugreifen. Als hohle, röhrenförmige Gefässe leiten sie in der Pflanze das Wasser in die Höhe, das von der Wurzel aufgenommen wird und zu den Blättern befördert werden soll. Als dickwandige Fasern tragen sie zur Erhöhung der Festigkeit im Pflanzenkörper bei und bilden vor Allem die Hauptmasse von dem, was wir Holz zu nennen pflegen. In solche todte Zellgerüste sind überall lebendige Zellkörper eingeschaltet, welche die Thätigkeit der todten Elemente regeln und bestimmen. Ein Pflanzentheil, der nur noch aus todten Zellen besteht, wie der Kork oder das Kernholz unserer Bäume, hat ausschliesslich passive Functionen. Als Kork schliesst er die Pflanze wirksam gegen die

Umgebung ab, als Kernholz hat er nur noch die Last der Baumkrone zu tragen. Bei denjenigen Bäumen, die kein Kernholz bilden und die wir daher als Splintbäume bezeichnen, reichen die lebendigen, im todten Gerüst vertheilten Zellen bis zur Mitte des Stammes. Zwar nicht alle, doch viele dieser Zellen bleiben dauernd lebendig, so dass ich in einer 124 jährigen, über einen Meter dicken Rothbuche in der Nähe des Markes noch Zellen beobachten konnte, welche durchaus lebenskräftig, ein Alter von 124 Jahren somit erreicht hatten. Bei den Bäumen, welche Kernholz bilden, sind hingegen nur die äusseren Holzschichten von lebendigen Zellen durchsetzt. Als Splint pflegen sich diese Holzschichten mit hellerer Farbe gegen das dunklere Kernholz zu zeichnen, eine Erscheinung, die uns von unseren Eichen, Robinien, Obstbäumen und Nadelhölzern her wohl bekannt ist. Die dunklere Färbung des Kernholzes rührt von den Kernstoffen her, welche, antiseptisch wirksam, die todten Gewebe vor Verwesung schützen. Wo die lebendigen Elemente somit fehlen, welche entstandene Defecte noch beseitigen könnten, da ist in anderer Weise dafür gesorgt, dass die Erhaltungsfähigkeit des Pflanzenkörpers erhöht wird.

Die Arbeiten von Schleiden und von Schwann hatten die pflanzliche und die thierische Zellenlehre zu gemeinsamer Aufgabe vereinigt; auf ein ähnliches Bündniss mussten beide Disciplinen durch die Entdeckung hingewiesen werden, dass pflanzliches Protoplasma und thierische Sarcodien einander entsprechende Substanzen seien. Dessen ungeachtet gingen die Forschungen auf beiden Gebieten doch wieder auseinander; namentlich waren es die Fragen der Zellentstehung, die ohne gegenseitige Verständigung weiter behandelt wurden. Auch schien es in der That, als wenn in den Vorgängen der Zellbildung im Thier- und Pflanzenreiche keine Uebereinstimmung herrsche. Ueber das Verhalten der Zellkerne wichen die Angaben besonders weit von einander ab. In den thierischen Geweben liess man die Zellkerne, welche neuen Zellkernen den Ursprung geben sollten, ganz allgemein sich durchschnüren; die Botaniker nahmen hingegen an, dass der Mutterkern aufgelöst werde und dass die Tochterkerne für die Tochterzellen neu entstehen. Erst neuere Arbeiten, die auf das Jahr 1875¹⁾ zurückreichen, änderten die Sachlage. Aus diesen Arbeiten ergab sich alsbald eine Uebereinstimmung in den wichtigsten Vorgängen der Kern- und Zellbildung auf pflanzlichem und thierischem Gebiete. Diese

¹⁾ E. Strasburger, Ueber Zellbildung und Zelltheilung, Jena 1875.

Uebereinstimmung wurde durch alle späteren Untersuchungen bestätigt und liess sich bis in's Einzelne durchführen und begründen.¹⁾ Es stellte sich heraus, dass ein Zellkern vor der Theilung in keinem Falle aufgelöst werde, in seinen Tochterkernen vielmehr fortbestehe. Diese Theilung spielt sich in scheinbar sehr complicirter Weise ab, so dass es viel Mühe und Arbeit gekostet hat, vollen Einblick in dieselbe zu gewinnen. Dank dem Zusammenwirken zahlreicher Forscher auf thierischem und pflanzlichem Gebiete sind wir jetzt über die der typischen Kerntheilung gemeinsam zukommenden Vorgänge unterrichtet, wissen bereits das Wesentliche von dem Unwesentlichen bei derselben zu scheiden und sind daher auch in der Lage, dieselbe mit wenigen Worten zu charakterisiren. — Die Fäden, aus welchen der Zellkern aufgebaut ist, werden zunächst kürzer und dicker; sie ordnen sich dann zur s. g. Kernplatte in der späteren Theilungsebene an und erfahren eine Längsspaltung. Die beiden Längshälften eines jeden Kernfadens rücken hierauf in entgegengesetzter Richtung auseinander, um sich zu den beiden neuen Tochterkernen zu vereinigen. Da jeder Kernfaden sich der Länge nach spaltete und die eine Hälfte desselben dem einen, die andere dem anderen Tochterkerne zufiel, so ist es klar, dass beide Tochterkerne völlig die gleiche Kernsubstanz in gleicher Menge zugetheilt erhalten mussten. — So complicirt auch die Kerntheilungsbilder erscheinen mögen, ein gleiches Ergebniss wäre in einfacherer Weise schwerlich zu erreichen. Angenommen wir hätten ein Band zu theilen, das aus verschiedenen Stoffabschnitten besteht, mit der Aufforderung, zwei dem Stoff und der Masse nach vollkommen gleiche Hälften zu liefern, so könnten wir es auch nicht quer durchschneiden, müssten es vielmehr der Länge nach halbiren. So verfährt auch die Natur; jedes Kernfadenstück wird der Länge nach getheilt und jeder Tochterkern erhält eine von den beiden Hälften. So bleiben den Tochterkernen alle Eigenschaften gewahrt, welche der Mutterkern besass, und die Theilung kann sich millionenfach wiederholen, ohne dass an diesem Ergebniss etwas geändert werde. Nur muss, damit die endlichen Zellkerne nicht auf eine minimale Grösse herabsinken, jedem Theilungsschritt eine entsprechende Ernährung des Zellkernes vorausgehen. Diese Ernährung führt zum Wachsthum bis auf die vorausgegangenen

¹⁾ Von den zahlreichen Forschern, die auf diesem Gebiete sich besonders verdient gemacht, seien vor Allem genannt: Auerbach, Bütschli, Flemming, Guignard, Heuser, Rabl, Ed. van Beneden und Carnoy.

