

XX.

Über die Funktion der Zellstofffasern der *Caulerpa prolifera*.

Von

F. Noll.

Die feinen Zellstoffäden, welche das Innere der Caulerpen durchsetzen, sind besonders durch die Kontroversen, die sich bezüglich des Zellhautwachstums daran knüpften, allgemeiner bekannt geworden. Die genauere Kenntniß beschränkt sich aber neben einigen Angaben über ihre erste Entstehung fast ausschließlich auf ihren anatomischen Aufbau, zumal den Verlauf der sie zusammensetzenden Celluloseschichten. Über ihre physiologische Funktion sind nur vermuthungsweise Erklärungen aufgestellt worden, die sich nicht auf exakte Versuche stützend, keine Beweiskraft beanspruchen können. Sie erblicken in den Fasern mechanische Verstärkungen, gleichsam Sprießen des verhältnißmäßig geräumigen Hohlkörpers, den der Celluloseschlauch dieser Siphonee darstellt.

Auf den ersten Blick scheint dies der eigentliche Beruf des Fasergertüsts zu sein; sobald man aber die Festigkeitsverhältnisse der Pflanze einmal genauer darauf hin untersucht, stellt sich das Unbefriedigende einer solchen Interpretation sehr fühlbar heraus. So findet man die lebendige frische Pflanze im Meer keineswegs so starr und fest, wie es ein dichtes festes Netz von Cellulosebalken erwarten ließe. Die Pflanze ist äußerst geschmeidig und biegsam. Nach kurzem Verweilen in der Luft, wobei durch Verdunstung und Konzentrirung des äußerlich anhängenden Seewassers der Pflanze Wasser entzogen, ihr Turgor herabgesetzt wird, kollabirt dieselbe auch in Seewasser, obgleich ihre Organe nur wenig schwerer sind als dieses¹⁾. Erst wenn der Turgor wieder zu steigen beginnt, richten sich die Blätter wieder auf. Starke Verwundungen, die ebenfalls den Turgor herabsetzen, bewirken ein gleiches Zusammensinken der aufrechten Theile. Injizirt man dann durch die Wunde eine Flüssigkeit unter starkem Druck,

1) Wären die Zellstofffasern nur eine einigermaßen wirksame mechanische Stütze, dann müßten sie das geringe Gewicht aufrecht halten.

wie ich dies mit Farbstofflösungen ausführte, so werden alle Theile wieder momentan straff und fest. Es ist also auch hier wie bei den krautartigen cellulären Pflanzen der Turgor, in Verbindung mit der durch ihn bewirkten Membranspannung, welche den aufrechten Wuchs und die Festigkeit der Formen bestimmen, nicht aber das Cellulosesystem an sich.

Diese schon äußerlich zu machenden Wahrnehmungen führen zu dem Schluß, daß das sehr dichte Netzwerk von Zellstofffasern im Innern aus verhältnißmäßig sehr weicher Masse gebildet sein müsse, und dies bestätigt eine mikroskopische Untersuchung vollauf. Die Fasern geben sich schon beim Schneiden als weiche biegsame Gebilde zu erkennen, die dem Messer leicht ausweichen und die auf dem Objektträger von daran stoßenden Luftblasen oder kleinen Thieren, Infusorien u. s. w. jederzeit leicht gebogen werden. Zudem zeigt auch ihre ganze Anordnung in der Pflanze, daß sie zur Sprießung der äußeren Wand einen durchaus unzweckmäßigen Verlauf nehmen. Sie sind nämlich mannigfach verkrümmt und mit einander verwachsen und gar nicht so angeordnet, daß sie einen äußeren Druck auf ein festes Widerlager übertragen oder auf größere Räume vertheilen können. Besonders findet man in den Blättern die Fasern nicht geradlinig die gegenüberliegenden Wandungen verbindend, sondern fast regelmäßig (bei ausgewachsenen Blättern) in S-förmigem Verlauf.

Ein äußerer Druck würde also nach Überwindung der Turgorspannung auf keinen erheblichen Widerstand seitens des Cellulosegerüstes stoßen, sondern das ganze System einfach verbiegen. Die Pflanze kommt aber zudem wohl nur in seltenen Fällen in die Lage, durch einen äußeren lokalen Druck affizirt zu werden, da dieselbe vornehmlich den Mulm und Schlick größerer stiller Tiefen bewohnt, wo die Bewegung der Wogen für gewöhnlich sich nicht mehr fühlbar macht. Nur in ganz stillen geschützten Buechten wie in dem Hafen von Miseno fand ich die Pflanze vereinzelt nahe dem Meeresspiegel.

