er etc.

kann, erlurch einen
r eben bemmer über
shäuser zupen aufgetet werden
ie Pflanzen
es Sommers
völlig weiß
raren diese
ngung noch
üne Blätter
tstandenen

hlorose ge-

e, Exemplare,

emplar;

nzenzüehhlorotische t zu heilen hier verung werth Nährstoffe Bewegung , daß man önnen.

## XX.

## Über die Funktion der Zellstofffasern der Caulerpa prolifera.

Von

## F. Noll.

Die feinen Zellstofffäden, welche das Innere der Caulerpen durchsetzen, sind besonders durch die Kontroversen, die sich bezüglich des Zellhautwachsthums daran knüpften, allgemeiner bekannt geworden. Die genauere Kenntniß besehränkt sich aber neben einigen Angaben über ihre erste Entstehung fast ausschließlich auf ihren anatomischen Aufbau, zumal den Verlauf der sie zusammensetzenden Gelluloseschichten. 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 Gelluloseschlaueh dieser Siphonee darstellt.

Auf den ersten Blick seheint dies der eigentliche Beruf des Fasergerüstes zu sein; sobald man aber die Festigkeitsverhältnisse der Pflanze einmal genauer darauf hin untersueht, stellt sich das Unbefriedigende einer solehen 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 Gellulosebalken erwarten ließe. Die Pflanze ist äußerst geschmeidig und biegsam. Nach kurzem Verweilen in der Luft, wobei durch Verdunstung und Konzentrirung des änßerlich anhängenden Seewassers der Pflanze Wasser entzogen, ihr Turgor herabgesetzt wird, kollabirt dieselbe auch in Seewasser, obgleich ihre Organe nur wenig schwerer sind als dieses 1). Erst wenn der Turgor wieder zu steigen beginnt, richten sieh die Blätter wieder auf. Starke Verwundungen, die ebenfalls den Turgor herabsetzen, bewirken ein gleiehes Zusammensinken der aufrechten Theile. Injizirt man dann durch die Wunde eine Flüssigkeit unter starkem Druck,

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

460 F. Noll.

wie ieh 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 maehenden Wahrnehmungen führen zu dem Sehluß, daß das sehr diehte Netzwerk von Zellstofffasern im Innern aus verhältnißmäßig sehr weieher Masse gebildet sein müsse, und dies bestätigt eine mikroskopische Untersuchung vollauf. Die Fasern geben sieh sehon beim Schneiden als weiehe biegsame Gebilde zu erkennen, die dem Messer leicht ausweiehen 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 durchans unzweckmäßigen Verlauf nähmen. 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 Druek 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 Druek affizirt zu werden, da dieselbe vornehmlich den Mulm und Schliek größerer stiller Tiefen bewohnt, wo die Bewegung der Wogen für gewöhnlich sieh nicht mehr fühlbar macht. Nur in ganz stillen geschützten Buchten 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 Blau¹). 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 Ilinderniß beseitigt, das der Bildung des Farbstoffes dort entgegensteht. Das Plasma der Caulerpa reagirt im Leben stark alkalisch; die in demselben

<sup>4)</sup> Vergleiche: Experimentelle Untersuchungen über das Wachsthum der Zellmembran. Abh. d. Senckenb. Naturf. Gesellschaft zu Frankfurt a./M. 1888. Bd. XV.

le wieder utartigen bewirkten gkeit der

n zu dem
nern aus
bestätigt
ich schon
m Messer
len Luftgebogen
, daß sie
n Verlauf
nder verk auf ein
können.
e gegen(bei aus-

pannung stoßen, aber zulokalen Schlick gewöln-Buchten the dem

nartigen
ng abgeufgaben
hielt ich
nämlich,
len Umrdringt.
teugung
man ein
ensteht.
mselben

Zellmem-

eingesehlossenen Gellulosefasern 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 Färbeversuehe zeigen, wie überraschend
weit die Salzlösungen in kurzer Zeit im Gerüst vordringen, und wie sie an
den Verwaehsungsstellen sieh auf andere Fäden, die nicht direkt mit der
Außenwand in Verbindung stehen, übertragen.

Es war daher die Frage zu untersuehen, 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 Schnittsläche 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 Zellstoffasern schwarzgrau gefürbt.

Auch in gasförmigem Zustande dargeboten ergaben Jod und Über-

462 F. Noll.

osmiumsäure dieselben Resultate. Es war dieser Versuch mit Gasen natürlich in seinem Ergebniß so vorauszusehen, da ja beide Stoffe auch hier in wässeriger Lösung auf die Pflanze einwirkten, wobei es natürlich ganz gleichgiltig ist, ob die Stoffe vorher in flüssiger, fester oder gasförmiger Gestalt existirten 1).

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 Deekgläsehen fest angepreßt, so daß ein kleiner flacher Kuehen gebildet wurde. Vom Deekglasrand 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 dersclhe durch das Plasma hindurch viel schwieriger sich vollzieht.