Maasse, wobei jedes vorhandene Theilchen dem neugebildeten sein Gepräge aufdrückt, sich dasselbe gleich macht. Dann folgt ein neuer Theilungsschritt und zwar, wie die Untersuchungen der letzten Zeiten für das Thier- und Pflanzenreich¹⁾ übereinstimmend zu erweisen scheinen, unter dem Einfluss der Centrosomen, die wir als individualisirte Theile des Protoplasma bereits kennen gelernt haben. Die Centrosomen sind in Zweizahl zur Seite eines jeden Zellkerns vertreten, und während letzterer in die vorbereitenden Stadien der Theilung eintritt, wandern sie auseinander und stellen sich an die beiden Orte hin, an welchen die neuen Tochterkerne entstehen sollen. Die Lage der beiden Centrosomen bezeichnet somit die Pole nach welchen die getheilten Kernfäden hinwandern. Feine Stränge von Zellplasma, die von den beiden Polen ausgehen, dienen den Kernfäden zur Richtschnur. Dann, während die Ausbildung der beiden Kerne fortschreitet, verdoppeln sich die Centrosomen durch Theilung, so dass sie bereits als Paare den beiden neuen Kernen für den nächstfolgenden Theilungsschritt zur Verfügung stehen.

Weit weniger sorgfältig als bei der Kerntheilung verfährt die Natur bei der Zelltheilung. Da kommt es augenscheinlich nicht darauf an, völlig identische Hälften zu erzeugen. Complicirtere Differenzirungen im Zellplasma stellen sich nicht ein und wird dasselbe entweder einfach in der Mitte durchgeschnürt, wie meist im Thierreich, oder durch eine feste Wand in die beiden Tochterzellen zerlegt, wie allgemein im Pflanzenreich.

In ganz ähnlicher Weise wie das gesammte Zellplasma der Zellen theilen sich die einzelnen Chromatophoren; denn auch die Chromatophoren werden nicht neu angelegt, sie gehen vielmehr aus ihresgleichen hervor. Eine freie Entstehung von Zellkernen, von Centrosomen, von Chromatophoren und von ganzen Zellen kennt die Wissenschaft überhaupt nicht, und es hat die Forschung somit, merkwürdiger Weise, in letzter Instanz zu ganz entgegengesetzten Resultaten geführt, als diejenigen waren, auf welchen die bahnbrechenden Untersuchungen von Schleiden und von Schwann fussten. Denn beide Forscher liessen Zellkerne und Zellen neu entstehen; wir hingegen leiten alle Zellen im Organismus von einer Ursprungszelle, der Eizelle, ab; alle Zellkerne, Centrosomen und Chromatophoren, von dem Zellkern, den Centrosomen und den

¹⁾ L. Guignard, sur l'existence des sphères attractives dans les cellules végétales. Comptes rendus d. l'Acad. d. sc. Paris, 9 Mars 1891.

Chromatophoren dieser Eizelle. Dadurch ist eine nicht geahnte Continuität in die Entwicklungslehre der Organismen gekommen, eine materielle Fortdauer, die sich nicht allein auf die lebendige Substanz als solche, sondern auch auf geformte Bestandtheile derselben erstreckt.

Die peinliche Sorgfalt, mit der die Natur verfährt, um bei der Theilung der Zellkerne völlig gleiche Producte zu erlangen, wird uns leicht verständlich, sobald wir von dem Standpunkt ausgehen, dass der Zellkern der Träger der specifischen Eigenschaften des Organismus sei. Denn alsdann gilt es in der That den Nachkommen eines jeden Zellkerns völlig übereinstimmende Substanz zu sichern, sie mit den sämtlichen Eigenschaften ihrer Erzeuger auszustatten. Die Vorstellung aber, dass dem Zellkern eine solche specifische Rolle in den Organismen zufällt, ist auf alle unsere neuen Studien über den Zeugungsvorgang gegründet. Es stellte sich heraus, dass das Wesen der Zeugung in letzter Instanz auf der Vereinigung von zwei Zellkernen und von je zwei Centrosomen beruht.¹⁾ Dieselben verschmelzen im Innern des Eies und sichern den Nachkommen die Eigenschaften ihrer Erzeuger. Durch den Zellkern väterlichen Ursprungs, den Spermakern, werden die Eigenschaften des Vaters, durch den Zellkern mütterlichen Ursprungs, den Eikern, diejenigen der Mutter auf die Kinder übertragen; den sich vereinigenden Centrosomen fällt, wie es scheint, die Aufgabe zu, die Theilung des aus der Verschmelzung der beiden Zellkerne hervorgegangenen Keimbkerns anzuregen. Recht prägnant zeigt sich die Bedeutung der Zellkerne in der Bildung von Hybriden, wo die Vereinigung von zwei Zellkernen, die verschiedenartigen Organismen entstammen, einen völlig neuen Organismus schafft, welcher die Eigenschaften seiner beiden Erzeuger vereinigt. Damit aber ein solcher Hybride in allen seinen Theilen gemischte Eigenschaften aufweise, ist es in der That nothwendig, dass alle seine Zellkerne gleichartig zusammengesetzt seien und Theile des väterlichen und des mütterlichen Zellkernes enthalten. Da sowohl die von dem einen wie von dem andern Erzeuger stammenden Kernfäden bei jedem

¹⁾ Auf die umfangreiche Zahl von Arbeiten, welche zu diesem Resultate schliesslich führten, kann ich hier nicht eingehen und möchte nur darauf hinweisen, dass sich die Gebrüder Hertwig, Fol, M. Nussbaum, Ed. van Beneden, Weismann, Guignard, Maupas und Boveri besondere Verdienste um die Lösung dieser Probleme erwarben, und dass ich selbst ebenfalls bemüht war, zur Klärung derselben beizutragen.

Theilungsschritt eine Längsspaltung erfahren und ihre beiden Längshälften auf die beiden Tochterkerne vertheilen, so ist es klar, dass auch Zellkerne einer billionsten Generation unveränderte Zusammensetzung besitzen können. Auch die Zweigenden des ältesten Baumstammes werden somit Zellkerne führen, die in ihren Eigenschaften nicht von demjenigen Zellkern abweichen, der den Ausgangspunkt der ganzen Entwicklung im Eie bildete.

Der Bau des Protoplasma, wie ihn die neuere Forschung erschlossen hat, führt weit von der Vorstellung ab, dass der lebendige Inhalt der Zellen eine structurlose Masse sei. Unser Einblick in die Thätigkeiten des Protoplasma hat sich dabei vertieft, doch ohne die Mechanismen derselben uns wesentlich aufzuklären. Denn das, was wir als individualisirte Theile des Protoplasma erkannten, sind Maschinen, deren Räderwerk uns ebenso wie zuvor verborgen bleibt. Der Vergleich mit einer Maschine trifft zu, denn die Art, wie ein lebendiger Plasmatheil arbeitet, wird nicht minder durch dessen Structur, wie die Arbeit einer Maschine durch deren Bau bestimmt. Da uns aber der Einblick in diejenigen Constructionen der lebenden Plasmatheile, welche die Art ihrer Arbeit bedingen, fehlt, so können wir uns von dem Gang dieser Maschinen eine bestimmte Vorstellung nicht bilden. Wir kennen vielfach die Ursache, welche die Maschine in Bewegung setzt, wir stellen das Resultat ihrer Arbeit fest, allein die Zwischenglieder bleiben uns verborgen. Das veranlasste zuvor meine Behauptung, es habe die Erkenntniss, dass alle Lebensvorgänge auf das Protoplasma zurückzuführen seien, auch ihre negative Tragweite. So bedeutungsvoll diese Erkenntniss für die ganze Entwicklung der Naturwissenschaften auch wurde, sie stimmte unsere Hoffnung herab, einen Einblick in den Mechanismus der Lebensvorgänge in absehbarer Zeit zu gewinnen. Denn derselbe spielt sich, wie man jetzt wohl behaupten darf, innerhalb der Molecularsphäre ab und bleibt uns als solcher verborgen. Bevor die Erkenntniss von der Alleinherrschaft des Protoplasma im lebendigen Organismus sich Bahn gebrochen hatte, glaubte man beispielsweise solche Erscheinungen bei den Pflanzen, wie sie der Heliotropismus bietet, das heisst gewisse Krümmungen, welche die Pflanze ausführt, um in eine entsprechende Lichtlage zu gelangen, dem directen Einflusse des Lichtes auf die Zellhäute zuschreiben zu können. Man stellte sich vor, durch das Licht werde die Zellhaut unmittelbar chemisch verändert und damit auch ihre Dehnbarkeit

