

Wenn man einer in ihrer Zusammensetzung unbekannten Materie begegnet, so ist es die Chemie, von welcher Auskunft über ihre Art verlangt wird. Das weichflüssige Protoplasma besteht nicht aus unbekannten Stoffen, sondern aus mehreren Eiweißstoffen, Kalzium, Kalium und anderen Salzen und Wasser. Doch sind die festen Stoffe nicht bloß in dem Wasser gelöst, sondern stellen eine festere molekulare Verbindung dar, die von einer Lösung verschieden ist. Das geht schon daraus hervor, daß man Protoplasma nicht mit Wasser verdünnen kann wie eine wirkliche Lösung. Es ist jedoch nicht leicht, den Aggregatzustand des Protoplasmas bestimmt zu bezeichnen. Wie die festen organischen Bestandteile des Protoplasmas, die Eiweißstoffe, Kolloide sind, so hat auch das Protoplasma selbst kolloidale Eigenschaften, ohne jedoch durch die an Kolloiden studierten Erscheinungen ausreichend erklärt zu sein. Wenn oben die Hauptbestandteile des Protoplasmas hervorgehoben wurden, so können doch unter Umständen die aller verschiedensten anderen organischen Verbindungen vorübergehend an seiner Zusammensetzung teilnehmen, Kohlehydrate, Fette und alle die Stoffe, die das Protoplasma im Stoffwechsel selbst erzeugt.

Zellen.

Bei den allermeisten Pflanzen ist, wie schon gesagt wurde, das Protoplasma eingeschlossen in voneinander abgeschlossenen Hohlräumen, die durch eine feine elastische Membran, die aus Zellulose besteht, getrennt sind. Man nennt diese Gebilde Zellen. Der Name rührt von einem vorläufigen Vergleich mit Bienenzellen her, den die Entdecker dieser mikroskopischen Räume (Hooke, Grew, Malpighi) einführten. Sie hielten die Zellen jedoch meist für leer und hatten von dem Vorhandensein des Protoplasmas noch keine Kenntnis.

In wachsenden oder ruhenden saftigen Pflanzenteilen, Stengeln, Wurzeln, Zwiebeln, Blütenblättern u. a. beobachtet

man an Präparaten unter dem Mikroskop sehr leicht solche Zellen, die miteinander verbunden sind; eine solche Verbindung nennt man ein Zellgewebe.

Jede Protoplasmaportion befindet sich als gesonderter Körper im Innern ihrer Membran und bildet hier zunächst einen an der Wand

liegenden Sack (Wandbeleg), innerhalb dessen andere

Protoplasmateile liegen, die in Form von Strängen und Bändern den Raum durchsetzen. Bei allen höheren Pflanzen liegt im Protoplasma eingebettet ein kugelförmiger Körper, ebenfalls von weicher Be-

schaffenheit, der Zellkern, in dessen Innern noch ein kleines punktförmiges Körperchen, das

Kernkörperchen (zuweilen auch zwei), sichtbar ist. Der Hohlraum innerhalb des Protoplasmasackes ist, soweit er von Strängen frei ist, mit einer wässerigen Flüssigkeit, dem Zellsaft, erfüllt. Anfangs fehlt der Saft und das Protoplasma füllt in jungen neuentstandenen Zellen den Raum völlig aus. Erst später, wenn die Zelle zu wachsen beginnt, scheidet sich der Zellsaft in Form von Tropfen aus, die dadurch die Hohlräume (Vakuolen) im Protoplasma erzeugen. Durch Wachstum der Zelle werden

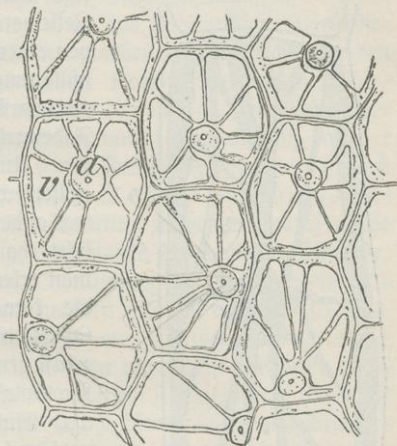


Fig. 2. Zellgewebe eines Pflanzenstengels. Die Zellen enthalten Protoplasma mit Zellkernen a und Vakuolen v.

diese Vakuolen vergrößert, indem das weiche Protoplasma auseinandergezogen wird, wobei die Vakuolen endlich in einen einzigen großen Saft Raum zusammenfließen können.