Es muß allerdings betont werden, daß dieses Ergebniß mit todtem Plasma gewonnen worden ist, dem viclleicht 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 nieht gelungen, da sieh kein brauchbares, und unzweideutige Resultate lieferndes Verfahren finden ließ. das diese Fragen an der lebendigen Pflanze entseheiden konnte. Es ist aber wahrscheinlieh, daß die an dem todten 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 forteilen, ist oft größer, als die der peripherisehen Ströme, und deutet auf

<sup>1)</sup> 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 Verhältniß zur Körpermasse eine größere sein, als bei den Landpflanzen, die mit den Gesetzen der Gasdiffusion zu rechnen haben. Bei letzteren kann das Verhältniß nicht nur ein ganz anderes zu Gunsten der Körpermasse sein, sondern muß es auch schon wegen der Verdunstung sein.

sen natürich hier in rlich ganz miger Ge-

offe in dem anf einen Bt, so daß her wurde das Ganze en gefüllt nittels des gedrungen m weiter, nigen Miunden ge-

Bahnen ureh das

todtem dässigkeit bei Cauch andere sieh kein den ließ, e. Es ist en Ergebe sich im las Protog ist, das in. Dann toplasmand in Bean Ströme

hmung) auf nntlich viel ß zur Körn der Gasur ein ganz n der Ver-

leutet auf

eine lebhafte Sanerstoffzufuhr in das Innere hin. Da die Protoplasmaströme im Innern längs der Fasern hinfließen, sie als Stütze benutzend, so kann der Stoffaustausch bei der großen Kontaktsläche recht ergiebig sein. — Bei der nachgewiesenen leichten Bewegliehkeit 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 dieken Rhizoms abspielen, drängt dem Beobachter die Überzeugung auf, daß die im Innern sließenden Plasmatheile mit Sauerstoff und allen von außen gebotenen Lebensbedingungen gerade 80 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 Differenzirung des Proto-Plasmakörpers einer Caulerpa 1) auf doppelte Weise, einmal als Stütze, als Klettergerüst für die Plasmaströme, und weiterhin als Zn- nnd Abfuhrstraße für die Stolle, die das Leben braucht und ausscheidet.

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

Diese durchgängig hervortretende Thatsaehe ist keine zufällige; sie muß ihren tieferen Sinn haben. Ans 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

<sup>1)</sup> Eine riehtige Vorstellung davon bekommt man nicht durch Verarbeitung von Alkoholmaterial, da dasselbe gänzlich verändert wird. Überraschende mikroskopische Bilder liefert jedoch Celluloidinmaterial, das in geeigneter, allerdings sehr zeitraubender Weiso verarbeitet werden muß. Die frischen Caulerpen müssen nach Tödtung mit Überosmiumsäure oder Jod in einer Mischung von verdünnten 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 konzentrirtere Celluloidinlösungen übergeführt zu werden. Die Prozedur nimmt 44 Tage in Anspruch, liefert aber dafür auch außerordentlich naturwahre Dauerpräparate.

464 F. Noll.

Fäden wird dieser Zweck gut erreicht 1). Bei Caulerpa, wo bei stattlichen Körperdimensionen diehte Protoplasmamassen ohne feinere Zergliederung eingeschlossen sind, ersetzen die in das Innere eingesenkten Cellulosefäden sozusagen die Zerlegung in dünne Fäden. Statt Cellulose aus stülpungen in das Nährmedium, wie bei Codium, haben wir Cellulose ein stülpungen, 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 Erseheinung den cellulären höheren Pflanzen am nächsten kommt; bei ihnen ist die höchste innere Differenzirung erreicht, die überhaupt bei niehteellulärem Bau möglich ist.

Die Celluloscfasern ersetzen in gewisser Beziehung also auch die Zellhautbildungen der eellulären Pflanzen. Diese letzteren, nach einem ganz anderen Grundplan, eben dem eellulären entwickelt, erreichen durch dieseu 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 sehon klar ausgesprochen, daß der Begriff »Zelle« des Nimbus, den er so lange genossen, entkleidet werden muß, daß die Differenzirung des Gesammtplasmas 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 lediglieh auf eine protoplasmatische Grundsubstanz, welche von Kernen erfüllt und zu Lebensfunktionen angeregt wird. Bei den Cöloblasten, bei welchen die Wirkungssphäre der kleinen Kerne eine sehr besehränkte zu sein seheint, 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

<sup>4)</sup> Wie bei den cellulären Pflanzen durch die Zerlegung in einzelne Zellen mit Hilfe der Zeilwände. Vergl. Sachs, Vorlesungen II. Aufl. p. 235.

tattlichen liederung ilosefäden tülpungen ilpungen, offwechsel n dünnen setzungen igsflächen

oloblasten enzen am erreicht,

die Zellnem ganz ch diesen nerung in tstheilung

ar ausgegenossen, lasmas in morpho-

and viele ser Diffesmatische nen angeohäre der makörper

denkbar
e Plasmalie kleinlche nicht
airung erch dicker
renzirung

n mit Hilfe

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 deu einkernigen Zellen nichts weiter vorliegt als die abgegrenzten kleinsten noch lebensfähigen Plasmaportionen, die durch ihre Abgrenzung besondere Einzelfunktionen verrichten können, in ihrer Gesammtfunktion sich aber als untergeordnete und abhängige Glieder des Gesammtkörpers darstellen, wie die Physiologie in Hunderten von Fällen klar lehrt. —

Die Cellulosefasern der Caulerpa ermöglichen, wie wir gesehen, eine innerliche Differenzirung eines massig entwickelten Plasmakörpers auf eine von der Zellkammerung ganz verschiedene Weise, nämlich durch Schaffung eines Fasergerüstes im Innern. Es ist aber klar, daß durch ein solches nicht eine so ausgesprochene Arbeitstheilung je erreicht wird, wie durch Kammerung des Protoplasmakörpers. Das Gerüstsystem, das ich dem Kammerungssystem als zur Lösung ähnlicher Aufgaben dienend gegenüber stellen 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