herabgesetzt; das veranlasse ein schwächeres Wachsthum der Pflanze an der stärker beleuchteten Seite und demgemäss auch eine entsprechende Krümmung in der Richtung zur Lichtquelle. Die für eine solche Erklärungsweise unbequeme Thatsache, dass es auch Pflanzentheile giebt, die während ihres Wachstums Krümmungen von der Lichtquelle hinweg ausführen, suchte man sich mit Hilfe complicirter Lichtbrechungsvorgänge im Innern der Gewebe zurechtzulegen. Da ein solches Verhalten vorwiegend bei nicht grüngefärbten, anscheinend durchsichtigeren Organen, vor Allem den Wurzeln, beobachtet wird, so meinte man, die Lichtstrahlen würden in den Geweben dieser Organe so gebrochen, dass gewissermaassen ein Brennstreifen an der vom Lichte abgekehrten Seite sich bilde, diese daher auch die stärker beleuchtete sei.¹⁾ Weitere Untersuchungen haben die Unhaltbarkeit dieser Vorstellung ergeben und unwiederruflich bewiesen, dass auch die heliotropischen Erscheinungen bei der Pflanze, wie andere Lebensvorgänge, unter der Herrschaft des Protoplasma stehen. Denn auch dort, wo in letzter Instanz Membranthteile oder sonstige Producte des Zellleibes die Ergebnisse eines Lebensvorgangs zur Anschauung bringen, ist dieser Vorgang im Protoplasma eingeleitet worden und hat letzteres die active Rolle bei demselben gespielt. — Somit werden wir in allen Fällen auf die Organisation des Protoplasma, als auf die letzte Ursache von Lebenserscheinungen verwiesen. — Die Art, wie das Protoplasma vermöge seiner Organisation auf bestimmte Einflüsse reagirt, nennen wir seine Reizbarkeit.²⁾ Die wirkenden Ursachen erlangen dadurch zugleich die Bedeutung von Reizen. In dem, was wir Organisation und Reizbarkeit des Protoplasma nennen, ist aber kein principieller Gegensatz zum Bau und zu der Arbeit einer Maschine gegeben. Denn auch den Bau einer Maschine könnten wir als deren Organisation bezeichnen und die Eigenschaft, dass dieselbe bei vorhandenem Kräftevorrath durch das Oeffnen eines Ventils zur Leistung einer bestimmten, durch ihren Bau bedingten Arbeit veranlasst wird, ihre Reizbarkeit. Wohl aber unterscheidet sich die lebendige Substanz von der todten Maschine durch die Fähigkeit, dass sie sich selbst die zu ihrer Arbeit nöthige Kraft zuführen kann, dass sie sich selbst in Bewegung zu setzen und zu erhalten vermag, dass sie die entstandenen Defecte innerhalb bestimmter Grenzen selbst reparirt und

¹⁾ Nach v. Wolkoff in Hofmeister's Lehre von der Pflanzenzelle, 1867, S. 293.

²⁾ So vornehmlich nach Sachs, Vorles. über Pflanzenphysiologie, 1882, Seite 717.

vor Allem, dass sie sich von selbst aufbaut. Der Organismus ist eben im Gegensatz zu der todten Maschine eine lebendige Maschine, die der äusseren Impulse zu ihrer Bewegung nicht nothwendig braucht, die selbst ihren Gang regelt und so lange in Bewegung bleibt, als es die äusseren Bedingungen gestatten. Nur durch die Ungunst dieser oder durch irreparable Schäden wird sie zum Stillstand gebracht.

Die Fähigkeit der Selbstbethätigung, in welcher der Schwerpunkt der Lebenserscheinungen liegt, muss jener Substanz, an welcher sich die Lebensvorgänge abspielen, als Grundeigenschaft zuerkannt werden. Es entspricht das der von Eduard Pflüger¹⁾ schon im Jahre 1875 begründeten Auffassung, dass mit dem Auftreten bestimmter Eiweisskörper auch die Eigenschaft da war, zu wachsen und sich zu organisiren, welche den Ausgangspunkt für alle zusammengesetzten Lebensäusserungen bildete. Mit der Fähigkeit, neue Eigenschaften zu erlangen, festzuhalten und mit der embryonalen Substanz auf die Nachkommen zu übertragen, war auch die Möglichkeit jeder weiteren Entwicklung gegeben. Erworbene Eigenschaften, die bestimmte Formgestaltungen veranlassten, erzeugten das, was wir Organisation nennen, sie ermöglichten zugleich die Trennung verschiedener Stoffe von einander und steigende Complicationen durch deren Wechselwirkung; sie machten so eine ursprünglich einfache, doch entwicklungsfähige Substanz zum Organismus. Will man ein geläufiges Bild von der Fähigkeit der organischen Substanz Eindrücke festzuhalten sich vorführen, so denke man nur an die Thatsachen des Gedächtnisses. Denn auch jeder im Gedächtniss fixirte Eindruck ist ja eine neuerworbene Eigenschaft, die mit bestimmten materiellen Veränderungen des Substrats verknüpft sein muss, man mag sich die Bedingungen ihres Zustandekommens vorstellen, wie man will. Die Kenntnisse die wir uns erwerben, werden nicht vererbt; daher auch das herangezogene Bild uns nur vergegenwärtigen sollte, dass das lebendige Substrat der Veränderung fähig ist, dass diese Veränderungen sich relativ leicht vollziehen und festgehalten werden. Entsprechend der Thatsache, dass die im Gedächtniss der einzelnen Individuen fixirten Kenntnisse nicht auf die Nachkommen übertragen werden, stellte man sich die Frage, ob überhaupt Eigenschaften auch jeder anderen Art, welche das In-

¹⁾ Ueber die physiol. Verbrennung in den lebendigen Organismen, Archiv für die ges. Physiol. Bd. X, 1875, Seite 342.