Aus alledem geht hervor, daß es bei der Bildung des eigenartigen Cellulosegerüstes nicht auf die mechanische Funktion der Sprießung abgesehen ist, sondern daß jenem Gerüstwerk wesentlich andere Aufgaben zufallen. Die erste Andeutung, worin diese bestehen könnten, erhielt ich bei den Färbeversuchen mit Berliner Blau ¹⁾. Es zeigte sich dabei nämlich, daß dieser Farbstoff nicht allein die äußere Wandung in ihrem vollen Umfang imprägnirt, sondern noch eine weite Streeke in den Fasern vordringt. Diese rasche Beweglichkeit von Salzlösungen, die getrennt zur Erzeugung des Berliner Blaus verwandt wurden, wird noch deutlicher, wenn man ein Hinderniß beseitigt, das der Bildung des Farbstoffes dort entgegensteht. Das Plasma der *Caulerpa* reagirt im Leben stark alkalisch; die in demselben

¹⁾ Vergleiche: Experimentelle Untersuchungen über das Wachsthum der Zellmembran. Abh. d. Senckenb. Naturf. Gesellschaft zu Frankfurt a./M. 1888. Bd. XV.

eingeschlossenen Cellulosefasern werden daher auch von alkalisch reagirender Flüssigkeit durchtränkt sein, welche bekanntlich die Bildung von Berliner Blau, so hier auf größere Strecken ins Innere verhindert. Wird das Plasma aber durch Jod getödtet, dann verschwindet allmählich die alkalische Reaktion und später angestellte Färbeversuche zeigen, wie überraschend weit die Salzlösungen in kurzer Zeit im Gerüst vordringen, und wie sie an den Verwachungsstellen sich auf andere Fäden, die nicht direkt mit der Außenwand in Verbindung stehen, übertragen.

Es war daher die Frage zu untersuchen, ob die Fasern nicht in erster Linie als Leitungsbahnen für den Stoffwechsel dienen und ob sich Stoffe in denselben wesentlich rascher bewegen als durch die Plasmamasse selbst. Nur im letzteren Falle hätte die Einrichtung überhaupt eine Bedeutung und könnte man von dieser bestimmten Funktion der Fasern reden. Eine vergleichende Untersuchung zwischen der Leitungsfähigkeit der Fasern und der des Protoplasmas für sich läßt sich nun bei *Caulerpa* leicht ausführen, indem sich das letztere in großen Quantitäten aus Blättern und Rhizomen auspressen läßt.

Der sehr massig entwickelte und hoch differenzirte Plasmakörper der Pflanze ist reich an kleinen eingeschlossenen Stärkekörnchen und fettartigen Substanzen. Das Eindringen von Jod, sowie von Überosmiumsäure in das Plasma kann also leicht Schritt für Schritt verfolgt werden, sowohl im isolirten Plasma, als wenn dasselbe in situ verbleibt.

Unverletzte Theile der *Caulerpa* (Rhizome mit Blättern) wurden einige Zeit in Seewasser eingetaucht, welches Jod aufgelöst enthielt. Nach zwei Minuten wurde dann das Rhizom der inzwischen abgestorbenen Pflanze nach sorgfältigem Abspülen in reinem Wasser mit einem sehr scharfen Rasirmesser durchschnitten und die Schnittfläche mikroskopisch untersucht. Dieselbe ist ziemlich glatt, da der plasmatische Inhalt bei der Abtödtung etwas zu gerinnen scheint. Auf der Schnittfläche zeigt sich unter der Lupe unmittelbar danach ein deutliches Netz aus dunklen Linien, das sich bis in das Innere hineinzieht. Bei stärkerer Vergrößerung geben sich die dunklen Linien als Reihen von Stärkekörnchen zu erkennen, die in unmittelbarer Nähe der Gerüstfasern sich blau gefärbt haben. Dies ist, wie gesagt, in der Nähe der Fasern bis tief in das Innerste geschehen, während alle Stärkekörnchen die etwas weiter von Fasern entfernt liegen, noch ungefärbt sind, auch wenn sie in geringer Entfernung von der peripherischen Wand liegen. Dieser Versuch lehrt, daß das Jod also außerordentlich viel rascher in dem Cellulosegerüst vorgedrungen ist, als in dem Protoplasma selbst.

