

Caulerpa prolifera Ag.

Autor(en): **Nägeli, Carl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik**

Band (Jahr): **1 (1844-1846)**

Heft 1

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-357976>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Caulerpa prolifera Ag.

von

Carl Nägeli.

Tab. III.

Die meisten Systematiker kannten von dieser Pflanze bloss den äussern Bau. Zwar bemerkte schon *Turner* eine im Innern faserige Structur. Diese Thatsache blieb indess unbeachtet, bis *Montagne* (*Annales des Sc. nat.* 1838) von neuem darauf aufmerksam machte. Er zeigte, dass die ganze Pflanze eine continuirliche Höhlung besitze, und von einer structurlosen Membran gebildet werde. An diese Membran sich anlehnend, durchziehe ein vielfach anastomosirendes Fasernetz das Lumen bis in die feinsten Verästelungen. Dieser Bau wurde von *Brongniart* (*Compt. rend. hebdom. de l'Institut* 26 fevr. 1838) und von *Decaisne* (*Archives du Museum d'hist. nat.* II. 1842 pag. 122) bestätigt, und die Beobachtung hinzugefügt, dass auf der innern Fläche der Membran Schichtenablagerung statt finde, welche von den Fasern durchsetzt werde.

Bau der Pflanze.

Caulerpa prolifera, welche in der Regel unter der Meeresoberfläche auf Schlamm Boden wächst, hat kriechende, fadenförmig-cylindrische Stämmchen von der Dicke einer Rabenfeder. Dieselben verästeln sich hin und wieder, und erreichen eine Länge bis $\frac{1}{2}$ und 1 Fuss. Auf der untern Fläche der liegenden Stämmchen gehn Wurzeln ab, die sich vielfach ver-

ästeln (Tab. III. 10). Sie bestehen gewöhnlich aus einer Hauptachse, und aus einer Menge schwächerer, secundärer und tertiärer Achsen, welche alle nach der Spitze zu gleichmässig dünner werden und sehr fein auslaufen. Die Wurzeln erreichen eine Länge von $\frac{1}{2}$ — 1 Zoll. Auf der obern Fläche der liegenden Stämmchen stehen gestielte, elliptische oder lanzettliche, dünne Blätter. Die Blattstiele sind cylindrisch, die Blätter sind 1—2 Zoll lang, $\frac{1}{3}$ — 1 Zoll breit und $\frac{1}{2}$ Linie dick. Sie tragen durch Prolifikation aus ihrer Fläche oder selten aus ihrem Rande andere Blätter, zuweilen auch wohl Stämmchen. Die Stämmchen und Wurzeln sind weiss, die Blätter sind grün. Die Wurzeln sind auf eine gegebene Länge des Stämmchens drei- bis viermal zahlreicher als die Blätter.

Wenn man die Pflanze nach Durchschnitten untersucht, so sieht man, dass Stämmchen, Wurzeln und Blätter eine einzige continuirliche Höhle darstellen, welche aussen von einer gleichförmigen Membran umgeben, innen von Fasern durchzogen wird. Die ganze Pflanze erweist sich demnach als eine einzige verästelte Zelle.

Membran.

Die Zellwand erreicht eine bedeutende Dicke, bis auf $\frac{1}{100}$ '' und darüber. Sie besteht aus zwei Häuten. Die äussere (fig. 1—4, a) derselben ist homogen, zuweilen auch schwach gestreift. Die Streifung, wenn sie sichtbar wird, zeigt sich auf Längsschnitten longitudinal, auf Querschnitten concentrisch. Nicht selten ist diese äussere Haut fein gekörnt durch Ablagerung von kohlen saurem Kalk. Säuren bewirken ein schwaches Aufbrausen, und ein etwelches Zusammenfallen der Haut. — Die innere Haut (fig. 1—4, b) ist von der äussern ziemlich scharf geschieden, und fast immer deutlich gestreift. Sie besteht aus vielen concentrischen Lamellen, die sich durch Schnitt und Druck von einander trennen lassen.

Die beiden Häute unterscheiden sich schon durch die Farbe, indem die äussere gelblich, die innere farblos ist. Jod färbt

die erstere intensiv gelb, während die letztere unverändert bleibt, und somit aus Gallerte besteht. Sie sind ferner auch darin von einander verschieden, dass die Kalkablagerungen immer nur in der äussern, nie in der innern Haut auftreten. — Die äussere Haut ist die von der Zelle abgesonderte Extracellulärsubstanz, welche hier nicht als reine Gallerte auftritt. Ich halte es für eine Mittelstufe zwischen Gallerte und Amyloid, da ich das letztere auch bei Florideen als Zwischenzellsubstanz gefunden habe. Dort varirte die Reaction auf Jod von goldgelb durch orange, weinroth und violett bis ins blau. Im natürlichen Zustande war die Intercellulärsubstanz auch dort durchsichtig und wasserhell, und von Gallerte nicht zu unterscheiden. — Die innere Haut wird durch die von innen abgelagerten Verdickungsschichten gebildet. Jod färbt sie, wie gesagt, im unveränderten Zustande nicht; auch nicht, nachdem sie mit Aetzkali gekocht, oder zudem noch mit verdünnter Schwefelsäure behandelt worden. Wenn man sie dagegen mit letzterer schwach erhitzt, so färbt sie sich durch Jod goldgelb wie die äussere Haut. — Die Trennungslinie zwischen den Verdickungsschichten und der Extracellulärsubstanz bezeichnet die ursprüngliche Zellmembran (fig. 2, 3, m), die sonst durch nichts weiter bemerkbar ist.

Bau der Fasern.

Auf Längs- und Querschnitten durch Stämmchen, Blätter oder Wurzeln sieht man, dass das Lumen der Zelle von Fasern durchsetzt wird, welche jederseits an der Membran festsetzen. — In den Blättern (fig. 1) sind diese Fasern entweder unverästelt, und verbinden einfach zwei entgegengesetzte Punkte der beiden Blattflächen. Oder eine Faser theilt sich in zwei oder mehrere Aeste, welche an der gegenüber liegenden Wand angeheftet sind; mit andern Worten: mehrere Fasern vereinigen sich zu einer einfachen. Oder eine Faser theilt sich in zwei Schenkel, welche sich wieder vereinigen. Ausserdem sind die Hauptfasern durch mehr oder weniger,

quer und schief gehende Zweige und Fäserchen (fig. 1, d) verbunden. Dadurch wird ein Fasernetz gebildet, das im Zelllumen ausgespannt ist, und dessen Hauptstränge diametral, die Nebenzweige tangential verlaufen.

In den Stämmchen (fig. 6, 7) sind die Fasern ziemlich von gleicher Dicke. Sie gehen radienförmig rings von der Zellwand ab nach dem Centrum, und anastomosiren vielfach mit einander, wodurch grössere und kleinere Maschen erzeugt werden. Die Vereinigungsstellen sind in ganglienartige Anschwellungen erweitert (fig. 7). — In den dickern Wurzeln verhalten sich die Fasern wie im Stämmchen. Je dünner die Verästelungen der Wurzeln werden, desto einfacher verhalten sich die Fasern, indem sie zugleich an Menge und an Dicke abnehmen. In den dünnsten Enden sind gar keine Fasern mehr vorhanden.

Frei endigende Fasern konnte ich mit Bestimmtheit nie sehen, die wenigen durch den Schnitt zerrissenen abgerechnet. Ich glaube daher aussprechen zu können, dass das Netz überall geschlossen ist, indem die Faserstämme und Zweige mit jedem der beiden Enden entweder die Zellmembran oder andere Fasern berühren.

Wenn die Membran von aussen angesehen wird, so erscheint sie punktirt. Die einzelnen Punkte sind die an der Zellwandung befestigten Fasern. Wenn man sie von der Seite betrachtet, so endigen sie scheinbar mit einer etwas verdickten Basis an der innern Oberfläche der Membran. Sie können von derselben nicht getrennt werden, und eine genaue Untersuchung lehrt, dass sie mit fast gleicher Dicke die gallertartigen Verdickungsschichten durchsetzen, bis an die innere Fläche der Extracellulärsubstanz, also bis zur primären Zellmembran (fig. 1—3). Die Verdickungsschichten lehnen sich ringsum so an die Faser an, dass sie sich nach innen biegen. Die Biegungsstellen liegen entweder unmittelbar an der Faser (fig. 2), oder etwas von derselben entfernt (fig. 3). Die Schichtung ist dort stets stär-

ker gezeichnet, als daneben, wo sie in graden Linien hinläuft. Durch die innersten (jüngsten) im Umfang der Faser sich erhebenden Schichten wird die scheinbare Anschwellung der Faser an ihrer Basis bewirkt. — Die primäre Zellmembran ist an der Stelle, wo die Faser ihr angeheftet ist, ebenfalls nach einwärts gebogen (fig. 2, 3). Dieses Verhalten der Membran ist der Grund, warum alle folgenden Verdickungsschichten die gleiche Lage annehmen.