dividuum sich erst erworben hat, vererbt werden können. Man neigt jetzt viel dahin, das Gegentheil anzunehmen und die Ursachen für alle Veränderungen der lebenden Wesen nur in den Veränderungen ihrer embryonalen Substanz zu suchen.¹⁾ Das Verhalten der Pflanzen lässt sich für diese Auffassung verwerthen und ist auch dazu angethan, den in Betracht kommenden Gegensatz der Ansichten in helleres Licht zu bringen. An einem Holzgewächse bilden sich nicht selten einzelne Zweige mit abweichender Belaubung aus. Man bezeichnet das als Knospenvariation, weil diese Veränderung von einzelnen Knospen ausgeht. Die aus solchen Knospen entwickelten Zweige bilden neue Knospen, welche dieselbe Abweichung zu zeigen pflegen. Sie lässt sich durch Pfropfen der Knospen auf andere Stämme weiter vermehren und festhalten. Manche geschlitzblättrigen und abweichend gestalteten Bäume und Sträucher unserer Gärten stammen von einem einzigen Zweige ab, der irgendwo durch Knospenvariation entstand und von einem Kunstgärtner verwerthet und verbreitet wurde. Nicht selten schlagen einzelne Knospen so abgeänderter Holzgewächse in die typische Stammform wieder zurück, was als Atavismus oder Rückkehr zum früheren Zustande aufzufassen ist. Die Knospenvariation kann nur auf Veränderung der embryonalen Substanz an den Vegetationspunkten der Zweige beruhen. Denn ginge nicht die Ursache der abweichenden Bildung von dieser embryonalen Substanz aus, so könnten nicht alle nacheinander und unabhängig von einander aus derselben erzeugten Blätter ganz die nämlichen Eigenthümlichkeiten der Gestaltung zeigen. Der Umstand, dass die Veränderung hier die embryonale Substanz getroffen hat, bringt es auch mit sich, dass die aus derselben hervorgehenden Geschlechtsproducte (Pollenkörner und Eier) vielfach diese Eigenschaften auf die Nachkommen übertragen. Ich habe von einer geschlitzblättrigen Rothbuche gegen 10 Procent geschlitzblättriger Keimlinge, von einer Robinia Pseud-Acacia, welche ganze Blätter an Stelle gefiederter trägt, etwa 30 Procent entsprechender, ganzblättriger Pflanzen erzogen. Die meisten Keimlinge schlugen freilich in die Stammform zurück. Immerhin war ein erheblicher Bruchtheil im Typus der Knospenvariation verblieben, während für die Vererbung von Veränderungen, die schon ausgebildete Theile getroffen haben, im Pflanzenreich kein Beispiel sich anführen lässt. Man hat

¹⁾ So vor Allem August Weismann, der diese Auffassung in zahlreichen Schriften zu begründen suchte.

noch keine Eiche beobachtet, die Gallen ohne Zuthun von Gallwespen gebildet hätte, ungeachtet die Eingriffe dieser Gallwespen sich unzählige Male, in unendlich vielen Generationen der Eichen schon wiederholt haben; auch ist noch kein Obstbaum von selbst in Spalirform gewachsen, trotzdem der Schnitt der Bäume seit dem Alterthum geübt wird.

Zu den auffallendsten Erscheinungen des Lebens gehört wohl das, was uns als Entwicklung bei den Organismen entgegentritt. Ein Vorgang bestimmt hierbei den andern und bedingt so eine Reihe von Zuständen, deren Aufeinanderfolge in der Entwicklung eines jeden Organismus im Wesentlichen wohl derjenigen Aufeinanderfolge entsprechen dürfte, in welcher diese Zustände als neue Eigenschaften von den Vorfahren im Laufe der Zeiten erworben wurden.¹⁾ Jeder Zustand verlangt eben um aufzutreten ein bestimmtes Substrat, mit seinem Auftreten schafft er aber zugleich auch die Bedingungen für das nächstfolgende Entwicklungsstadium. Am wunderbarsten erscheint die rhythmische Bewegung, die uns in der Entwicklung aufeinander folgender Generationen entgegentritt. Vom Ei hebt die Entwicklung an, um mit dem Ei wieder abzuschliessen. Auch in dieser Erscheinung handelt es sich um einander bedingende, erblich fixirte Vorgänge. Halten wir die Grundeigenschaft der lebendigen Substanz zu wachsen und neue Eigenschaften erwerben zu können fest, so ist damit die Grundlage für das mögliche Verständniss aller Entwicklungsvorgänge gewonnen.

Wenn wir das Ventil an einer geheizten Dampfmaschine öffnen, so setzt sich diese in Bewegung und verrichtet diejenige Arbeit, die sie ihrem Bau gemäss verrichten muss. Unsere Thätigkeit beim Oeffnen des Ventils steht in keinem bestimmten Verhältniss zu der Leistung der Maschine und macht nur die Kräfte frei, die sie zum Verrichten ihrer Arbeit braucht. Beim Oeffnen des Ventils haben wir nicht eine bestimmte Kraft auf die Maschine übertragen, vielmehr nur die ihr zur Verfügung stehenden Kräfte, denen der Druck des Ventils das Gleichgewicht hielt, befreit.

Spannen wir hingegen eine Armbrust, so steht die Kraft, die wir hierbei verbrauchen, in directem Verhältniss zu der geleisteten Arbeit: da handelt es sich um eine Uebertragung von Kraft. In dem gespannten Bogen ist die beim Spannen verbrauchte Arbeit als ruhende Energie, als Spannkraft aufgespeichert. Drücken wir

¹⁾ So zuerst formulirt durch Ernst Haeckel, Generelle Morphologie, Bd. II, 1866, Seite 7.

die Armbrust ab, so machen wir die in derselben aufgespeicherte Spannkraft frei, dieselbe wird in lebendige Kraft, in thätige Energie verwandelt. Zwischen der Kraft, die wir verbrauchten, um die Armbrust abzudrücken, und der Kraft, die wir hierbei befreiten, ist gar kein bestimmtes Verhältniss. Es handelte sich nur wieder, wie beim Oeffnen des Ventils an der Dampfmaschine, um eine Auslösung von Kraft. Wohl aber entspricht, von Verlusten die durch Reibung und dergleichen entstehen, abgesehen, die beim Abdrücken der Armbrust befreite Kraftmenge derjenigen, die wir anwenden mussten, um den Bogen zu spannen. Diese Kraft übertragen wir auf einen in die Armbrust eingeführten Bolzen und verwerthen sie in solcher Weise, um denselben fortzuschleudern. Der Umstand, dass bei dem Abdrücken der Armbrust so viel Kraft frei wird, als wir verbrauchten, um dieselbe zu spannen, kann uns auch zur Beleuchtung dienen des grossen, durch alle Erfahrungen der Naturwissenschaften bestätigten Grundsatzes, den wir als das Princip von der Erhaltung der Energie bezeichnen. Alle Vorgänge in der Natur beruhen auf der Verwandlung der Energie einer Bewegungsart in die einer anderen, oder in Verwandlung von Spannkraft in lebendige Kraft, oder umgekehrt von lebendiger Kraft in Spannkraft. Vorhandene Energie kann ebenso wenig vernichtet werden, als nicht vorhandene aus nichts entstehen. Die gesammte im Weltall vorhandene Energie ist, so weit unsere Erfahrungen reichen, eine unveränderliche Grösse.

Die lebendige Substanz der Organismen stellt einen Vorrath an Spannkraft vor, der fortwährend in lebendige Kraft übergeführt wird, um die Lebensvorgänge zu unterhalten.

Dabei handelt es sich zum Theil um Kraft-Uebertragung. Ein solcher Vorgang spielt sich bei der Athmung ab, die eine langsame Verbrennung ist. Die Natur verfährt nicht anders, als wir verfahren, wenn wir Holz oder Steinkohlen anzünden, um die in denselben aufgespeicherten Kräfte als Wärme frei zu machen. Wie Holz oder Steinkohlen den Sauerstoff der Luft brauchen, um zu brennen, und wie sie innerhalb eines abgeschlossenen Raumes verlöschen, wenn aller vorhandene Sauerstoff verzehrt ist, so auch hören die Lebensfunctionen des Organismus alsbald auf in einer sauerstofffreien Umgebung.