Doch bleiben häufig auch viele der feinen Protoplasmastränge erhalten, die diesen Raum dann durchziehen und ein

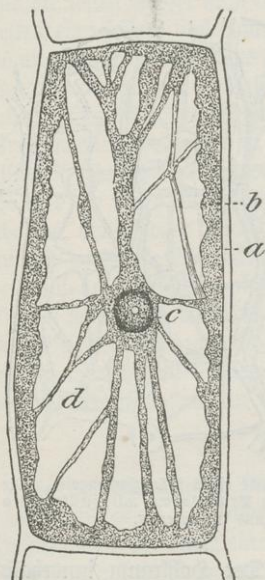


Fig. 3. Einzelne Pflanzenzelle eines Kürbishaars. a Zellwand. b protoplasmatischer Wandbeleg. c Zellkern durch Plasmastränge mit dem Wandbeleg verbunden. d Vakuolen mit Zellsaft erfüllt.

sehr charakteristisches Bild der Zelle veranlassen. Der Zellkern, von einer dünnen Protoplasmahülle umgeben, scheint an einem mit dem Wandbeleg verbundenen Fadennetz aufgehängt (Fig. 3). Im Umriss erscheint dieses Zellenprotoplasma zunächst etwas anders, als eine frei bewegliche hautlose Amöbe, allein man erkennt auch in den Zellen die körnige Struktur des Protoplasmaförpers, kurz Protoplast genannt. Daß auch dieser Protoplast, wie die Amöbe, etwas Einheitliches ist, trotz der netzförmigen Anordnung, läßt sich leicht veranschaulichen, wenn man Zellen in eine verdünnte Salzlösung von etwa dreiprozentiger Salpeterlösung bringt. Dann ballt sich der ganze Protoplast zu einem, oder indem er zerreißt, zu mehreren großen Tropfen zusammen, die

deutlich die Ähnlichkeit mit der Substanz einer Amöbe erkennen lassen. Dieser gleicht aber auch der netzförmige Protoplast einer unveränderten Zelle in

seiner
Um
ber
lan
ein
od
erf
bar
stär
sch
an
gar
fein
ha
das
z.
geg
sch
so
ach
Bl
Er
B
Er
ma
ab
fan
un
au
eig
gl
dig

seinem Verhalten. Wie die Amöbe Formänderungen ihres Umrisses und Strömungen ihrer körnigen Substanz zeigt, so bewegt sich auch der Protoplast in seiner Haut, indem er sich langsam innerhalb derselben herumschiebt und dabei vielfach eine sehr auffallende Strömung innerhalb des Wandbelegs oder der Stränge erkennen läßt. Diese Strömung läßt deutlich erkennen, daß das Protoplasma aus zwei optisch unterscheidbaren Theilen besteht, aus einer glashellen Grundmasse und den stärker lichtbrechenden Körnchen. Körnchenfrei sind die Randschichten des Protoplasmas, wo dasselbe an Zellwände oder an Vakuolen grenzt, und man muß sich vorstellen, daß der ganze Protoplast mit allen seinen Auswüchsen von einer äußerst feinen Hautschicht überzogen ist. Diese Protoplasma-haut scheint eine besondere Struktur zu besitzen, durch welche das Protoplasma sich gewissermaßen gegen äußere Einflüsse, z. B. gegen das Eindringen von Lösungen und andererseits auch gegen das Austreten von gelösten Stoffen aus der Zelle abschließt. Legt man eine Zelle in eine gefärbte Salpeterlösung, so dringt diese Lösung, wie man unter dem Mikroskop beobachten kann, mit Leichtigkeit durch die Zellmembran, allein die Plasmahaut verhindert sie in den Protoplasten einzudringen. Er bleibt ungefärbt und die eindringende Lösung schiebt den Protoplasten vor sich her, ihn von der Wand ablösend, eine Erscheinung, die man als Plasmolyse bezeichnet.