Die Fasern sind solid und von gleichförmiger Dichtigkeit. Nur an der Basis, besonders an demjenigen Theil, welcher in den Verholzungs-schichten eingeschlossen ist, sieht man eine dunklere Linie durch die Achse verlaufen (fig. 2, 3). Wenn die Faser hier quer durchschnitten wird, so zeigt sich das Centrum gewöhnlich als ein dunkler Punkt (fig. 4, 5). Ist der Punkt gross genug, so erscheint er als kleiner Kreis, welcher von einer dichtern Substanz gebildet ist, als der übrige Theil der Faser (fig. 5, a, c). Der letztere ist entweder homogen (fig. 5, a) oder concentrisch gestreift (fig. 5, b), und in der Regel mit einer membranartigen dichten Rinde umgeben.

Die Fasern bestehen aus dem nämlichen Stoffe wie die Verdickungsschichten. Sie brechen das Licht wie diese, werden durch Jod nicht gefärbt, und durch Schwefelsäure nicht in Stärke umgewandelt. Wenn sie mit Aetzkali gekocht, darauf mit verdünnter Schwefelsäure und mit Jodtinctur behandelt werden, so bleiben sie ungefärbt. Wenn man sie dagegen mit Schwefelsäure schwach erhitzt, so nehmen sie, ehe sie sich auflösen, eine goldgelbe Tinktur an. Sie verhalten sich somit genau wie die Verdickungsschichten, nur dass die letztern etwas weicher sind, und daher früher sich goldgelb färben, und auch früher verschwinden.

Zelleninhalt.

Stämmchen und Wurzeln enthalten bloss Amylum und kein Chlorophyll; sie sind desswegen weiss. Die Blätter dagegen besitzen ausser Amylum viel Chlorophyll, und sind schön grün.

Die Stärkekügelchen haben eine längliche, gewöhnlich auf der einen Seite convexe, auf der andern Seite abgeplattete Gestalt. Sie liegen einzeln, oder mehrere kleben aneinander. Ihr Längendurchmesser varirt von 0,002''' bis 0,003'''. Die Chlorophyllkügelchen sind rund oder länglich; gewöhnlich 4 — 8 traubenartig zusammenhängend, seltener einzeln. Sie sind bedeutend kleiner als die Amylumkügelchen. Der Durchmesser beträgt 0,0004''' bis 0,0006'''.

Ausser den Stärke- und Chlorophyllkörnchen enthalten Stämme, Blätter und Wurzeln eine trübe Flüssigkeit, voll winzig kleiner punktförmiger Körnchen. In dieser unveränderten Beschaffenheit erkennt man sie bloss, wenn man sie ohne Wasser und schnell unters Microscop bringt. Wie sie mit Wasser in Berührung kommt, so wird sie erst dicklich und zäh, dann fest und gelb. Jod färbt sie ebenfalls gelb. Wenn ein Stämmchen abgerissen wird und im Meerwasser liegen bleibt, so bildet sich in dem offenen Ende durch Coagulation des nach dieser Seite hin sich drängenden Inhaltes ein derber gelber Pfropf von 1 — 2 Linien Länge, der das Lumen der Zelle vor weiterer schädlicher Einwirkung des Wassers vollkommen bewahrt. Diese milchsaftähnliche Flüssigkeit findet sich durch die ganze Pflanze mit Ausnahme der wachsenden Spitzen von Stämmchen, Blättern und Wurzeln, wo noch Bildung von Stärke und Chlorophyll statt hat. Stellenweise sind jedoch auch dünnere Wurzeläste und besonders die feinen Endigungen der ausgewachsenen Wurzeln frei davon, und enthalten bloss eine wasserhelle Flüssigkeit mit Amylumkügelchen. — Eine chemische Analyse von diesem Stoffe steht mir nicht zu Geboth. Seine physikalischen Eigenschaften weisen aber deutlich genug, wegen der grossen Verwandtschaft mit dem Milchsaft der höhern Pflanzen, auf einen beträchtlichen Antheil Caoutchouc hin.

Wachsthum der Membran.

Die ganze Pflanze von $\frac{1}{2}$ — 1 Fuss Länge mit allen ihren

Blättern und Wurzeln besteht aus einer einzigen Zelle. Diese Zelle wächst an ihren Enden. Die Gründe dafür sind folgende. Die vordern Enden spitzen sich conisch zu. Sonst sind die Stämmchen in ihrer ganzen Länge von gleicher Beschaffenheit und von gleicher Dicke. Die hintern Enden sind geöffnet, und bloss durch einen Propf von erhärtetem Caoutchouc geschlossen. — Die Membran ist an den vordern Enden sehr zart, und ohne Verdickungsschichten. Sie wird dicker, je weiter sie sich von denselben entfernt. — Die Fasern sind in den vordern Enden sehr dünn; nach hinten werden sie stärker. Sie vollenden ihr Wachsthum in einer bestimmten Entfernung von der wachsenden Stammspitze. — Der Inhalt der vordern Enden ist ein homogener Schleim, in geringem Abstände von denselben beginnt die Amylumbildung. — Die Fasern stehen an den vordern Enden ganz eng in einander; nach hinten rücken sie bis auf einen gewissen Punkt allmählig auseinander. In einiger Entfernung von den Stammspitzen stehen junge Blätter und Wurzeln (fig. 10); die vordern sind die jüngsten. In der ganzen übrigen Länge tragen die Stämmchen bloss ausgebildete seitliche Organe. — Alle diese Thatsachen stimmen darin mit einander überein, dass sie ein ausschliessliches Wachsthum der fadenförmigen und verästelten Zelle an ihren vordern Enden darthun.

Alle vordern Stammenden gleichen einander vollkommen, so dass in allen stets die gleiche Entwicklung zu beobachten ist. Anders verhalten sich Blätter und Wurzeln, welche, wie wir später sehen werden, bloss eine Zeit lang die Erscheinungen des Wachsthums zeigen, und nachher unverändert fortbestehen. Wir müssen daher von den Stämmchen sagen, dass sie nicht bloss ein ausschliessliches, sondern auch, dass sie ein continuirlich fortgesetztes, ein unbegrenztes Wachsthum an der Spitze besitzen.

Hinter der wachsenden Stammspitze findet fortwährend die Bildung neuer seitlicher Organe statt; auf der dem Boden zugekehrten Seite entstehen neue Wurzeln; auf der dem Zenith

zugekehrten Seite entstehen neue Blätter. An allen Stammenden findet man stets in gleicher Entfernung vom Punctum vegetationis junge und jüngste Blätter und Wurzeln. An den Stämmchen findet also auch eine continuirlich fortgesetzte und unbegrenzte Erzeugung von seitlichen Organen oder eine Verästelung der Stammzelle statt, welche gleichmässig hinter dem Spitzenwachsthum, in derselben Richtung wie dieses, fortschreitet.

Die Wurzeln treten etwas hinter der Stammspitze, an der auf dem Boden liegenden Fläche auf (fig. 10, r, r). Die kleinsten stehen zuächst an der Spitze; sie stellen ein kleines spitzes Knötchen dar. Dann erscheinen sie als kurze und wenig verästelte Fäserchen. Sie werden länger und verästeln sich mehr, bis sie in einer bestimmten Entfernung von der Stammspitze ausgewachsen sind (fig. 10). — Die Wurzeln communiciren mit dem Stämmchen; sie entstehen dadurch, dass die Membran des letztern in einem Punkte sich erhebt, und in ein Knötchen auswächst. Dann wachsen sie an der Spitze ganz so, wie es die Stämmchen thun in Bezug auf Membran, Fasern und Inhalt. — Ihre Verästelung findet ebenfalls statt, wie diejenige des Stämmchens, dadurch nämlich, dass hinter der wachsenden Spitze die Membran in einem Punkte auswächst, und eine Seitenachse bildet. Haupt- und Nebenachsen wachsen gleichmässig an ihren Enden fort. Sie dehnen sich aber bloss bis zu einer bestimmten Länge aus, und persistiren dann in unveränderter Gestalt. Den Wurzeln kommt daher ein begrenztes Spitzenwachsthum zu.

Wie die Wurzeln auf der untern Fläche des Stämmchens, so entstehen die Blätter auf seiner obern Seite. Die ersten Blattanfänge stehen aber weiter von dem Stammende zurück, als die Wurzelanfänge (fig. 10, f); so dass, wo oben ein Blatt sich zu bilden anfängt, unten schon eine halb entwickelte Wurzel und vor derselben 3 — 8 jüngere Wurzeln stehen. Die Wurzelbildung geht also der Blattbildung immer um eine gewisse Zeit voran. — Das Blatt beginnt mit der Erhebung

der Membran des Stämmchens. Es ist im jüngsten Zustande zugespitzt-conisch (fig. 10, f, fig. 11) und dabei auf dem Durchschnitte vollkommen rund. Dann wird es spatelförmig, indem seine Spitze sich in die Breite dehnt und schneidig wird (fig. 10, f; fig. 12). Beim Weiterwachsen wird die Spitze etwas eingedrückt und dann herz-nierenförmig (fig. 13). Das *Punctum vegetationis* des Blattes ist also im Anfange conisch wie das des Stammes und der Wurzel; es wird nachher in die Breite gezogen. Dadurch unterscheidet sich das Blatt wesentlich von Stamm und Wurzel, indem nämlich das *Punctum vegetationis* an diesen punktförmig, an jenem linienförmig, und somit das Wachsthum an diesen gleichseitig, an jenem ungleichseitig ist.