Andere unverletzte *Caulerpa*-Theile wurden in Seewasser gebracht, dem einige Tropfen Überosmiumsäure zugesetzt worden waren. Nach wenigen Minuten zeigte sich hier das Protoplasma bei mikroskopischer Untersuchung dicht an den Zellstofffasern schwarzgrau gefärbt.

Auch in gasförmigem Zustande dargeboten ergaben Jod und Über-

osmiumsäure dieselben Resultate. Es war dieser Versuch mit Gasen natürlich in seinem Ergebnis so vorauszusehen, da ja beide Stoffe auch hier in wässriger Lösung auf die Pflanze einwirkten, wobei es natürlich ganz gleichgültig ist, ob die Stoffe vorher in flüssiger, fester oder gasförmiger Gestalt existierten ⁴⁾.

Um daneben einen Maßstab für das Vordringen derselben Stoffe in dem Plasma selbst zu haben, wurden kleine Klümpehen desselben auf einen Objektträger gebracht und mit einem Deckgläschen fest angepreßt, so daß ein kleiner flacher Kuchen gebildet wurde. Vom Deckglasrand her wurde dann Jod-Seewasser oder Überosmiumsäurelösung zugefügt und das Ganze in einer feuchten Kammer, die mit den entsprechenden Dämpfen gefüllt war, aufbewahrt. Von Zeit zu Zeit wurde unterm Mikroskop mittels des Okularmikrometers gemessen, wie weit die färbenden Stoffe vorgedrungen waren. Dieselben bewegten sich in dem Plasma äußerst langsam weiter, dergestalt, daß derselbe Weg, der in den Cellulosefasern in einigen Minuten zurückgelegt worden war, hier erst in 24 und mehr Stunden gemacht wurde.

Daraus geht hervor, daß die Fasern leicht passirbare Bahnen für den Stoffaustausch bilden, während derselbe durch das Plasma hindurch viel schwieriger sich vollzieht.

Es muß allerdings betont werden, daß dieses Ergebnis mit totem Plasma gewonnen worden ist, dem vielleicht eine andere Durchlässigkeit zukommt, als dem lebendigen, welches letztere zudem noch bei *Caulerpa* in steter Bewegung begriffen ist. Diesem Einwand durch andere Versuchsanstellung zu begegnen ist mir nicht gelungen, da sich kein brauchbares, und unzweideutige Resultate lieferndes Verfahren finden ließ, das diese Fragen an der lebendigen Pflanze entscheiden konnte. Es ist aber wahrscheinlich, daß die an dem toten Plasma gewonnenen Ergebnisse nicht sehr weit abweichen von den Verhältnissen, wie sie sich im Leben darbieten. Daß eine kolloidale Emulsion, als welche sich das Protoplasma physikalisch darbietet, osmotisch nicht sehr durchgängig ist, das deutet das Protoplasma lebender Zellen in vielen Fällen selbst an. Dann lehrt aber auch die Beobachtung, daß im Innern des Rhizoms Protoplasmaströme weite Strecken durchwandern, ohne mit der Außenwand in Berührung zu kommen. Die Geschwindigkeit, mit der diese centralen Ströme forteilten, ist oft größer, als die der peripherischen Ströme, und deutet auf

4) Da alle submersen Gewächse bei ihrer Ernährung (Assimilation, Athmung) auf die Diffusionsfähigkeit von Lösungen in Flüssigkeit angewiesen sind, die bekanntlich viel geringer als die der Gase ist, so muß bei ihnen die Oberfläche im Verhältnis zur Körpermasse eine größere sein, als bei den Landpflanzen, die mit den Gesetzen der Gasdifffusion zu rechnen haben. Bei letzteren kann das Verhältnis nicht nur ein ganz anderes zu Gunsten der Körpermasse sein, sondern muß es auch schon wegen der Verdunstung sein.