Um eine Auslösung von Kräften handelt es sich meist bei den Reactionen der lebendigen Substanz gegen äussere Einflüsse. Bei den Thieren pflegen solche Reactionen sich sehr rasch zu vollziehen,

explosionsartig, wie das Zurückschnellen der Armbrustsehne. Bei den Pflanzen erfolgen sie meist langsamer, ohne jedoch den Charakter der Auslösung einzubüssen, der darin besteht, dass die freigemachte Kraftmenge in keinem Verhältniss zu der auslösenden Kraft steht. Explosionsartige Reactionen im Pflanzenreich kennen wir vornehmlich nur bei gewissen Gewächsen, die auf bestimmte äussere Reize und auf Aenderungen des inneren Zustandes mit plötzlichen Bewegungen antworten. Das bekannteste Beispiel dieser Art ist die Sinnpflanze oder Mimose, deren Blätter sich bei Erschütterung senken und ihre Blättchen an einander legen. Der ausgeübte Reiz steigert hier plötzlich in den Bewegungsorganen, die sich am Grunde des Blattstiels und der Blättchen befinden, die Durchlässigkeit des Protoplasma für Wasser, was einen Austritt von Wasser aus den Zellen in die Zwischenzellräume zur Folge hat. Dabei verringert sich das Volumen dieser Zellen und dadurch auch dasjenige des betreffenden Organtheils. Da die beiden entgegengesetzten Hälften der Bewegungsorgane sich im gespannten Zustande das Gleichgewicht halten, von dem Wasserverlust die eine Organhälfte aber besonders betroffen wird, so gewinnt die andere das Uebergewicht und drückt den Blattstiel nach abwärts, die Blättchen hingegen nach vorn und oben aneinander. Sind es aber auch die Bewegungsorgane als solche, welche die Bewegung ausführen, den Reiz innerhalb derselben empfängt das Protoplasma. Dieses ist es, welches den unter Druck stehenden Zellsaft in den gespannten Zellen des ruhenden Organs zurückhielt und welches in Folge der Reizung plötzlich diesen Zellsaft durchlässt. Die Folgen treten uns in der sichtbaren Bewegung des Blattes entgegen. Der Bau dieser Organe bringt es mit sich, dass jede Art der Reizung sich nur in Bewegung an ihnen äussern kann. Wir mögen das Blatt erschüttern oder verwunden, ein Blättchen versengen oder ätzen, immer antwortet es auf den Reiz in derselben Weise. Es kommt somit diesen reizbaren Organen eine specifische Art der Reaction zu, die mit den specifischen Energien zu vergleichen ist, welche Johannes Müller für die Sinnesorgane der Thiere entdeckte.

In einer gereizten Mimose kann sich der Reiz auf bedeutendere Entfernung fortpflanzen; ist ein Blatt berührt worden, so sieht man einige Secunden später ein anderes Blatt am Stamme sich senken, und dann führen die gleichen Bewegungen auch noch andere, höher oder tiefer gelegene Blätter aus. Berechnet man die Schnelligkeit, mit welcher die Reizwirkung hier fortpflanzt wird, und vergleicht sie

mit derjenigen in thierischen Nerven, so mag die Leitungsfähigkeit der Pflanze immerhin als eine recht bescheidene erscheinen. Denn während in thierischen Nerven die Leitungsgeschwindigkeit mehr als 30 Meter in der Secunde betragen kann, erreicht sie auch bei den empfindlichsten Sinnpflanzen in derselben Zeit kaum anderthalb Centimeter. Aus den Untersuchungen von Haberlandt¹⁾ geht aber auch hervor, dass es bei der Fortleitung des Reizes in der Sinnpflanze sich um ganz andere Vorgänge handelt, wie in thierischen Nerven, und dass die Endergebnisse der beiden Vorgänge somit auch nicht direct verglichen werden können. Denn bei Mimosa sind es nicht Nerven, welche in Thätigkeit versetzt werden, vielmehr lange, schlauchförmige, mit schleimigem Inhalt gefüllte Zellen, in welchen Störungen des hydrostatischen Gleichgewichts sich auf Entfernung fortpflanzen. Druckunterschiede in diesen Zellen lösen die Reize aus. Selbst die Tödtung einzelner Gewebestücke verhindert die Fortpflanzung des Reizes durch die todtten Stellen nicht, ein Beweis, dass es sich bei dieser Fortpflanzung nicht um einen Lebensvorgang handelt. In dieser Einrichtung der Sinnpflanze liegt übrigens nur ein Specialfall vor, denn die Reizfortpflanzungen bei anderen Pflanzen werden allem Anschein nach durch die feinen Protoplasmafäden vermittelt, welche die Zellkörper verbinden. Auch bei den Sinnpflanzen kommt eine Uebertragung des Reizes durch Ausgleichung hydrostatischer Druckdifferenzen nur für die Auslösung des Bewegungsmechanismus der Blätter in Betracht. Im Uebrigen sind die Zellen der Sinnpflanze auf die nämlichen Verbindungen durch Plasmafäden wie andere Pflanzen angewiesen. Sei es nun, dass die Fortpflanzung des Reizes auf dem Wege solcher Plasmaverbindungen zwischen den Zellkörpern nur langsam erfolgen kann, sei es, dass das pflanzliche Protoplasma in Folge unvollkommener Arbeitstheilung weniger gut leitet, diese Uebermittlung von Reizen von Zelle zu Zelle nimmt schon für geringe Entfernungen oft volle Stunden in Anspruch. Daher konnte die Verwendung der hydrostatischen Druckdifferenzen für schnellere Leitung bei den Sinnpflanzen Vorthail gewähren. — Schlauchförmige Zellen, ähnlich denjenigen, welche bei den Sinnpflanzen solche Aufgaben verrichten, sind auch bei andern Hülsengewächsen, so beispielsweise bei der duftenden Robinie unserer Gärten, vorhanden, doch dienen sie dort nur der Aufnahme und Beförderung bestimmter Stoffe. Bei den Sinnpflanzen erst fanden diese Schläuche zur Fortleitung

¹⁾ Das reizleitende Gewebesystem der Sinnpflanze, Leipzig 1890.

der Reize Verwendung, was als Anpassung an eine neue Function, als eine neu erworbene Eigenschaft derselben gelten kann. So war eine relativ rasche Verbreitung der Reizwirkungen über benachbarte Gebiete der Pflanze ermöglicht. Die raschen Bewegungen, welche die Blätter der Mimosen bei Berührung ausführen, erschrecken die Thiere. Bei den empfindlichen Pflanzen der Tropen reicht die Erschütterung durch ein vorüberziehendes Thier schon aus, um ein Herabsinken der Blätter zu veranlassen. Während der Blattstiel sich senkt, kommen die Dornen zum Vorschein, die sich an der Basis der Blätter befinden. Dieselben gewähren der Pflanze einen directen Schutz gegen etwaige Angriffe. So kommt es, wie Reisende berichten, dass Mimosen unverseht bleiben, auch dort, wo alle benachbarten Pflanzen durch Thiere abgeweidet worden sind.