An einem wachsenden Blatte unterscheidet man vier Zonen, welche eben so vielen Entwicklungsstadien entsprechen. Unmittelbar unter der eingedrückten Spitze liegt eine Scheibe ungefärbten und homogenen Schleimes (fig. 13, 15, a; fig. 18, a), der nach unten zu fein gekörnt und schwach grünlich erscheint. Unterhalb dieser ersten liegt eine zweite, etwas breitere und seitlich sich weiter ausdehnende Zone (fig. 13, b), in welcher die Fasern schon als zarte Linien vorhanden sind (fig. 18, b); auf der Fläche der Membran erscheinen dieselben als feine Punkte (fig. 14, 15). — Dann tritt die Bildung des *Amylums* auf; es nimmt eine breite weisse Zone ein (fig. 13, c). Zuletzt entsteht das Chlorophyll, und mit ihm die vierte grüne Zone (fig. 13, d). Diese vier Zonen treten an dem sich entwickelnden Blatte eine nach der andern auf; sie schreiten mit seinem Wachsthum weiter nach oben fort; so dass die drei obern Zonen ungefähr die gleiche Ausdehnung behalten, die untere dagegen immer grösser wird. Zuletzt hat das Chlorophyll von dem ganzen Blatte Besitz genommen. Das Blatt beharrt in diesem Zustande, so lange der respective Theil der Pflanze ausdauert. Das Wachsthum an der Spitze verhält sich somit wie in der Wurzel; es unterscheidet sich von dem der

Stämme dadurch, dass es bloss eine bestimmte Zeit währt, und somit ein begrenztes ist.

Die Zellmembran ist über der Schleimzone oder über dem Punctum vegetationis sehr zart (fig. 13, 15, a; fig. 18, a). Dort findet neue Membranbildung statt. Ueber der Faser- und Stärkezone wächst sie durch Ausdehnung¹⁾. Dass diese Ausdehnung, und in welchem Verhältnisse sie vorhanden sei, dafür giebt die Anordnung der Fasern ein schönes Zeugnis. Die obersten und kleinsten sichtbaren Punkte (fig. 14, 15, 18 b) haben eine durchschnittliche Entfernung von 0,0015''' bis 0,002'''. Je weiter dieselben von dem Punctum vegetationis sich entfernen, desto grösser werden sie, und desto mehr rücken sie von einander. An ausgebildeten Blättern sind diese Punkte oder die Fasern durchschnittlich um 0,150''' von einander entfernt. Die Zellmembran hat sich also mindestens um das hundertfache ausgedehnt. Vielleicht dass sie sich noch weit mehr ausgedehnt hat; die Entscheidung ist unmöglich, da man nicht sehen kann, wo die Neubildung der Membran aufhört, und die Ausdehnung beginnt.

In Bezug auf die Ausdehnung der Membran ist noch zu bemerken, dass sie bloss eine bestimmte Zeit dauert. Sie währt nicht so lange als das Blatt lebt, nicht einmal so lange als dasselbe noch wächst. Denn während es an der Spitze sich noch durch Membranbildung verlängert, rücken die untern Theile der Membran nicht mehr auseinander, die Fasern haben das Maximum gegenseitiger Entfernung erlangt. Jeder Punkt in der Zellmembran des Blattes hat somit ein begrenztes Wachstum durch Ausdehnung. Dasselbe ist für die verschiedenen Theile des Blattes von unten nach oben ohne bedeutende Differenzen in Zeit und Raum, da die

1) Eine Darlegung der Gründe, warum in dem Spitzenwachsthum der Zelle zwischen Neubildung und Ausdehnung der Membran unterschieden werden muss, werde ich in dem Schlusse des Aufsatzes über «Zellenkern, Zellenbildung und Zellenwachsthum» geben.

Fasern zuletzt so ziemlich die gleichen Stellungsverhältnisse zeigen.

In Rücksicht auf das Wachstum des Achsentheiles und der Seitentheile des Blattes müssen zwei Erscheinungen beachtet werden. Erstens liegen an ausgebildeten Blättern die Fasern zu beiden Seiten etwas mehr von einander entfernt als in der Mittellinie. Da sie beim Entstehen, soviel wenigstens sichtbar ist, gleich weit von einander abstehen, so muss angenommen werden, dass die beiden Seiten des Blattes sich in horizontaler Richtung mehr ausdehnen als die Achse. Zweitens liegt die wachsende Spitze herzförmig eingedrückt, während sie früher stumpf und im Anfange spitz war. Diese Erscheinung beweist, dass die Seiten des Blattes auch in verticaler Richtung durch Ausdehnung mehr wachsen als die Achse. Dadurch erheben sie sich über das Punctum vegetationis, und lassen dasselbe in einer Vertiefung hinter sich liegen.

Nachdem es der Beobachtung gelungen ist, das Spitzenwachstum des Blattes zu zerlegen in eine Neubildung von Membran und in eine Ausdehnung der neugebildeten Membranthteile, — so ist es möglich, das gleiche auch an wachsenden Stämmen und Wurzeln theils zu sehen, theils zu erschliessen. Auch in den letztern treten die jungen Fasern erst dünn und gedrängt auf. Sie rücken allmählig auseinander bis zu einer bestimmten Entfernung von der Spitze. Dann beharren sie fortwährend in diesem Zustande. Es hat somit auch an Stämmen und Wurzeln jeder Theil der Membran ein begränktes Wachstum durch Ausdehnung.

Die bisher betrachteten Verhältnisse der Wachstumsgeschichte beziehen sich bloss auf die Zellmembran selbst. Die Zellwandung besteht noch ausserdem aus Verdickungsschichten und aus Extracellulärsubstanz. Die erstern fehlen in der wachsenden Spitze; sie treten aber unmittelbar unterhalb derselben auf und nehmen nach unten hin stetig an Dicke zu. Aus der Struktur geht hervor, dass sie in Lamellen

abgelagert werden. Diese Ablagerung dauert, wie es scheint, so lange fort, als das betreffende Organ (Stamm, Blatt oder Wurzel) existirt, nimmt aber mit dem Alter an Intensität ab. — Die Ausscheidung einer gallertartigen Masse findet sich schon unmittelbar über dem *Punctum vegetationis* (fig. 18, a). Sie scheint ebenfalls ohne Unterbruch fortzugehen, so lange der Theil der Pflanze lebt. Ueber die Quantität der ausgeschiedenen Substanz und deren Verhältniss in den verschiedenen Lebensperioden lässt sich nichts entscheiden, da es ungewiss ist, wie viel von dem Wasser fortwährend aufgelöst wird.

Wachsthum der Fasern.

Wenn man einen Längsschnitt durch die wachsende Spitze des jungen Blattes führt (die Stammspitze ist zu solchen Untersuchungen weniger geeignet), so erkennt man zu äusserst bloss einen homogenen Schleim (fig. 18, a). In geringer Entfernung von dem Endpunkte aber treten in diesem Schleime zarte Linien auf, welche dicht in einander stehen und von einer Wand zur andern gespannt sind (fig. 18, b). Sie werden nach unten hin stärker, und stellen sich deutlicher als Fasern dar. Damit stimmt die Ansicht des Blattes von der Fläche überein, wo die Fäserchen als Punkte erscheinen (fig. 14, 15). — Diese Fasern haben in ihrem ersten Auftreten grosse Aehnlichkeit mit den Schleimfaden, welche in andern Algenzellen als Saftströmung vorhanden sind. Sie gleichen denselben, weil sie ebenfalls dünn und farblos sich zeigen. Man kann sich aber leicht davon überzeugen, dass sie von denselben ganz verschieden sind. Wenn nämlich seitlich vom *Punctum vegetationis* durch Endosmose von Wasser die der Zellmembran anliegende Schleimschicht von derselben zurücktritt¹⁾, so bleiben die Fasern an der Wand befestigt (fig. 16, 17). Die letztere ist gekerbt, gleich als ob in regelmässigen Entfernungen Poren vorhanden wären (fig. 17). Die Fasern erheben sich

1) Vgl. oben pag. 91.

aus der Mitte der einzelnen Erhabenheiten. Dadurch, dass sie an der Membran festsitzen, unterscheiden sie sich von den Strömungsfäden, welche bloss von der Schleimschicht ausgehen, und auch mit dieser von der Membran sich zurückziehen.

Ueber die Entstehungsweise der Fasern konnte ich nichts Näheres beobachten. Es lassen sich zwei Ansichten darüber aufstellen, entweder dass sie von der Membran aus nach innen wachsen, oder dass sie gleich auf einmal angelegt werden. Letzteres scheint mir das Wahrscheinlichere, besonders deswegen, weil es keine freie Fasern giebt, welche als stehengebliebene Entwicklungsstufen eine ungleichzeitige Anlage der Theile einer Faser nachweisen. — Die starken Hauptfasern entstehen zuerst, erst nachher bilden sich die Nebenasern, welche als die Verbindungsglieder der erstern auftreten.