eine lebhafte Sauerstoffzufuhr in das Innere hin. Da die Protoplasmaströme im Innern längs der Fasern hinfließen, sie als Stütze benutzend, so kann der Stoffaustausch bei der großen Kontaktfläche recht ergiebig sein. — Bei der nachgewiesenen leichten Beweglichkeit durch die Cellulosefasern wird ein Überschuß an Kohlensäure und ein Mangel an freiem Sauerstoff (und bei der Assimilation umgekehrt) durch die Fasern mit der Umgebung leicht ausgeglichen werden können; denn die Fasern stehen direkt oder indirekt mit der Außenwand in fester Verbindung. Die Lebhaftigkeit, mit welcher sich alle Vorgänge im Innern des dicken Rhizoms abspielen, drängt dem Beobachter die Überzeugung auf, daß die im Innern fließenden Plasmatheile mit Sauerstoff und allen von außen gebotenen Lebensbedingungen gerade so gut versorgt werden, wie die der Außenwand anliegenden: Die Fasern stellen sozusagen eine Fortsetzung der Außenwand in das Innere dar. Das Fasergerüst ermöglicht also erst die hohe innere Differenzierung des Protoplasmakörpers einer *Caulerpa*¹⁾ auf doppelte Weise, einmal als Stütze, als Klettergerüst für die Plasmaströme, und weiterhin als Zu- und Abfuhrstraße für die Stoffe, die das Leben braucht und ausscheidet.

Es ist von Interesse zu sehen, daß von allen Siphoncen nur die *Caulerpen* mit ihrem Fadengerüst eine so hohe innere Differenzierung erreichen; alle anderen sind in Gestalt dünner cylindrischer Fäden mit wandständigem Protoplasma abgelagert entwickelt. Selbst die umfangreichen Körper der *Codium* (*Codium bursa*, *Codium tomentosum*) wie *Dasycladus*, *Udotea*, sind alle aus dünnen Fäden gebildet, die filzartig verwoben nur scheinbar einen kompakten Vegetationskörper bilden. *Valonia macrocarpa*, eine Siphoncee, die ovale bis nußgroße Körper bildet, besitzt eine zu ihrer Größe minimale Quantität wandständigen Protoplasmas; das geräumige Innere ist von Zellsaft erfüllt, der in einer oder mehreren Vakuolen vorhanden ist.

Diese durchgängig hervortretende Thatsache ist keine zufällige; sie muß ihren tieferen Sinn haben. Aus derselben scheint mir aber hervorzugehen, daß für das pflanzliche Plasma von Vegetationsorganen die Nothwendigkeit vorliegt, in dünner Schicht mit der Außenwelt möglichst in direkte Verbindung zu treten. Mittels der Zertheilung in einzelne dünne

1) Eine richtige Vorstellung davon bekommt man nicht durch Verarbeitung von Alkoholmaterial, da dasselbe gänzlich verändert wird. Überraschende mikroskopische Bilder liefert jedoch Celluloidmaterial, das in geeigneter, allerdings sehr zeitraubender Weise verarbeitet werden muß. Die frischen *Caulerpen* müssen nach Tödtung mit Überosmiumsäure oder Jod in einer Mischung von verdünntem Alkohol und Glycerin zuerst einen Tag bewahrt werden und dann durch 10 Tage hindurch in immer stärkeren, zuletzt in absoluten Alkohol eingelegt werden, um dann langsam in immer konzentriertere Celluloidlösungen übergeführt zu werden. Die Prozedur nimmt 14 Tage in Anspruch, liefert aber dafür auch außerordentlich naturwahre Dauerpräparate.

Fäden wird dieser Zweck gut erreicht¹⁾. Bei *Caulerpa*, wo bei stattlichen Körperdimensionen dichte Protoplasamassen ohne feinere Zergliederung eingeschlossen sind, ersetzen die in das Innere eingesenkten Cellulosefäden sozusagen die Zerlegung in dünne Fäden. Statt Celluloseausstülpungen in das Nährmedium, wie bei *Codium*, haben wir Celluloseeinstülpungen, die aber vermöge ihrer außerordentlichen Durchgängigkeit dem Stoffwechsel fast dieselben Dienste leisten, wie die häufigere Zertheilung in dünnen Fäden. Es sind meiner Auffassung nach die Fasern direkte Fortsetzungen der stoffausgleichenden Außenwand: Statt ausgestülpter Berührungsflächen sind eingestülpte gebildet, die biologisch im Prinzip dasselbe leisten.

Die *Caulerpen* repräsentiren deshalb denjenigen Typus der Cöloblasten der in seiner äußeren Erscheinung den cellulären höheren Pflanzen am nächsten kommt; bei ihnen ist die höchste innere Differenzirung erreicht, die überhaupt bei nichtcellulärem Bau möglich ist.

