

Champignon, aus lauter solchen fadenförmigen Hyphen, die, dem Umriß folgend, zu Geweben verschmelzen. Auch unter den roten Meeresalgen oder Florideen gibt es sehr viele, deren Körper durch Verflechtung und Verwachsung anfangs getrennter Zellfäden aufgebaut wird. Die Characeen liefern ebenfalls ein eigentümliches Beispiel.

So einfach das mechanische Prinzip dieses Aufbaues ist — ein Prinzip, wie wir es auch an Kunstprodukten finden, beim Papier oder einem Stück Pappe, welches auch aus dünnen, biegsamen Fasern versflochten ist und doch Form und Festigkeit besitzt —, so rätselhaft ist doch bei den Pilzen oder Florideen das Zustandekommen der endlichen Formen. Denn man kann keine Antwort geben auf die Frage, was veranlaßt oder zwingt die Hyphen gerade so zu wachsen, daß sie ein ganz bestimmtes Gebäude wie nach einem Plane aufzuführen und daß die ganz ähnlichen Hyphengeflechte die aus den Sporen verschiedener Pilzarten entstehen, trotz ihrer Ähnlichkeit ganz verschieden stilisierte Bauwerke aufzuführen. Die Hyphenfäden einer Champignonspore werden immer wieder einen Champignon, niemals eine Clavaria erzeugen. Hier liegen Rätsel vor, die aufzuklären die Wissenschaft oft beängstigt. Mit vitalistischen Anschauungen ist hier wohl am allerwenigsten zu erreichen.

Gesetze der Gewebebildung.

Weder die Gliederungsfähigkeit der Einzelzelle, noch die Vereinigung zu Kolonien oder die Verwachsung von Hyphen ist ein ausreichendes Mittel, um Pflanzenformen von irgendwie erheblicher Größe und Standfestigkeit zu erzeugen. Dazu führt erst die Gewebebildung, welche darin besteht, daß Zellen, die sich durch Wandbildung teilen, miteinander in festem Verbande bleiben, in diesem Verbande wachsen und auch schichtweise Veränderungen unterliegen. Erst dadurch, daß dabei ganze

Gewebe sich in verschiedener Weise ausgestalten, ist auch eine Verteilung der verschiedenen Aufgaben und Arbeiten des Pflanzenkörpers möglich, womit eine größere Ökonomie und Leistungsfähigkeit erreicht wird. Während in der einzelnen Zelle alle physiologischen Leistungen auf diesem kleinen Raum zusammengedrängt werden müssen, ermöglicht die Gewebebildung eine Verteilung der Ernährung, der Stoffspeicherung,

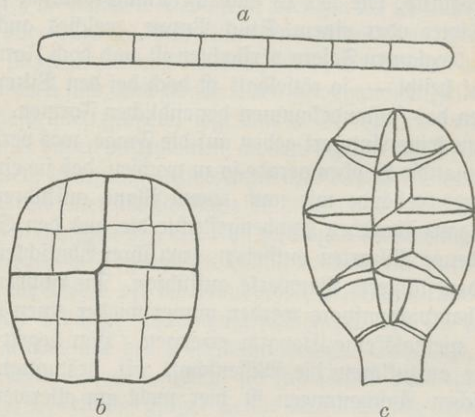


Fig. 7. Schema der Entstehung eines Zellfadens (a), einer Zellfläche (b) und eines Zellkörpers (c) durch Bildung von Zellwänden in gleicher oder verschiedener Richtung.

der Stoffleitung, der Fortpflanzung usw. auf verschiedene, dafür besonders ausgestaltete Gewebe. In dieser Gewebebildung offenbart die Pflanze wieder ganz unverkennbare eigene Charakterzüge auch gegenüber dem Tierkörper.

Der Unterschied eines Gewebes von den oben geschilderten als Kolonien bezeichneten lockeren Zellverbänden besteht also darin, daß bei der Vermehrung der Zellen eines Gewebes keine Trennung derselben erfolgt. Die Zellen eines Gewebes

vermehrten sich durch einen äußerlich einfachen Teilungsvorgang. In einer Zelle entsteht eine Teilungswand, die sie in zwei ungefähr gleiche Tochterzellen teilt, wobei Protoplasma und Zellkern ebenfalls durch Teilung gleichmäßig auf diese neuen Zellen verteilt werden. Indem dieser Prozeß bei vielen Zellen gleichzeitig vor sich geht und die durch Teilung verkleinerten Zellen zu ihrer ihnen eigenen Größe wieder heranwachsen, vergrößert sich der aus diesem Gewebe aufgebaute Pflanzenteil. (Vergl. Fig. 7 a und b.)