Das Wachsthum der Fasern in die Dicke findet höchst wahrscheinlich als Schichtenablagerung statt, da die zuweilen sichtbare concentrische Streifung eine lamellenartige Structur nachweist (fig. 5, b). — Wenn die Fasern wirklich von aussen schichtweise sich verdicken, so müssen sie ihre Entwicklung schon zu einer Zeit vollenden, da die Verholzungschichten der Membran noch sehr dünn sind. Denn späterhin verlaufen sie in gleicher Breite durch die Verholzung bis zur primären Zellmembran (fig. 2, 3). Wenn sie sich gleichzeitig mit den Verdickungsschichten ausbildeten, so müssten sie von deren innern Fläche bis an ihr äusseres Ende sich allmählig zuspitzen; weil je die spätern Schichten der Fasern die schon vorhandenen Schichten der Wand zur Gränze hätten, und also nicht mehr bis zur primären Membran reichen könnten. Diess ist jedoch nicht der Fall.

Bedeutung der Fasern.

Diese Fasern, welche das Zellenlumen durchsetzen, und nur mit ihren Enden die Membran berühren, sind in der Pflanzenzelle eine so isolirte und auffallende Erscheinung, dass es für sie gänzlich an Analogieen mangelt. Von den Spiral-

fasern, mit denen sie eine ferne Aehnlichkeit haben, weichen sie in der Lage zur Zellmembran ab. Dennoch ist diess das einzige Elementarorgan, mit dem sie, nach meiner Ansicht, verglichen werden können. Die Spiralfasern sind eine besondere Art von Verholzung der Membran; sie stimmen mit den übrigen Verholzungen in der chemischen Zusammensetzung überein. Die Fasern von *Caulerpa* gleichen ebenfalls sowohl äusserlich den Verdickungsschichten, als dass sie aus dem gleichen chemischen Stoffe bestehen. — Die Spiralfasern enthalten im Innern eine Substanz von verschiedener Dichtigkeit mit der Rindensubstanz; sie sind hohl, wie man es genannt hat. Die Fasern von *Caulerpa* werden an ihren Enden ebenfalls aus zwei verschieden dichten Stoffen gebildet. Sie unterscheiden sich aber von den Spiralfasern durch die cylindrische Form, die eine Folge der freien Lage ist. — Um die Analogie mit den Verdickungsschichten noch näher zu begründen, kann auch ihre geschichtete Structur angeführt werden. Auch kann man ihre netzförmige Anordnung geltend machen, um sie mit den netzförmigen Gefässen zu vergleichen.

Um ein gültiges Urtheil über das Verhältniss der freien Fasern von *Caulerpa* zu den Spiralfasern zu fällen, müsste man die ursächlichen Momente beider Bildungen kennen. So lange diese verborgen sind, so kann man auch gegen die Analogie, welche durch die obigen Gründe unterstützt wird, nicht viel einwenden. Als die nächste Ursache muss die Ausscheidung und Erhärtung von Gallerte aus dem Schleiminhalte angesehen werden. In dieser Beziehung ist die Bildung eines Gallertstranges frei im Lumen der Zelle nicht weniger zu begreifen, als an ihrer Wandung. Wenn die Analogie zwischen freien Fasern und Spiralfasern wirklich in dieser Weise gefunden wird, so würde es zugleich beweisen, dass der Name Verdickungsschicht nicht eben das wesentlichste und allgemeinste Moment, sondern bloss die äussere Erscheinung ausdrückt. Die wesentliche Eigenschaft der Fasern und Verdickungen wäre eben in jener Ausscheidung und Erhärtung

von Gallerte zu suchen, welche unter zwei Gestalten auftreten würde, entweder als Niederschlag auf die Fläche der Membran, oder als freier, die Membran bloss mit den zwei Endpunkten berührender Strang.

Man könnte auch, um die Analogie der freien Fasern von *Caulerpa* und der Spiralfasern noch mehr probabel zu machen, einen andern gemeinschaftlichen Erklärungsgrund zu Hülfe nehmen. Man hat, um die Bildung der Spiralfasern zu begreifen, an die spiralförmige Rotationsströmung in *Chara* u. s. w. gedacht. Man könnte in gleicher Weise zur Erklärung der freien Fasern die fadenförmige Strömung durch das Zellenlumen, die in so vielen Algenzellen vorkommt, benutzen. Damit wäre aber in der That nichts erklärt; und überdem spricht auch dagegen die oben angeführte Thatsache, dass die Fasern von der Zellmembran, die Strömungsfäden bloss von der Schleimschicht ausgehen.

Wenn nun auch die erzeugende Ursache der Fasern von *Caulerpa* noch dunkel ist, so liegt der Zweck, der dadurch erreicht wird, offener. Während andere grössere Wasserpflanzen durch zellige Structur und besonders durch kleine und eng verbundene Epidermiszellen die ihnen nöthige Festigkeit gegen äussere schädliche Einflüsse erhalten, oder auch wohl, wie *Nitella*, durch einen Kalkpanzer sich schützen, so ermangelt dagegen *Caulerpa* dieser beiden Schutzwehren. Als einfache Zelle findet sie dieselben einerseits in der bedeutenden Verdickung der Membran, anderseits in den die Membran unter sich verbindenden Fasern. Die ganze Pflanze gewinnt dadurch eine beträchtliche Festigkeit. Wenn irgend ein Theil verletzt wird, so hat der zähe Inhalt zwischen den Fasern um die verletzte Stelle herum einen Haltpunkt, um zu erhärten, und das Zellenlumen wieder sogleich abzuschliessen. Besonders sind sie wichtig für die Blätter, welche dadurch in ihrer flächenförmigen Gestalt erhalten werden. Dieselben könnten ohne diese quer laufenden Fasern bei Verletzungen leicht sich weit öffnen, und durch die Menge des aufgenom-

menen Wassers der ganzen Pflanze den Tod bereiten. So aber findet man häufig Blätter, deren obere Hälfte abgestorben und halb aufgelöst ist, und deren untere Hälfte, so wie das Stämmchen, die Wurzeln und andere Blätter in der Nähe, noch kräftig vegetirt. Diese untere Blatthälfte ist an ihrer obern Gränze durch eine horizontale Leiste von festem coagulirtem Caoutchouc geschlossen. Auf gleiche Weise ist das hintere fortwährend absterbende Ende des Stammes durch einen festen gelben Propf von zwei bis vier Linien Länge verwahrt. Der auf diese Weise sich erhärtende und das Lumen abschliessende Zelleninhalt wird durch seine in das Fasernetz eingebettete Lage ganz unverschiebbar.

Entwicklungsgeschichte der Stärke- und Chlorophyllkugelchen.

Im Punctum vegetationis selbst ist nichts als ein homogener Schleim. Derselbe wird nach unten fein gekörnt; es findet hier die Anlage der Fasern statt. Wenn man die Zellflüssigkeit aus diesem Theile (der Faserzone fig. 13, 15, b) eines jungen Blattes oder Stammes untersucht, so findet man darin sehr kleine Körnchen, deren Durchmesser nicht mehr als $0,003''''$ beträgt, und an denen daher nichts zu erkennen ist. Daneben liegen Zellchen oder Bläschen von $0,001''''$ bis $0,0025''''$; sie sind mit einem schwach gelblichen Schleim erfüllt (fig. 19, a, b), welcher in den kleinern homogen, in den grössern fein gekörnt erscheint. Etwas weiter nach unten tritt die Bildung des Amylum auf (Stärkezone fig. 13, c); dort wird das junge Blatt weiss glänzend. Der Zelleninhalt zeigt die gleichen kleinern und grössern Bläschen in Menge. Man findet ausserdem Bläschen, welche neben dem körnigen Schleim ein oder mehrere kleine, in der Entwicklung begriffene Amylumkörnchen enthalten (fig. 19, c, d, e); — ferner solche, welche ein bis drei, seltener vier bis sechs ausgebildete Amylumkörner umschliessen (fig. 19, f, g, h, i, k, l). Daneben kommen einige freie Stärkekörner einzeln oder zusammenklebend (fig. 19, m, n) vor. Die Zahl der letztern mehrt sich, wie man den Inhalt der Stär-

kezone weiter nach unten untersucht, und die Menge der Bläschen nimmt ab.

Die Amylumkügelchen entstehen also in *Caulerpa* nicht unmittelbar im Zelleninhalte, sondern in besondern kleinen Schleimzellen. Man muss bei der Untersuchung die Zellflüssigkeit ohne Wasser unters Microscop bringen; sonst wird der Inhalt des Bläschen sogleich verändert. Der früher gleichmässig vertheilte Schleim schlägt sich dann in Form einer continuirlichen Schicht oder von einzelnen grössern Körnern auf die Membran nieder. Bei Einwirkung von Jod erleiden die Bläschen die gleiche Veränderung. Der Schleim färbt sich dabei gelb oder gelbbraun; die Membran aber, wenn sie stellenweise frei von anliegendem Inhalte ist, erscheint als eine ungefärbte Linie. Die Amylumkörner innerhalb der Bläschen sind durch die blaue Färbung kenntlich. — Wenn diese Stärkekörner fertig gebildet sind, so werden die Bläschen resorbirt. Einmal sah ich, wahrscheinlich in Folge des Druckes und der Einwirkung von Wasser, ein Bläschen platzen und das Stärkekorn heraustreten (fig. 19, i). Diess ist aber sicher nicht der normale Vorgang, sondern die Amylumkügelchen werden frei, dadurch, dass die Bläschen allmählig sich auflösen. Jene treten nun auf als einzelne Körner, wenn sie in den Bläschen einzeln oder zu mehrern lose beisammen lagen. Sie bleiben zu drei und mehr traubenförmig aneinander kleben, wenn sie gedrängt in den Bläschen standen.