Während eine gespannte Armbrust, die abgedrückt wurde, ihre Spannkraft eingebüsst hat, und wir dieselbe wieder spannen müssen, um sie zu neuer Arbeitsleistung zu befähigen; versetzen sich die Bewegungsorgane einer Sinnpflanze von selbst wieder in den ursprünglichen Spannungszustand, nachdem sie denselben durch erfolgte Reizung eingebüsst haben. Die Zellen der Bewegungsorgane nehmen das ausgestossene Wasser auf, werden dementsprechend ausgedehnt und das betreffende Organ grösser. Der Blattstiel hebt sich, die Blättchen breiten sich aus, und nach wenigen Minuten ist derselbe Zustand, wie er vor der Reizung gegeben war, wieder hergestellt. Die Arbeit, die hierbei geleistet wurde, ist als Spannkraft in den einzelnen Zellkörpern wieder aufgespeichert.

Damit die Bewegungsorgane der Mimosen auf Reize reagiren, müssen gewisse Bedingungen erfüllt sein.¹⁾ Diese lebende Maschine arbeitet nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen und verlangt auch einen bestimmten Feuchtigkeitszustand des Bodens und der umgebenden Atmosphäre. Unter 15° C. stellt sich bei Mimosen die Kältestarre ein, über 40° C. die Wärmestarre ein. Beide Zustände können wieder rückgängig gemacht werden, wenn man die Temperatur über 15° C. erhebt, oder sie unter 40° C. sinken lässt. Durch Temperaturen unter 0° C. und über 50° C. wird aber die Maschine verdorben und dauernd arbeitsunfähig gemacht. Grosse Trockenheit der Luft und des Bodens ruft andererseits die Trockenstarre hervor, die nach einigen Stunden beseitigt werden kann, wenn man die Pflanze begiesst.

¹⁾ Besonders durch Sachs festgestellt. Flora, 1863, p. 449.

Werden die Blätter der Sinnpflanze in rascher Aufeinanderfolge gereizt, so verlieren sie vorübergehend ihre Reizbarkeit. Im Freien wachsende Pflanzen sieht man bei beginnendem Regen rasch ihre Blätter senken und die Blättchen zusammenlegen. Der Anprall der Regentropfen ruft die Reizbewegung hervor. Nach einiger Zeit beginnen aber die Blätter sich langsam wieder zu erheben und breiten sich aus, ungeachtet der Regen fort dauert. — Werden die Pflanzen tagelang im Dunklen gehalten, so verlieren ihre Blätter ebenfalls die Fähigkeit, auf Reize zu reagiren. — Nach dem Regen erholen sich die Pflanzen bald und gewinnen ihre Reizbarkeit zurück. Auch die im Dunklen erstarrten Blätter können dem Sonnenlicht ausgesetzt, falls sie nicht zu stark gelitten haben, in wenigen Stunden ihre Reizbarkeit zurückerlangen.

Schäden, welche die Bewegungsorgane der Sinnpflanze während der Starrezustände erlitten haben, vermag die Pflanze innerhalb gewisser Grenzen noch zu repariren; tiefer reichende Defecte, die nicht mehr zu beseitigen sind, haben den dauernden Tod des Organs zu Folge.

Die im Starrezustande befindlichen Blätter der Sinnpflanze hängen nicht abwärts, sie sind vielmehr, ähnlich wie in reizbarem Zustande, ausgebreitet. Daraus geht wohl hervor, dass es an der nöthigen Spannkraft nicht fehlt, um die Bewegung auszuführen, die Maschine aber thatsächlich beschädigt ist. Die Reizung des Organs löst eben eine Bewegung nicht aus, ebenso wenig wie das Oeffnen des Ventils, eine verdorbene Maschine in Thätigkeit versetzen kann.

Thiere und Pflanzen führen so lange, als es an der nöthigen Nahrung nicht fehlt, allen lebendigen Theilen ihres Körpers die erforderlichen Spannkraft zu. Die grün gefärbten Pflanzen allein sind aber befähigt, die Wellenbewegung des Lichtes in solche Spannkraft, wie sie die Organismen zu ihrem Aufbau und für ihre Erhaltung brauchen, zu verwandeln. Aus Kohlensäure, Wasser und einigen Salzen machen sie in ihren grünen Zellen Stärke, Zucker, Eiweissstoffe und Fette; alle diese Stoffe stellen dann Kraftquellen vor, deren Spannkraft wieder frei gemacht und als lebendige Kraft verwerthet werden können. Denn mit der Bildung dieser Körper ist ein Reductionsvorgang verbunden, der sauerstoffreiche Verbindungen in sauerstoffärmere überführt. Die Kohlensäure enthält 72,7% Sauerstoff, das Wasser 88,8% Sauerstoff, die Stärke hingegen hat beispielsweise nur 49%, der Zucker 53,3% Sauerstoff aufzuweisen. Demgemäss können wir auch feststellen, dass die

Pflanzen während ihrer Reductionsarbeit entsprechende Sauerstoffmengen in die Atmosphäre aushauchen. Die von dem Organismus geleistete Reductionsarbeit ist als Spannkraft in dem Product aufgespeichert und kann aus demselben mit einem Nutzeffect befreit werden, welcher der Grösse jener Reductionsarbeit gleichkommt. Davon können wir uns leicht überzeugen, wenn wir Pflanzensubstanz, zum Beispiel Holz, verbrennen. Der von der Pflanze vollzogene Reductionsvorgang wird dann rückgängig gemacht, das heisst, die reducirte Substanz wird oxydirt und in Kohlensäure, Wasser und sonstige Mineralstoffe, aus denen sie gebildet wurde, wieder zurückgeführt. Die in dem Brennmaterial aufgespeicherten Kräfte werden dementsprechend befreit und von uns als Wärme verwerthet oder in Triebkraft von Maschinen umgesetzt. Der Reductionsvorgang in der Pflanze kann sich nur bei hinreichend intensiver Beleuchtung abspielen, da ja die Sonne die Kraft hergeben muss, welche den Reductionsvorgang vollzieht. Die grünen Körner, in welchen die Reduction stattfindet, sind kleine Maschinen, die durch Sonnenlicht getrieben werden und eine dieser Triebkraft entsprechende Arbeit leisten. Ihre Leistung steigt demgemäss mit der Intensität der Beleuchtung, doch nur so lange, als nicht eine gewisse oberste Lichtgrenze überschritten ist. Denn diese kleinen grünen Maschinen sind auf ein Licht bestimmter Intensität eingerichtet, einer Intensität, welche der mittleren Lichtstärke derjenigen Orte entsprechen dürfte, in welchen sie leben. So werden Schattenpflanzen den Höhepunkt ihrer Leistung bei der Reductionsarbeit früher erreichen als Pflanzen sonniger Standorte. Bei einer Schattenpflanze können im directen Sonnenlicht sich leicht Betriebsstörungen einstellen, ähnlich wie in einer überheizten Maschine. Wie übrigens an letzterer durch Sicherheitsventile und Regulatoren einer Störung unter solchen Umständen zunächst vorgebeugt wird, so hat auch die Pflanze die Möglichkeit, durch sich selbst auslösende Mechanismen ihre grünen Maschinen dem directen Sonnenlichte zu entziehen und von zu stark beleuchteten Stellen der Zellwandung an andre weniger stark beleuchtete zu verschieben.