Auch in der eigentlichen Protoplasmasubstanz vermutet man das Vorhandensein feinerer Strukturen, von denen man aber selbst mit den stärksten Vergrößerungen nicht viel sehen kann. Mancherlei Hypothesen sind von Schmitz, Bütschli und anderen Forschern über eine wabige oder faserige Struktur aufgestellt worden, die man an Stelle der bloßen Flüssigkeitseigenschaften bei dem Protoplasma voraussetzen zu müssen glaubt, weil keine Flüssigkeit im gewöhnlichen Sinne die lebendigen Eigenschaften eines Protoplasten besitzt. Aber auch

wenn ein fibrillärer oder wabiger Bau des Protoplasmas besser bewiesen wäre, als es der Fall ist, würde daraus noch gar keine Erklärung der lebendigen Wirkungen des Protoplasmas hervorgehen. Deutlich sichtbare Strukturen weist dagegen der Zellkern, besonders bei seinen Teilungsvorgängen auf, wobei sich, namentlich durch mikroskopische Färbungsmethoden, ein eigentümliches Fadengerüst sichtbar machen läßt. Daß aber sichtbare Strukturen allein die lebendigen Eigenschaften nicht erklären, geht schon daraus hervor, daß man das Protoplasma töten kann, ohne seine Struktur zu zerstören. Ja gerade in durch chemische Eingriffe getötetem Protoplasma treten sichtbare Strukturen oft besonders deutlich hervor. Dem Auge erscheinen auch totes und lebendiges Protoplasma oft gar nicht verschieden und doch zeigt das eine keinerlei, das andere die merkwürdigsten Wirkungen von Entwicklung.

Die strömende Bewegung des lebenden Protoplasmas hat immer das größte Interesse erregt. Da man jedoch, um sie zu beobachten, in bestimmten Fällen genötigt ist, die Zellen für die mikroskopische Beobachtung durch Präparation frei zu legen, so ist gelegentlich behauptet worden, die Strömung sei keine normale Erscheinung, sondern werde erst durch die Präparation hervorgerufen. Dem ist aber doch zu widersprechen. Man kann die Strömung gerade am deutlichsten bei einigen Objekten beobachten, die eine Präparation gar nicht erfordern, z. B. die Stämmchenzellen von *Nitella*, die Wurzelhaare von *Trianea bogotensis* usw. Fast noch merkwürdiger erscheint die Bewegung in den Fällen, wo der Protoplasmakörper seine Zellhaut völlig verläßt, um ähnlich einem Infusorium sich ganz frei herumzubewegen. Das geschieht bei zahlreichen, der Wasservegetation angehörigen Algen, die zum Zwecke der Fortpflanzung Protoplasten ins Wasser austreten lassen, die als Schwärmsporen sich eine Zeitlang im Wasser tummeln.

Die Bildung einer Schwärmspore kann, wie bei der in

unsern Gewässern lebenden Fadenalge *Oedogonium*, einfach damit beginnen, daß der gesamte grüne Inhalt der Zellen sich zu einem ovalen Körper abrundet und dadurch von der Zellwand trennt (Fig. 4). Die Zellhaut öffnet sich darauf durch einen Riß, die Zelle bricht auf und der an dem farblosen Vorderende von einem Kranze zarter Fliumersäden umgebene grüne Körper eilt schwimmend davon. Diese Schwärmsporenbildung und ähnliche Vorgänge bei der Entstehung freier Protoplasten bei anderen niederen Pflanzen lehren aufs deutlichste, daß der Protoplast der lebendige Teil der Zelle ist, da er seine Haut zurückläßt, aber, vor der Reimung zur Bildung einer neuen Pflanze, auf seiner Oberfläche eine neue Membran selbst ausscheidet.

Wenn man nun nicht darauf eingehen will, als Ursache dieser bemerkenswerten Erscheinung eine dunkle Lebenskraft anzunehmen, so muß man, um in der Erkenntnis weiter zu kommen, und nicht im gedankenlosen Empirismus stehen zu bleiben, fragen, welche Kräftewirkungen man dann in den Zellen voraussetzen dürfe.

Nachdem man schon früher auf die Wahrscheinlichkeit diosmotischer Vorgänge in den Zellen aufmerksam geworden, hat man immer mehr eingesehen, daß die Zelle mit ihren konzentrischen Schichten von Membran und Flüssigkeiten ein osmotisches System darstelle. Nachdem bei Traubes Versuchen mit künstlichen Zellen gewisse Ähnlichkeiten von sogenannten Niederschlagsmembranen mit lebenden Zellen hervorgehoben

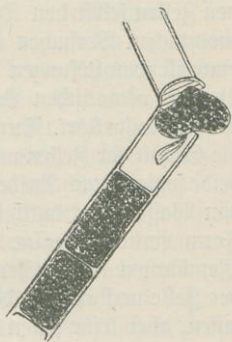


Fig. 4. Austritt einer Schwärmspore aus einem *Oedogonium*-Faden.