Die Chlorophyllbildung tritt nur in den Blättern, und zwar immer nach der Amylumbildung auf. Sie scheint auf gleiche Weise vor sich zu gehen wie letztere. An derjenigen Stelle des Blattes, wo dasselbe allmählig sich grün färbt, findet man im Inhalte ausser den Amylumkügelchen (welche früher entstuhnden) Bläschen, an denen bloss ein grünlicher Inhalt zu erkennen ist, andere Bläschen, welche zwei bis drei oder mehrere grüne Körnchen enthalten; endlich freie Chlorophyllkörnchen, die einzeln sind oder zu vier bis acht aneinander hängen. Weiter nach unten im Blatte finden sich bloss freie

Chlorophyllkörnchen neben den Stärkekügelchen. Da die Mutterzellchen des Chlorophylls doppelt so klein sind als die des Amylums, so ist die Untersuchung sehr schwierig, und der Schluss wird bloss durch Analogie möglich, weil einzelne Zustände mit solchen der Stärkebildung übereinstimmen. Ich glaube mich durch dieselben aber zu der Annahme berechtigt, dass die Chlorophyllkörnchen in *Caulerpa* zu mehreren in besondern Schleimzellchen entstehen, welche später sich auflösen.

Da über die Bildungsgeschichte des Amylums und des Chlorophylls bis jetzt nichts beobachtet ist, so genügt es, hier bloss das Factum, als für eine Pflanzenzelle gültig, hinzustellen. Ich werde in einem folgenden Hefte dieser Zeitschrift noch einige andere Thatsachen über die Entwicklung dieser beiden Elementargebilde und ihr gegenseitiges Verhältniss mittheilen; — und wünsche, dass auch andere microscopische Forscher diesem neuen Punkte, für den man wohl nur zufällig brauchbare Facten findet, ihre Aufmerksamkeit zuwenden möchten.

Die Entstehung des Cautchouc scheint erst da statt zu haben, wo die Amylum- und Chlorophyllbildung vollendet ist. Erst dort finde ich mit Sicherheit die kleinen Körnchen im Inhalt; und erst von da an erhärtet derselbe im Wasser sichtbar.

Morphologie der Zelle.

Ich habe oben das Wachsthum der Zelle im Allgemeinen betrachtet, ich will hier das specifische Mass der einzelnen Erscheinungen zu bestimmen suchen. Das bestimmte relative Verhältniss der einzelnen Wachsthumsbewegungen erzeugt die Eigenthümlichkeit der Art. — *Caulerpa* beginnt als kleine rundliche Zelle, an der keine Dimension die übrigen um viel übertrifft, wenn eine Analogie mit andern einzelligen ganz nahe verwandten Pflanzen (Siphoneen) gestattet ist. Durch Differenzirung einzelner Punkte der ursprünglich gleichförmigen Membran treten nach einander die Verschiedenheiten der ausgebildeten Pflanze auf. — Zuerst beginnt in einem Punkte der rundlichen oder elliptischen Sporenzelle — im Gegensatze

zu allen übrigen ruhenden Punkten der Zellmembran — eine Neubildung von Membran, welche in dem gleichen Punkte gleichmässig fortdauert. Dadurch wird eine Achse erzeugt, an deren Ende der Lebenspunkt der Membranbildung befindlich ist. Dadurch ist zugleich das Princip des Wachstums in die Länge gegeben. Jene Neubildung der Membran dauert aber nicht bloss gleichmässig, sondern auch ohne Aufhören fort, und erzeugt dadurch eine unbegrenzte Stammachse.

Die durch das Spitzenwachsthum neu gebildeten Membrantheile dehnen sich aus. Diese Ausdehnung dauert für jeden Punkt eine Zeitlang an. Desswegen ist die Stammspitze conisch. Sie hört für jeden Punkt zu einer bestimmten Zeit auf, desswegen ist der Stamm cylindrisch. Würde sie immer fortdauern, so müsste der ganze Stamm eine conische Gestalt annehmen. Die bestimmte Gestaltung als Cylinder verdankt der Stamm somit einem neuen Unterschiede, nämlich dem zwischen den neu gebildeten Membrantheilen und den ältern. Jene dehnen sich eine bestimmte Zeit lang aus. Diese beharren in ihren Dimensionen. Dadurch, dass diess secundäre Wachsthum in den successiv entstehenden Membranstücken ein gleiches quantitatives Mass besitzt, wird der Stamm ein gleichmässiger Cylinder.

An der Stammachse tritt nun ein neuer Unterschied auf: zwischen der ganzen gleichförmigen Seitenfläche und einzelnen lebendigen Punkten an dieser Seitenfläche. Während die letztere bloss anfänglich sich ausdehnt und dann erstarrt, erheben sich jene bestimmten Punkte nach aussen, indem in jedem derselben eine Neubildung von Membran beginnt, und an dem Endpunkte der Erhebung fortdauert. Hierin liegt das Princip der Erzeugung neuer seitlicher Achsen oder der Verästelung einer primären Achse.

Eine fernere Differenz zwischen den einzelnen Seiten der cylindrischen Hauptachse bedingt das specifische Mass ihrer Verästelung. An den horizontal liegenden Stämm-

chen unterscheiden sich einmal die beiden verticalen Seitenflächen von der untern und der obern, indem jene keine lebensfähigen Punkte besitzen; es unterscheiden sich ferner die untere und die obere Fläche, indem sie Verästelungen von verschiedener Natur und auch in verschiedener Anzahl erzeugen.

Der wesentlichste Unterschied in den seitlichen Achsen liegt darin, ob die Neubildung von Membran an der Spitze ohne Ende fortdauert, oder ob dieselbe zu einer bestimmten Zeit nothwendig aufhöre, ob sie also ein unbegrenztes oder ein begrenztes Wachsthum besitzen. Im erstern Falle werden sie zu wahren Stämmchen, die sich in allem wie die ursprüngliche Achse der Pflanze verhalten, und die einfache Wiederholung der letztern sind. Im zweiten Falle werden sie zu Organen von bestimmter Länge und von abgeschlossener Form. Der erste sichtbare Unterschied zwischen den begrenzten Achsen selbst trifft die Zeit und den Ort ihres Ursprunges und die relative Menge. Die einen entstehen auf der untern Fläche des Stammes, früher und in grösserer Anzahl; die andern wachsen aus der obern Fläche, später und weniger zahlreich hervor. Eine andere und wesentlichere Differenz spricht sich in dem Spitzenwachsthum selbst aus. An den nach oben wachsenden Achsen dehnt es sich in die Breite, es schreitet in Gestalt einer horizontalen Linie fort. Bei den auf der untern Seite des Stämmchens stehenden Seitenachsen bleibt das Spitzenwachsthum punktförmig und gleichseitig. Die Folge davon ist dort die blattartige, hier die cylindrische Gestalt.

Betrachten wir die Wachsthumsgeschichte der einzelnen Organe selbst, so wiederholen sich fürs erste an Wurzel- und Blattachsen die zwei ersten Gegensätze, welche die Stammachsen zeigen, nämlich der zwischen membranbildendem Punctum vegetationis und der übrigen bloss ausdehnungsfähigen Membran, und ferner der zwischen sich

ausdehnender und beharrender Membran. Dadurch erhalten Wurzeln und Blätter eine längliche Gestalt, in der die Längsachse bedeutend den Breitendurchmesser überwiegt. Auch der Gegensatz zwischen der ganzen beharrenden Seitenfläche und einzelnen lebensfähigen Punkten, welche neue Tochterachsen erzeugen, wiederholt sich in Blatt und Wurzel. — Ausser diesen Gegensätzen treten noch andere an den begränzten Achsen auf, welche den unbegränzten Achsen theils ganz mangeln, theils bei denselben in modificirter Gestalt vorhanden sind.

Bei den Wurzelachsen ändert sich das Spitzenwachsthum fortwährend; es nimmt bis zu seinem Aufhören an Intensität ab. Dadurch erhalten die Wurzelachsen das eigenthümliche Ansehen, dass sie mit einer breiten Basis anfangen, allmählig dünner werden, und mit einer zarten Spitze auslaufen. Sie unterscheiden sich darin von den Stammachsen, bei welchen das Spitzenwachsthum unverändert bleibt, und daher einen gleichmässigen Cylinder erzeugt. Ob bei den Wurzeln die Abnahme des Durchmessers auf Rechnung einer Verminderung der Membranbildung oder der Ausdehnung oder beider zugleich zu setzen sei, ist ungewiss. — Die Differenzirung einzelner Punkte an der primären Wurzelachse, um secundäre Achsen zu erzeugen, erfolgt rings im ganzen Umfang; und begründet einen weitern Unterschied zwischen Wurzel und Stamm, an welchem letztern die Verästlungen der Zelle bloss nach zwei entgegengesetzten Seiten abgehen. — Die secundären und tertiären Wurzelachsen sind bloss die Wiederholung der primären Achse und verhalten sich wie diese.