In den grünen Protoplasmakörnern der Pflanze, den Chlorophyllkörnern, wird somit die lebendige Kraft des Sonnenlichtes dazu verwendet, um den Sauerstoff vom Kohlenstoff und vom Wasserstoff zu trennen. Als chemische Spannkraft ist das eingestrahelte Sonnenlicht in den reducirten Körpern vertreten. Auch wenn wir Steinkohlen, Braunkohlen oder Torf verbrennen, welche ja sämmtlich aus Pflanzensubstanz hervorgegangen sind, machen wir

somit nur Sonnenkräfte frei, Sonnenstrahlen, welche einst, vor undenklichen Zeiten, unseren Erdball beschienen haben und welche dann wie verzaubert Jahrtausende lang im Schoosse der Erde gefesselt lagen. Freilich ist in solchem Brennmaterial nicht mehr das volle Maass der Arbeit vertreten, welche die Pflanzen, von denen es stammt, einst geleistet hatten; denn die langsame Verkohlung der Pflanzensubstanz innerhalb der Erde war mit einem Oxydationsvorgang verbunden, der einen Theil der ursprünglichen Reduktionsarbeit wieder rückgängig machte. Bestandtheile des in der Pflanzensubstanz vorhandenen Kohlenstoffs bildeten, bei Abschluss der Atmosphäre, mit dem in dieser Pflanzensubstanz vertretenen Sauerstoff, Kohlensäure, andere Kohlenstofftheile verbunden sich mit Wasserstoff, um Sumpfgas oder Grubengas, zum Theil auch tropfbar flüssiges Wasser zu erzeugen. So entstehen in den Kohlenlagern die in Kohlenbergwerken so gefürchteten schlagenden Wetter (Kohlenwasserstoffe) und Schwaden (Kohlensäure). Es ist klar, dass die bei diesen Vorgängen zurückbleibende Substanz immer kohlenstoffreicher wird. Je vollständiger der Verkohlungsprozess sich vollzogen hat, um so sauerstoff- und wasserstoffärmer ist diese Substanz, desto reiner die zurückgebliebene Kohle. Dauer des Prozesses, Stärke des einwirkenden Druckes und die damit verbundene Erhöhung der Temperatur waren die für den gegebenen Zustand des Productes maassgebenden Factoren. Torf, Lignit, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit stellen eine Stufenleiter solcher Umbildung vor. Im Resultate werden von 100 Gewichtstheilen Kohle nur etwa 16 Gewichtstheile Anthracit geliefert. Ich hebe das hier besonders hervor, weil es nur zu oft heisst, dass auch die Steinkohlen bei der Verbrennung ein Maass für die ursprünglich geleistete Pflanzenarbeit abgeben; thatsächlich ist in denselben nicht einmal die Hälfte der einst aufgespeicherten Sonnenenergie noch vertreten. Denn erreicht auch der Kohlenstoffgehalt der Steinkohle durchschnittlich mehr als zwei Drittel desjenigen Werthes, der einst der Kohle zukam, so ist doch gleichzeitig die Reduction der verkohlten Substanz auf weniger als ein Viertel des ursprünglichen Gewichtes erfolgt.

Den Thieren gehen solche Organe ab, welche die lebendige Kraft der Sonne in chemische Arbeit umsetzen könnten, und welche befähigt wären, diese chemische Arbeit zu verwerthen, um aus

¹⁾ Vergl. z. B. Credner, Elemente der Geologie. IV. Aufl. 1887, Seite 283, oder Leonhard, Grundzüge der Geognosie und Geologie, bearbeitet durch Hörnes, IV. Aufl. 1889, Seite 162.

anorganischen Verbindungen Nährstoffe für ihren Körper zu bilden. Sie müssen daher solche Nährstoffe von aussen als Nahrung aufnehmen und verarbeiten dieselben dann im Stoffwechsel ihres Körpers. Kein Thier ist im Stande, aus Kohlensäure, Wasser und den in Betracht kommenden Salzen, Stärke, Zucker, Fette und Eiweissstoffe zu erzeugen; sämtliche Thiere sind daher in ihrem Bestehen an die Existenz der Pflanzen gebunden.

Denken wir uns die Pflanzenwelt von unserem Erdball verschwunden, so wäre damit auch eine weitere Neubildung organischer Substanz ausgeschlossen. Die Thiere blieben auf den gegebenen Nahrungsvorrath angewiesen und würden bis zu völliger Vernichtung alles Lebens von einander zehren müssen.

Somit begründet der Reduktionsapparat, der sich in den grünen Pflanzentheilen ausbreitet, die Möglichkeit alles Lebens auf unserer Erde.

Doch ist neuerdings nachgewiesen worden, dass auch verschiedene farblose Bakterien eine ähnliche Reduktionsarbeit wie die grünen Pflanzenzellen leisten können. Namentlich gilt dies für bestimmte Bakterien, welche das Ammoniak und seine Salze im Boden nitrificiren. Diese von Winogradsky ¹⁾ als Nitromonaden bezeichneten Organismen sind befähigt den Kohlenstoff anorganischer Kohlenstoffverbindungen zu assimiliren, das heisst in organische Verbindungen überzuführen, und zwar ohne Mitwirkung des Sonnenlichtes. Die für diese Reduktionsarbeit nöthige Kraft gewinnen sie durch Oxydation des Ammoniaks. Aehnlich verhalten sich die von Winogradsky ²⁾ untersuchten Sumpf- und Wiesenerze bildenden Eisenbakterien, welche das Eisenoxydul der Eisenquellen zu Eisenoxyd oxydiren, und die Schwefelbakterien, welche den Schwefelwasserstoff der Schwefelquellen zu Wasser und Schwefelsäure verbrennen. So wie die Nitromonas können auch die Eisen- und Schwefelbakterien in Lösungen gedeihen, die völlig frei von organischen Substanzen sind, und ihren Bedarf an Kohlenstoff aus Kohlenstoffverbindungen schöpfen, welche andere chlorophyllfreie Organismen nicht zu ernähren vermögen. Die hierzu sowie zur Unterhaltung aller Lebensthätigkeit nöthige Energie gewinnen sie aus der Verbrennung von Mineralstoffen.

¹⁾ Annales de l'Institut Pasteur 1890 Nr. IV und V, Seite 113 und 257; Chemisches Centralblatt 1890 Bd. I, Seite 1061 und Bd. II, Seite 110.

²⁾ Ueber Schwefelbakterien, Bot. Zeitung 1887, Spalte 493, Ueber Eisenbakterien ebendas. 1888 Spalte 261, Beitr. z. Morph. und Phys. der Bakterien, Leipzig 1888 und Comptes rendus 1890, T. cx. Seite 1013.

Die Feststellung dieser Thatsache ist von der allergrössten theoretischen Tragweite. Denn es war schwer, sich die ersten Lebewesen gleich mit Chlorophyll begabt vorzustellen, und doch schien das nothwendig, so lange als man glaubte annehmen zu müssen, dass an das Vorhandensein des grünen Farbstoffes die Existenzfähigkeit lebendiger Wesen überhaupt gebunden sei. Jetzt stellt sich heraus, dass die lebendige Substanz auch andere Kraftquellen ausser dem Sonnenlicht, welches nur in den grünen Zellen Arbeit zu leisten vermag, zur Erzeugung der für die Lebensvorgänge nothwendigen Spannkraft verwerthen kann. Die Verwendung des Sonnenlichtes für diese Arbeit stellte somit nur eine der gegebenen Möglichkeiten vor, die als die vortheilhafteste, mit Auftreten des grünen Farbstoffes in der lebendigen Substanz, zu fast alleiniger Herrschaft gelangte.