Die Cellulosefasern ersetzen in gewisser Beziehung also auch die Zellhautbildungen der cellulären Pflanzen. Diese letzteren, nach einem ganz anderen Grundplan, eben dem cellulären entwickelt, erreichen durch diese die höchste bekannte Differenzirung, da zugleich durch Abkammerung in einzelne, von Cellulose umhüllte Zellen eine weitgehende Arbeitstheilung erzielt wird.

Die Siphoneen zeigen aber deutlich, wie dies *Sachs* schon klar ausgesprochen, daß der Begriff »Zelle« des *Nimbus*, den er so lange genossen, entkleidet werden muß, daß die Differenzirung des Gesamtplasmas in Zellen eine physiologisch-biologische Einrichtung, nicht aber eine morphologische Grunderscheinung ist.

Es kommt, wie alle Cöloblasten, auch die Plasmodien (und viele thierische Gewebe) zeigen, gar nicht auf das Vorhandensein dieser Differenzirung in einzelne Zellen an, sondern lediglich auf eine protoplasmatische Grundsubstanz, welche von Kernen erfüllt und zu Lebensfunktionen ange-regt wird. Bei den Cöloblasten, bei welchen die Wirkungssphäre der kleinen Kerne eine sehr beschränkte zu sein scheint, ist der Plasmakörper von einer großen Anzahl derselben ganz durchsetzt.

Bei *Cladophoren* erfolgt eine Abtrennung des Plasmakörpers durch einzelne Scheidewände in größere vielkernige Kammern. Die denkbar weitest gehende innere Differenzirung ist dann die, wo der ganze Plasmakörper in Partien getheilt ist, die, nur einen Kern enthaltend, die kleinsten noch lebensfähigen Einheiten darstellen. Diese Grenze, welche nicht nur eine fast unbegrenzte Arbeitstheilung und Funktionsdifferenzirung ermöglicht, sondern zugleich eine Lebensfähigkeit außerordentlich dicker Vegetationskörper möglich macht, — diese Grenze der Differenzirung

1) Wie bei den cellulären Pflanzen durch die Zerlegung in einzelne Zellen mit Hilfe der Zellwände. Vergl. *Sachs*, Vorlesungen II. Aufl. p. 235.

treffen wir bei den Gewächsen, die sich deshalb in solcher Mannigfaltigkeit zu den »höheren« entwickeln konnten, fast durchweg an. Auf Grund der großen Häufigkeit der Erscheinung einzelner einkerniger Zellen hat sich dann der Satz fast wie ein Dogma herausgebildet, daß alle Lebewesen aus »Zellen« bestehen, und die wissenschaftliche Begriffsfassung hat sich schon viele Mühe gegeben, die einfacheren, aber später bekannt gewordenen Verhältnisse, wie sie die Cöloblasten aufweisen, mit dem überkommenen, dogmatisch angehauchten Begriff »Zelle« in Einklang zu bringen.

Die Natur selbst aber deutet darauf hin, daß in den einkernigen Zellen nichts weiter vorliegt als die abgegrenzten kleinsten noch lebensfähigen Plasmaportionen, die durch ihre Abgrenzung besondere Einzelfunktionen verrichten können, in ihrer Gesamtfunktion sich aber als untergeordnete und abhängige Glieder des Gesamtkörpers darstellen, wie die Physiologie in Hunderten von Fällen klar lehrt. —

Die Cellulosefasern der *Caulerpa* ermöglichen, wie wir gesehen, eine innerliche Differenzierung eines massig entwickelten Plasmakörpers auf eine von der Zellkammerung ganz verschiedene Weise, nämlich durch Schaffung eines Fasergerüsts im Innern. Es ist aber klar, daß durch ein solches nicht eine so ausgesprochene Arbeitsteilung je erreicht wird, wie durch Kammerung des Protoplasmakörpers. Das Gerüstsystem, das ich dem Kammerungssystem als zur Lösung ähnlicher Aufgaben dienend gegenüberstellen möchte, zeigt seine höchste Leistungsfähigkeit in den zwar reich gegliederten und oft mächtigen *Caulerpen*. Was sind aber diese höchsten Vertreter nichtcellulärer Pflanzen gegen die Formen der phanerogamischen Pflanzenwelt, in der die celluläre Struktur ihre höchsten Triumphe feiert.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg](#)

Jahr/Year: 1888

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Noll Fritz

Artikel/Article: [Über die Funktion der Zellstofffasern der Caulerpa prolifera 459-465](#)