Das Spitzenwachsthum der Blätter durch Neubildung von Membran unterscheidet sich ebenfalls so von dem der Stämme, dass es nicht gleichmässig fortschreitet, sondern dass eine Differenz in ihm auftritt. Diese Differenz ist aber eine andere als in den Wurzeln. Anfangs ist die Membranbildung des Blattes gleichseitig und erzeugt den cylindrischen Blatt-

stiel, nachher wird sie ungleichseitig, und erzeugt die platte Lamina. — Die Ausdehnung der Membran zeigt ebenfalls einen neuen Gegensatz; indem sie an den Seitentheilen der Blattfläche rascher und umfangreicher auftritt als in der Achse.

An der Blattfläche differenziren sich auch einige Punkte, um neue Achsen zu bilden. Diese morphologische Thätigkeit befolgt aber durchaus keine Regelmässigkeit, weder in der Menge, noch in der Stellung, noch in der Bedeutung der Achsen, da sie zwar meist Blätter sind, aber auch Stämme oder Wurzeln sein können.

Aus der Vergleichung der Differenzen, welche in dem Wachsthum der verschiedenen Achsen bestehen, lassen sich die Begriffe dieser Achsen oder Organe ableiten. Die Stämme sind nach vorn unbegrenzt wachsende horizontale Achsen, welche an der Spitze ohne Aufhören neue Membran bilden, und durch eine gleichmässige Ausdehnung dieser Membran zu Cylindern von homogener Dicke anwachsen, und an welchen hinter der durch Wachsthum fortschreitenden Spitze auf der obern Fläche eine Blattbildung, auf der untern Fläche eine Wurzelbildung gleichmässig nachrückt, durch fortgesetztes Auswachsen einzelner Punkte der Membran. Diess muss als der Begriff des Stammes von *Caulerpa* festgehalten werden. Es müssen hiebei einige nähere Bestimmungen gegeben werden. Zuerst ist zu bemerken, dass die unbegrenzt hinter der Stammspitze fortschreitende Wurzel- und Blattbildung nicht die einzige ist, sondern dass auch nachträglich noch einzelne neue Blätter oder Wurzeln zwischen den ältern entstehen. Untere und obere Fläche des Stämmchens behalten während ihrer ganzen Lebensdauer, wie es scheint, das Vermögen, noch aus einzelnen lebensfähigen Punkten neue Seitenachsen zu erzeugen. Diese scheinbare Ausnahme thut dem gegebenen Begriffe des Stammes keinen Eintrag, da er sie nicht nothwendig ausschliesst. — Die Wurzeln stehen auf der untern Fläche des

Stämmchens nicht in einer Linie, sondern auf einem longitudinalen Bande, das etwa $\frac{1}{4}$ der Peripherie betragen mag. Zuweilen zeigen sie eine regelmässige Lage, indem sie abwechselnd nach rechts und nach links von der Mittellinie abgehen. Meistens jedoch ist ihre Stellung ganz regellos. — Eine gleiche, bald regelmässige, bald unregelmässige Anordnung zeigen die Blätter auf der obern Stammseite. — Die secundären Stammachsen selbst entspringen aus der obern Fläche zwischen den Blättern, seltener aus der Seitenfläche, zwischen Blättern und Wurzeln. — Blätter und Wurzeln der gleichen Achse zeigen zu einander keine Gesetzmässigkeit. Die Wurzeln sind zahlreicher, aber ohne bestimmtes Verhältniss, es kommen drei, vier bis acht und zehn Wurzeln je auf ein Blatt. In der Regel entspricht die Stelle, wo oben ein Blatt abgeht, dem Zwischenraume zweier Wurzeln auf der untern Seite; aber auch das ist nicht constant.

Die Wurzeln sind begränzte Achsen, welche vertical nach unten sich verlängern, durch ein gleichseitiges continuirlich an Intensität abnehmendes Spitzenwachsthum conisch-cylindrisch werden, und an denen hinter der wachsenden Spitze eine allseitige Erzeugung von gleichartigen Achsen (Wurzeln) fortschreitet. Wie das Spitzenwachsthum begränzt ist, ist natürlich auch die Bildung der secundären Achsen begränzt. — Da in dem Begriff der Wurzel liegt, gleichartige Seitenachsen zu erzeugen, so ist darin zugleich enthalten, dass die letztern ebenfalls sich wieder verästeln können, und so fort. — Die Verästlung der primären Wurzelachse findet nicht bloss hinter der wachsenden Spitze statt, sondern, wie am Stamme, tritt sie noch nachträglich an beliebigen Stellen auf.

Die Blätter sind begränzte Achsen, die vertical nach oben sich verlängern und zuerst durch ein gleichseitiges und punktförmiges, dann durch ein ungleichzeitiges und linienförmiges Spitzen-

wachsthum die Gestalt einer cylindrisch-gestielten flachen Lamina erhalten. — Diess scheint mir der wesentliche Begriff des Blattes zu sein; die übrigen Erscheinungen, die dasselbe zeigt, deuten bloss Zufälligkeiten an, die eben so gut wegfallen können. Nur ist möglich, dass die ungleiche Ausdehnung in der Blattfläche noch in den Begriff aufgenommen werden muss. Ebenfalls ist vielleicht die Chlorophyllbildung, und noch eher die Sporenbildung, wovon unten, für das Blatt wesentlich. — Das Blatt ist entweder ganz einfach und ohne Verästelung (fig. 26) oder es erzeugt aus seinen Flächen, selten aus dem Rande neue Seitenachsen. Diese sind meist wieder Blätter, selten Stämme oder Wurzeln. Wenn ein Blatt mehrere Seitenachsen bildet, so geschieht es gewöhnlich von unten nach oben; doch entstehen zuweilen auch die untern nach den obern. — Die Verästelungen treten am Blatte häufig so auf, dass die beiden Blattflächen mit einander (fig. 22), oder dass an einer Fläche die rechte mit der linken Seite, oder die beiden Seiten mit der Mitte abwechseln (fig. 21). Aber eben so häufig als diese scheinbare Regelmässigkeit ist ein gänzlicher Mangel derselben (fig. 23, 24, 25), indem die eine Blattfläche zwei bis vier, die andere keine neuen Blätter trägt, oder indem dieselben zwar auf beiden Blattflächen aber nur links oder nur rechts von der Mittellinie stehen u. dgl. Im Ganzen lässt sich also in diesen Verhältnissen kein Gesetz nachweisen.

Es wäre hier vielleicht der Ort, noch auf einige merkwürdige Analogieen aufmerksam zu machen, welche *Caulerpa* als Zelle mit höhern aus Zellgewebe zusammengesetzten Pflanzen in Bezug auf die Bildungsweise der Organe besitzt. Wir finden, dass die Wachstumsgeschichte der Membran und die des Zellgewebes vollständig parallel gehen. Es ist diess besonders augenfällig, wenn man Pflanzen, wie z. B. die Florideen vergleicht, wo man die Zellenbildung genau studiren kann. Das Spitzenwachsthum äussert sich bei

den Florideen als Zellenbildung, in *Caulerpa* als Membranbildung. Die Verästlung geschieht bei den Florideen so, dass in einer besondern Zelle neue Zellenbildung, bei *Caulerpa*, dass in einem besondern Punkte der Wand neue Membranbildung auftritt. Die Stämme wachsen unbegrenzt: bei den Florideen entstehen in der Endzelle immerfort zwei neue Zellen, in *Caulerpa* bildet sich im Endpunkte unaufhörlich neue Membran. Die Blätter haben begränktes Wachsthum: bei den Florideen hört die Zellenbildung, in *Caulerpa* die Membranbildung zu einer bestimmten Zeit auf. Im Wachsthum sind zwei Momente zu unterscheiden, Neubildung und Ausdehnung: bei den Florideen der Zellen, in *Caulerpa* der Membranthteile. Die Analogie lässt sich selbst bis in die specifischen Eigenthümlichkeiten hinein verfolgen; denn es giebt Florideen mit horizontalen unbegrenzten Stämmen, begränzten Blättern, die nach oben, begränzten Wurzeln, die nach unten abgehen, mit Stämmen und Wurzeln von gleichseitiger Entwicklung und cylindrischer Gestalt und Blättern von ungleichseitiger Ausbildung und flacher Form. Hier könnten sogleich die für die Organe von *Caulerpa* angegebenen Begriffe gebraucht werden, wenn bloss das Wort Membranbildung mit Zellenbildung, und das Wort Punkt der Membran mit einfacher Zelle vertauscht würde.