Denn für die jetzige Oekonomie unseres Erdballs kommt die Production organischer Substanz durch die Bacterien mit Hilfe anderer Kraftquellen als des Sonnenlichtes kaum in Betracht; das Leben der Organismen bleibt an die Arbeit der grünen Zellen gebunden.

Durch den Athmungsvorgang bei Thieren und Pflanzen, sowie durch die Verwesung thierischer und pflanzlicher Körper wird der Atmosphäre die Kohlensäure zurückgegeben, welche die Pflanze in ihrem Reductionsapparat zersetzt hat. Andererseits haucht die Pflanze den Sauerstoff aus, den sie aus der Kohlensäure befreite, und dieser kann für die Athmungsvorgänge wieder verwendet werden. So kommt es, dass trotz so zahlreicher Pflanzen und Thiere die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft sich in historischer Zeit nicht nachweisbar verändert hat.

Ein beginnendes Verständniss für die Reductionsarbeit der Pflanzen war an einen bestimmten Entwicklungszustand der Chemie gebunden. Daher konnte es erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts gelingen, tiefer in diesen Vorgang einzudringen. Bis dahin glaubte man im Wesentlichen noch mit Aristoteles, dass die Pflanze alle Nahrung aus dem Boden aufnehme und sie dort auch fertig vorfinde. Daher Aristoteles die Wurzeln der Pflanze mit dem Munde der Thiere und die ganze Pflanze mit einem auf den Kopf gestellten Thiere verglich. Erst im Jahre 1779 wurde durch Jan Ingenhouss nachgewiesen,¹⁾ dass die Pflanzen unter dem Einfluss des Sonnenlichtes die Luft verbessern, indem sie reichliche Mengen von dephlogistisirter

¹⁾ Essay upon vegetables.

Luft, wie Priestley den Sauerstoff nannte, aushauchen. Ein kleines im Jahre 1796 von Ingenhouss veröffentlichtes Buch¹⁾ über die Ernährung der Gewächse, entwickelte bereits in ganz klarer Weise die Kohlensäurezersetzung durch die Pflanze. Im Laufe des jetzigen Jahrhunderts wurden unsere Kenntnisse von den Assimilationsvorgängen in der lebenden Pflanze nach der physiologischen und chemischen Seite noch wesentlich vertieft und erweitert. Zahlreiche Räthsel bleiben trotzdem noch immer zu lösen, und zwar besonders nach der chemischen Seite des Vorgangs.

In den grüngefärbten Plasmakörnern werden bei hinreichend starker Beleuchtung alsbald winzige Stärkekörnchen sichtbar. Es sind das, wie Julius Sachs²⁾ vor 30 Jahren nachwies, die ersten geformten Producte der Kohlenstoffassimilation. Ueber die Mengen von Stärke, welche die grünen Plasmakörner unter günstigen Bedingungen zu erzeugen vermögen, hat uns Julius Sachs³⁾ in späteren Arbeiten ebenfalls Aufschluss ertheilt. Man findet die gewünschten Werthe, wenn man entsprechend grosse Stücke zu verschiedenen Tageszeiten aus den Blättern herausschneidet, rasch tödtet und trocknet, und die Trockengewichte weiterhin vergleicht. Die bei der Assimilation erzeugte Stärke wird fort und fort in Zucker verwandelt und dieser aus den Blättern in die Stengel abgeleitet. Am Tage überwiegt die Stärkebildung über den Auflösungsprozess, so dass die Blätter gegen Abend von Stärke strotzen. Des Nachts, wo die Assimilationsarbeit stille steht, pflegt sich das Blatt fast vollständig von Stärke zu entleeren. Vergleicht man nun das Trockengewicht gleicher Blattstücke am Morgen und am Abend, so giebt der Gewichtsunterschied die Menge der im Laufe des Tages hinzugekommenen und als solche in dem Blatt vorhandenen Stärke an. Zu diesem Werthe müssen wir die Menge der in der gleichen Zeit aufgelösten und abgeleiteten Stärke hinzufügen, eine Menge, die sich ja leicht aus dem Verluste der Nacht berechnen lässt. So ergeben sich unter günstigen Assimilations-Bedingungen fast 30 Gramm Stärke, die ein □ meter Blattfläche bei der Sonnenrose im Laufe eines Sommertages zu erzeugen vermag.

Die Pflanzen arbeiten so still und bescheiden, dass sich ihre

¹⁾ Ueber Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens. Das englische Original 1796, die deutsche Uebersetzung von G. Fischer 1798.

²⁾ Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern. Bot. Zeitung, 1862.

³⁾ Ein Beitrag zur Kenntniss der Ernährungsthätigkeit der Blätter. Arbeiten des bot. Instit. in Würzburg, Bd. III, 1888, p. 1.

Thätigkeit der unmittelbaren, sinnlichen Wahrnehmung entzieht. Nichtsdestoweniger leisten sie eine gewaltige Arbeit. Es ist somit nur ein Gleichniss, das sich auf das Fehlen äusserlich sichtbarer Zeichen dieser Thätigkeit bezieht, wenn es von den Lilien auf dem Felde heisst, dass sie nicht arbeiten und auch nicht spinnen.

Verlag von GUSTAV FISCHER in JENA.

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

Haeckel, Ernst, Die Naturanschauung von Darwin, Goethe und Lamarck. 1888. Preis: 1 Mark 50 Pf.

— Plankton-Studien. Vergleichende Untersuchungen über die Bedeutung der Pelagischen Fauna und Flora. 1891. Preis: 2 Mark.

Hildebrand, Dr. Friedrich, Professor der Botanik an der Universität zu Freiburg i. Br., Ueber einige Pflanzenbastardierungen. Mit 2 lithographischen Tafeln. 1889. Preis: 4 Mark.

Kölliker, A. von, Geheimrath, Professor, Der jetzige Stand der morphologischen Disciplinen mit Bezug auf allgem. Fragen. Rede, gehalten bei Eröffnung der I. Versammlung der Anatom. Gesellschaft zu Leipzig am 14. April 1887. Preis: 60 Pf.

Lang, Dr. Arnold, Professor der Zoologie an der Universität Zürich, Ueber den Einfluss der festsitzenden Lebensweise auf die Thiere und über den Ursprung der ungeschlechtlichen Fortpflanzung durch Theilung und Knospung. Preis: 3 Mark.

— Mittel und Wege phylogenetischer Erkenntniss. Erste öffentliche Rede, gehalten am 27. Mai 1887 in der Aula der Universität zu Jena, entsprechend den Bestimmungen der Paul von Ritter'schen Stiftung für phylogenetische Zoologie. Preis: 1 Mark 50 Pf.

— Zur Charakteristik der Forschungswege von Lamarck und Darwin. Gemeinverständlicher Vortrag. Preis: 80 Pf.

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

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

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

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

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