waren, gelang Pfeffer der Nachweis, daß osmotische Druckverhältnisse, wie sie in Zellen auftreten, nur durch Ausstülpung des Protoplasten mit einer semipermeablen Haut verständlich werden. Als wirksame semipermeable Membran ist nicht die Zellmembran, sondern die Plasmahaut allein anzusehen. Nachdem Pfeffer die Gesetze des osmotischen Druckes in künstlichen Zellen experimentell festgestellt hatte, mit einer Methode, aus der sich später van 't Hoff's Theorie der Lösungen entwickelte, gab de Vries eine Methode an, an lebenden Zellen selbst den Druckwert festzustellen, indem bei plasmolytischen Versuchen der Druck aus der Konzentration der einwirkenden Lösungen berechnet werden konnte. So sind wir über die osmotischen Verhältnisse der Zelle heute schon vortrefflich aufgeklärt. Durch den osmotischen Druck wird zunächst die Gestalt der Zellen und damit der Organe verständlich, die beide sogleich nach Aufhebung dieses Druckes mittelst Entziehung von Wasser oder durch Verhinderung von dessen Zufuhr ihre Form verlieren. Die Eigenschaften der semipermeablen Membranen machen ferner das Verbleiben von Substanzen in der Zelle verständlich, da diese Membranen nur Wasser durchlassen, aber keine festen Stoffe dagegen austauschen. Dagegen sind die osmotischen Eigenschaften der Zelle noch nicht imstande, das ganze Geschäft der Stoffbewegungen glatt zu erklären und es müssen noch mancherlei Hilfs-hypothesen über die Natur der Plasmahaut herangezogen werden, um den Eintritt der notwendigen Nährstoffe in die Zellen und die Wanderung durch die Gewebe zu erklären. Von Interesse ist es, daß die osmotischen Eigenschaften der Plasmahaut mit dem Tode der Zelle sofort andere werden. Während die lebende Plasmahaut Ein- und Austritt von gelösten Stoffen zu regulieren versteht, verliert sie diese Eigenschaft nach der Abtötung der Zellen, z. B. durch Chloroform oder durch Temperaturerhöhung auf 60 Grad, und läßt nun

bis dahin energisch zurückgehaltene Stoffe ungehindert austreten.

Damit sind nun zwar Grundlagen pflanzlicher Formverhältnisse gegeben, aber es ist trotzdem immer noch nicht möglich, nach bloßen Formverhältnissen einen einzigen Typus oder Begriff der Pflanze aufzustellen. Das ist auch gar nicht überraschend, denn die Pflanze ist historisch immer von wechselnder Gestalt gewesen, aus dem Grunde, weil sie nicht als unveränderlicher Typus geschaffen wurde, sondern sich entwickelt hat. Die Pflanze war also zu verschiedenen Zeiten von ganz verschiedener Gestalt und da von vielen dieser zeitweiligen Gestalten Nachkommen bis heute erhalten blieben, so erscheinen Pflanzen auch heute noch in den verschiedensten Formen nebeneinander. Es lassen sich aber immerhin mehrere Typen solcher Formenbildung unterscheiden, welche die Systematik als Entwicklungsreihen bezeichnet. Das Gemeinsame für alle diese äußerlich so verschiedenen Typen bleibt, daß sie sich alle in dieselben Elemente, in Zellen zerlegen lassen.

Die Zusammensetzung aus Zellen ist aber keine alleinige Eigenschaft der Pflanze, auch der Tierkörper baut sich aus Zellen auf, die wie oben hervorgehoben, aus ähnlichem Protoplasma bestehen. Immerhin erhält die Pflanzenzelle dadurch ihren besonderen Charakter, daß sie in der Regel von einer Haut, die aus Zellulose besteht, umgeben ist, eine Substanz, die im Tierreich nur sehr selten vorkommt. Die Pflanzenzelle zeichnet sich geradezu dadurch aus, daß diese Zellulosemembran eine vielfältige Aus- und Umgestaltung durch Wachstum und eigentümliche Skulpturverhältnisse erfährt¹⁾, wodurch die Pflanzengewebe etwas ganz Charakteristisches in ihrem Aussehen erhalten, so daß es im allgemeinen leicht ist, tierische und Pflanzengewebe voneinander zu unterscheiden.

¹⁾ Vergl. Sammlung Götschen 556, S. 27 ff.