Ich will aus der ganzen Menge von Betrachtungen, zu denen eine solche Parallele führen kann, bloss eine einzige herausnehmen. Wir haben in *Caulerpa* eine Pflanzenzelle kennen gelernt, welche ohne Ende an ihren Stammspitzen fortwächst, und welche, da sie, wie die übrigen perennirenden Pflanzen, namentlich wie diejenigen mit kriechenden Stämmen, nicht abstirbt, ein Alter von Jahrtausenden erreichen kann. Während dieser Zeit können aus einer einzigen ursprünglichen Pflanze ebenfalls bei Tausenden von neuen besondern Pflanzen hervorgehen. Eine unbegrenzte Seitenachse von *Caulerpa* tritt zuerst freilich als Ast und somit als Theil der gan-

zen Pflanze auf. Sobald er aber eine bestimmte Länge erreicht hat, so stirbt sein ältester Theil, mit dem er an der Hauptachse befestigt war, ab, und wird aufgelöst, — wie an allen Stämmen der hintere Theil fortwährend zu Grunde geht. Dadurch wird der Ast frei, und stellt nun eine besondere Pflanze dar. — Die Individualität der ganzen Pflanze ist seit einiger Zeit sehr zweifelhaft geworden, da der Unterschied vom Individuum mit vielen Achsen als Theilen zur Summe von getrennten und individuellen Achsen ohne Gränze ist. Der Begriff der Individualität im Pflanzenreich hatte daher seine Zuflucht bei dem Elementarorgane gesucht. Wir sehen nun, dass er auch in der Zelle sich nicht absolut festhalten lässt. Denn ein Individuum von *Caulerpa*, das eben noch eines ist, wird allmählig durch Ablösung eines unbegrenzten Astes zu zweien, genau wie diess bei einem Baum der Fall ist. Daraus ergibt sich deutlich, dass die Idee einer individuellen Gestaltung für die Zelle ebenso wenig als für die aus vielen Zellen zusammengesetzte Pflanze allgemein gültig ist, und dass die Individualität die Untheilbarkeit der Form nicht als wesentlichstes Moment in sich fasst, — oder vielmehr, dass sie überhaupt auf einer neuen und etwas weniger materiellen Basis aufgebaut werden muss. Es würde zu weit führen, wenn ich diess hier speciell durchführen wollte. Indem ich auf das oben pag. 6 über die „individuelle Wachstumsgeschichte“ Gesagte verweise, mache ich hier bloss darauf aufmerksam, dass z. B. in *Caulerpa* die Individualität nicht in diesem oder jenem Stämmchen von bestimmter Länge und Dicke, mit bestimmter Anzahl von Blättern und Wurzeln beruhen kann, — weil eben diese Eigenschaften nur die äusserlichen, veränderlichen und zufälligen, mit einem Worte, nur die temporären Erscheinungen der individuellen Thatsache sind. Ein Stämmchen von *Caulerpa*, wie es jetzt vor mir liegt, kann allerdings ein Individuum genannt werden, im Gegensatz zu andern Individuen. Es ist aber nicht das (ganze) Individuum, sonst wäre es vor einem Augenblick ein anderes

gewesen, es würde im nächsten Augenblicke wieder ein anderes. Ein bestimmtes Stämmchen von *Caulerpa* ist also nichts weiter als die momentane Erscheinung, unter der das bestimmte Individuum auftritt. Das Individuum wechselt un-
 aufhörlich in diesen Erscheinungen, weil continuirlich neue Theile an der Spitze gebildet, und fortwährend die ältesten Theile am hintern Ende aufgelöst werden. Das Individuum besteht also auch hier in der Summe aller Erscheinungen, oder in der totalen Lebensbewegung, in der bildenden Thätigkeit, welche in diesem Sinne allerdings als eine untheilbare und individuell verschiedene die einzelnen Stammachsen mit allen ihren Organen erzeugt. Die ganze Wachsthumsgeschichte, durch welche der specifice Begriff in die Erscheinung tritt und zwar in jedem einzelnen Falle auf eine eigenthümliche Weise, ist die wirkliche Individualität; sie kann nicht zerschnitten werden, ohne dass sie zu Grunde geht. Diese Lebensbewegung erzeugt dann aber aus sich neue Lebensbewegungen (Stammachsen), welche die erstere von Anfang bis zum Ende wiederholen, selbst etwas neues und individuelles sind, obgleich sie der materiellen Form nach noch längere oder kürzere Zeit mit der erstern verbunden bleiben. Sobald die Individualität als individuelle Bewegung aufgefasst wird, so kann kein Zweifel sein, dass sie der Zelle, dem Organ und der Pflanze als eine untheilbare zukömmt. Wird sie aber in der starren Form gesucht, so ist sie allerdings nicht vorhanden, weil durch diese nach Zufälligkeiten die Individuen als getrennt oder als frei erscheinen.

Fortpflanzung.

Bis jetzt hat niemand die Sporenzellen an *Caulerpa* gefunden. Ich habe ebenfalls vergeblich darnach gesucht, wenn nicht eine Beobachtung hierher gedeutet werden kann. In einem jungen Blatte sah ich neben der Spitze in dem durchsichtigen Rande grössere und kleinere, dunkle, scharfbegrenzte Kugeln

(fig. 16), welche auch weiter nach innen, wo der Zelleninhalt undurchsichtig wurde, noch vorzukommen schienen. Es ist möglich, dass diese Kugeln bloss Zusammenballungen von körnigem Inhalt sind, wie dieselben auch in andern Algenzellen, und besonders in Siphoneen in Folge von äusseren schädlichen Einwirkungen gefunden werden¹⁾. — Diese Kugeln könnten jedoch auch Sporen sein. Sie sind den Sporen der Siphoneen insofern ähnlich, als die letztern ebenfalls aus einer dicht mit körnigem und undurchsichtigem Inhalt erfüllten Zelle bestehen. Die letztern sind grün; jene Kugeln sind schwärzlich. Dieser Unterschied könnte darin seinen Grund haben, weil die Sporen der Siphoneen in grünen Partien der Zelle sich bilden, dagegen die Kugeln von *Caulerpa* in dem noch ungefärbten und bloss Amylum und Schleim enthaltenden Theile des Blattes lagen. Die Organe der Siphoneen, in denen die Sporen entstehen, müssen ebenfalls als Blätter betrachtet werden, weil sie seitliche und begränzte Achsen sind. Auch dieser Umstand würde also für die Analogie sprechen. Dagegen wird ein nicht unwichtiger Unterschied durch die Natur der Blattorgane in *Caulerpa* und den übrigen Siphoneen erzeugt. In diesen (z. B. *Bryopsis*) fallen die Blätter überhaupt, also auch die Sporenblätter ab. Dadurch werden die Sporen ausgestreut. In *Caulerpa* hingegen sind die Blätter persistent, und sterben von oben nach unten ab. Die Sporen könnten also erst nach langer Zeit, wenn die Blätter mit ihren derben Membranen und Fasern aufgelöst worden sind, zur Entwicklung gelangen. — Die Sache ist jedenfalls noch sehr problematisch. Die Kugeln sind vielleicht, wie schon angedeutet, eine zufällige Erscheinung und ohne Beziehung auf die Fortpflanzung. Dann mangeln noch die Sporen für das Genus *Caulerpa*; und es muss angenommen werden, dass eine Fructification sehr selten auftrete. Eine Annahme, die um so leichter ist, als *Caulerpa* die Bürgschaft ihrer Fortexistenz

1) Vgl. oben pag. 93.

und sogar ihrer Vermehrung in ihrem vegetativen Wachstum besitzt; und auch unter höhern Pflanzen einzelne vorkommen, welche selten fructificiren, und die Erhaltung der Art auf eine andere Weise erzielen.

Specificher Begriff.

Der spezifische Begriff¹⁾ ist die Wachstumsgeschichte in allgemeiner und absoluter Form, wie sie nämlich allen Individuen gemeinsam und aller individuellen Momente entledigt ist. Diese gesetzmässige Wachstumsgeschichte giebt sich, wie aus den beschriebenen Untersuchungen hervorgeht, in folgenden wesentlichen Merkmalen kund; sie mag zugleich eine Wiederholung der Hauptresultate sein.

Die ganze Pflanze besteht aus einer einzigen, verästelten Zelle, deren Achsen durch Neubildung von Membran und Ausdehnung der neugebildeten Membran bloss an der Spitze wachsen. Neue Achsen werden dadurch erzeugt, dass in einzelnen Punkten der Membran eine Neubildung von Membran beginnt. — Der neugebildete Endtheil einer Achse enthält homogenen Schleim. In demselben entstehen Schleimkörnchen und Zellchen, in welchen sich Amylumkügelchen und zuweilen Chlorophyllkügelchen bilden, und zuletzt Caoutchouckkörnchen. In dem noch fast homogenen Inhalte treten Fasern auf, welche frei durch das Lumen gehen, und entgegengesetzte Punkte der Membran miteinander verbinden; sie verdicken sich concentrisch, und bestehen aus Gallerte. An der innern Oberfläche der Zellmembran werden concentrische Schichten von Gallerte, nach aussen von der Zellmembran wird Extracellulärsubstanz abgelagert. — Es giebt dreierlei Achsen oder Organe. Die horizontale und cylindrische Stammachse wächst unbeschränkt und gleichseitig am vordern Ende, und stirbt fortwährend am hintern Ende ab; hinter der wachsenden Spitze erzeugt sie fortwährend auf der untern Fläche Wurzelachsen, auf

1) Vgl. oben pag. 8.

der obern Fläche Blattachsen. Die Wurzeln wachsen begränzt, vertical nach unten; das gleichseitige Wachsthum nimmt allmählig an Intensität ab und bildet conisch-cylindrische Achsen; durch Wiederhohlung der Achsen wird die Wurzel ästig. Die Blätter wachsen begränzt, vertical nach oben; das Spitzenwachsthum ist zuerst gleichseitig, und bildet einen cylindrischen Blattstiel, dann ungleichseitig (in die Breite gezogen), und bildet eine flächenartige Lamina mit grader oder gebogener Begränzung. — Die Fortpflanzung giebt sich kund, 1) als Wiederhohlung begränzter Achsen: in den Wurzeln und Blättern; 2) als Wiederhohlung von unbegränzten Achsen: von Stämmen. Bloss die letztere hat zugleich die Bedeutung der Erhaltung der Art. Eine andere Fortpflanzung ist mit Sicherheit noch nicht bekannt.

Diess ist, so viel sich mit Wahrscheinlichkeit vermuthen lässt, der specifische Begriff von *Caulerpa prolifera*; es ist aber noch nicht der differentiale Speciescharakter. Denn aus der Wachsthumsgeschichte ist erst das weggelassen, was als individuell erschien. Das Uebriggebliebene gehört theils der Species, theils dem Genus, theils der Familie und Klasse, oder der Pflanze überhaupt an. Es kann wohl mit mehr oder weniger Sicherheit bestimmt werden, was den einzelnen dieser Cathegorien zukömmt. Mit objektiver Gewissheit kann es erst dann geschehen, wenn die Wachsthumsgeschichte der verwandten Pflanzen, der übrigen Arten von *Caulerpa* und der nahe stehenden Genera eben so vollständig bekannt sein wird. Bis jetzt kann folgendes als ausgemacht angenommen werden. Das Genus *Caulerpa* darf nicht mit der Gattung *Ulva* in die gleiche Ordnung, oder gar in die gleiche Unterordnung zusammengestellt werden, wie es bis jetzt geschehen ist. Denn *Caulerpa* besteht aus einer einzigen Zelle, *Ulva* besteht aus einer Zellschicht; und die beiden Zellenarten sind ihrer Natur nach ganz verschieden. *Caulerpa* darf aber auch nicht eine besondere Ordnung bilden, wie *Greville* vorgeschlagen hat; sie würde von ihren natürlichen Verwandten, den Gattungen

Bryopsis, *Vaucheria*, *Valonia*, *Hydrogastrum*, *Codium*, *Flabellaria* getrennt; welche alle das mit *Caulerpa* gemein haben, dass sie aus einer einzigen Zelle, welche in einer oder in vielen Achsen durch Membranbildung an der Spitze wächst, gebildet sind. Alle genannten Gattungen müssen daher in eine Ordnung zusammengestellt werden, für welche der Name Siphoneen ganz passend ist. — Ausserdem giebt es bekanntlich noch eine Zahl von einzelligen Algen. Ich rechne dieselben alle zu der Ordnung der Diatomaceen, welche, um ganz natürlich zu werden, ausser den wahren Pflanzen, welche sie bis jetzt enthält, noch die einzelligen Gattungen der Nostochineen in ihren Begriff aufnehmen muss. Dann sind die beiden Ordnungen Diatomaceen und Siphoneen scharf von einander zu unterscheiden. Die Diatomaceen umfassen alle diejenigen einzelligen Algen, welche bloss durch allseitige Ausdehnung wachsen, und sich durch wandständige Zellenbildung um ganze (zwei, selten vier) Inhaltsportionen fortpflanzen. Die Siphoneen dagegen sind einzellige Algen, welche an den Achsenenden durch Neubildung von Membran und durch Ausdehnung der neu gebildeten Membran sich verlängern, und welche durch freie Zellenbildung im Innern des Inhaltes sich fortpflanzen. Es sind mir noch keine Siphoneen mit Sicherheit bekannt, welche eine blosser Ausdehnung der Membran besässen. Doch ist es leicht möglich, dass es solche giebt. Dann muss der Differentialcharakter von Diatomaceen und Siphoneen auf die Fructification beschränkt oder vielmehr erweitert werden, und es bleibt nur der Unterschied, dass die Diatomaceen durch Theilung sich vermehren, dass bei den Siphoneen dagegen die Sporen sich als freie runde Zellchen bilden.

Unter den Siphoneen zeichnet sich *Caulerpa* als generischer Begriff durch den horizontal und unbegrenzt wachsenden Stamm, welcher auf der obern Seite fort-

während begrenzte Blätter, auf der untern Seite fortwährend begrenzte Wurzeln erzeugt.

Wie sich *Caulerpa prolifera* als spezifischer Begriff von den übrigen Arten der Gattung unterscheidet, kann noch nicht bestimmt werden, weil von keiner andern Art das Wachstum bekannt ist. Der einzige Unterschied liegt vielleicht in der Entwicklungsgeschichte des Blattes. Für *Caulerpa prolifera* scheint vorzüglich charakteristisch zu sein, dass das Spitzenwachstum des Blattes ungetheilt bleibt, sich in die Breite dehnt und eine flache Lamina erzeugt, und dass an der Blattachse keine (zum Begriff des Blattes gehörige) Verästelung (die Erzeugung neuer vollständiger Blätter gehört nicht hieher) auftritt.

Erklärung von Tab. III.

Caulerpa prolifera Ag.

1. Durchschnitt durch ein Blatt, senkrecht auf die Blattfläche. a Extracellulärsubstanz. b Verdickungsschichten. c stärkere Fasern (Dicke = 0,002'''), welche die beiden Blattflächen verbinden. d Verbindungsfäserchen zwischen den Fasern.

2, 3. Ein Stück der Zellwandung stärker vergrößert (Dicke = 0,008''' — 0,010'''). a Extracellulärsubstanz, durch Ablagerungen von kohlen-saurem Kalk körnig. b Verdickungsschichten, gestreift, biegen sich unmittelbar an der Faser (fig. 2) oder in einiger Entfernung von derselben (fig. 3) nach innen. c Faser, zeigt in ihrem äussern Theile eine durch die Achse verlaufende dunkle Linie. m Zellmembran.

4. Wie fig. 2 und 3; der Schnitt ist schief geführt, so dass die Faser durchschnitten ist, woselbst sie ein dunkles Centrum zeigt.

5. Durchschnitte von Fasern innerhalb der Verholzung. a homogen mit einem dunklen Centrum. b concentrisch gestreift. c mit einem einzigen concentrischen Ring zwischen dem dunklen Centrum und der Peripherie.

6. Durchschnitt durch den Stamm. Die Fasern stehen in radialer Richtung auf der Membran, und anastomosiren vielfach mit einander.

7. Anastomosirende Fasern aus dem Stamme stärker vergrößert mit ganglienartigen Anschwellungen.

8, 9. Verbindungsstellen der Stammfasern; ein dreieckiger Raum zwischen ihnen ist mit dünnerer Gallerte erfüllt.

10. Ende eines Stammes. c wachsende Stammspitze. r, r junge Wurzeln. f, f junge Blätter.

11. Ein Blatt in seinem ersten Entstehen; es ist pfriemförmig.

12. Ein etwas älteres Blatt; es ist spatelförmig geworden.

13. Ein Blatt, das noch etwas älter und dessen Spitze eingedrückt ist. a Schleimzone, enthält nichts als homogenen, farblosen Schleim. b Schleimzone mit körnigem Schleim und mit jungen Fasern. c Amylumzone, weissgefärbt. d Chlorophyllzone, grüengefärbt.

14. Die Spitze von fig. 12 stärker vergrößert. Die Punkte bezeichnen die Fasern.

15. Die Spitze von fig. 13 stärker vergrößert; stellt die beiden Zonen a und b dar.

16. Rand eines jungen Blattes seitlich von der eingedrückten Spitze. a Extracellulärsubstanz. b Verdickungsschichten. c Schleimschicht. d Fasern. Dazwischen liegen dunkle Kugeln (Sporen?); vgl. pag. 160.

17. Ein Stück von fig. 16 nach Veränderung durch Endosmose stärker vergrößert. a Extracellulärsubstanz. b Verdickungsschichten erscheinen gekerbt. d Fasern. c Schleimschicht, hat sich wegen des eindringenden Wassers von der Membran zurückgezogen.

18. Senkrechter Durchschnitt durch eine wachsende Blatt-

spitze. a und b entsprechen den Zonen a und b in fig. 13 und in fig. 15.

19. Entwicklungsgeschichte des Amylum. a Zellchen mit homogenem Schleim; b mit körnigem Schleim; c, d, e mit körnigem Schleim und jungen Amylumkügelchen; f mit zwei Amylumkügelchen und wasserheller Flüssigkeit; g, h mit zwei Amylumkügelchen, welche das Zellchen ausfüllen, von zwei verschiedenen Seiten angesehen; i ein geplatztes Zellchen, welches das Amylumkügelchen heraustreten lässt; k, l mit mehreren Amylumkügelchen; m, n traubige Häufchen von Amylumkügelchen, an welchen das umschliessende Zellchen aufgelöst ist.

20—26. Blätter mit verschiedenartiger Prolifcation. Mit f' sind die auf der zugekehrten, mit f'' die auf der abgekehrten Fläche stehenden Blätter bezeichnet (vgl. pag. 157). 20, c ein Stamm, der durch Prolifcation aus einem Blatte entspringt. 26 ein Blatt mit cylindrischer Spitze.