Diese Zellteilung ist ein Mittel, verschiedene Formen hervorzubringen. Erfolgt die Teilung stets in derselben Weise, sodaß die Zellwände alle parallel stehen, so entsteht ein Zellfaden. Findet in einem Zellgewebe Wandbildung nach zwei Richtungen des Raumes statt, sodaß die neuen Zellwände bald parallel, bald rechtwinkelig zueinander entstehen, so entsteht ein flächenförmiges Gewebe (Fig. 7 b). Das ist z. B. der Fall bei der Keimung der Farnsporen, aus denen ein kleines chlorophyllhaltiges Anfangsgebilde hervorwächst, welches Prothallium heißt¹⁾. Es besteht aus einer Zellschicht und stellt eine Zellfläche vor. Auch die Blätter vieler Lebermoose sind einfache Zellflächen. Finden Zellteilungen nach drei Raumerichtungen statt, so müssen körperliche, dicke Pflanzenformen entstehen, wie Stengel, Wurzeln, Knollen, doch können auch solche Körper dabei einen flachen Bau besitzen, wie die Blätter der höheren Pflanzen, die dennoch Zellkörper sind. Solche flachen Gebilde unterscheiden sich von einer einfachen Zellfläche immer dadurch, daß sie stets aus vielen übereinanderliegenden Zellschichten aufgebaut sind, was man auf einem Durchschnitte zur Anschauung bringen kann (vgl. Fig. 8).

Sowohl in den Ansichten einer Zellfläche, wie des Durchschnitte eines Zellkörpers bilden die Wände benachbarter Zellen

¹⁾ Sammlung Göschen 591, S. 143.

zusammenhängende Linien, welche einander geometrisch schneiden. Man nennt dieses Bild oft ein Zellnetz und das Zellnetz, welches bei den verschiedensten Pflanzenteilen die größte Verschiedenheit durch Größe und Aussehen der Zellen haben kann, zeigt doch wieder ganz merkwürdige, geometrische Überein-

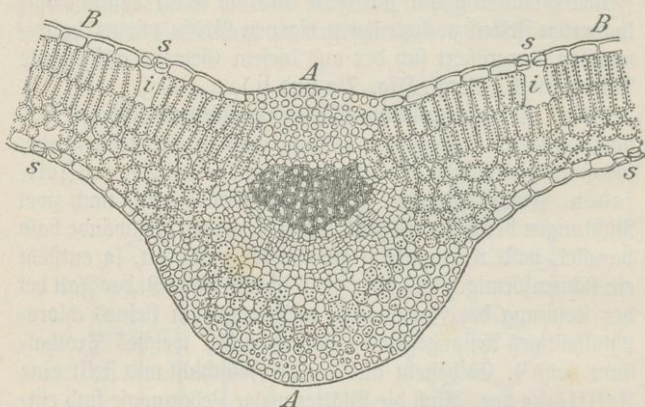


Fig. 8. Durchschnitt durch ein Sphagnumblatt. (Zellkörper aus verschiedenen Gewebeformen aufgebaut.) A Mittelrippe des Blattes, B chlorophyllhaltige Blattfläche, s Spaltöffnungen, i Atemhöhle. (Vgl. Sammlung Götschen 591, S. 11.)

stimmungen, auf die wenigstens hingedeutet werden soll. Man findet, daß solche Zellnetze verschiedenster Gewebe eine gewisse Ähnlichkeit besitzen und es empfiehlt sich, zu erläutern, worauf das beruht.

Die Ähnlichkeit verschiedener Zellnetze beruht darauf, daß in der Regel die neu entstehenden Zellwände auf den vorhandenen, an die sie sich anschließen, senkrecht stehen, sodaß sie mit ihnen rechte Winkel bilden. An dem Schema des Zellfadens (Fig. 7) ist das ohne weiteres zu sehen und es ist auch

begreiflich, daß der Zellverband durch diese rechtwinklige Schneidung der Zellwände eine größere Festigkeit erhalten muß, als wenn die Wände schief ständen, wodurch sie einem äußeren Druck weniger gut widerstehen würden. Aber auch bei verwickelteren Geweben ist dies Gesetz der Wandbildung meist erfüllt. Besonders auffallend tritt diese Tatsache hervor, wenn Gewebe von gekrümmten Zellflächen begrenzt sind. Da die Pflanzenorgane sehr selten von geraden Flächen begrenzt sind, kann man dafür leicht Beispiele finden. In diesen Fällen können die Teilwände nur dann senkrecht auf den Wänden des Umrisses stehen, wenn sie ebenfalls eine gekrümmte Form annehmen. Das tun sie in der Tat, wie einige Figuren erläutern sollen.

Nehmen wir an, eine große ovale Zelle soll durch Teilwände zu einer Gewebefläche werden, so können nur die ersten Wände aufeinander und gleichzeitig auf der Umrisslinie senkrecht stehen und dabei gerade bleiben (Fig. 9 A). Sollen in den vier nun durch Teilung gebildeten Zellen weitere Wände auftreten, so müssen sie, um der rechtwinkligen Schneidung zu genügen, Krümmungen machen (Fig. 9 B bei P). Tatsächlich liefern nun auch verschiedene wirkliche Pflanzenorgane ganz ähnliche Bilder. Fig. 9 A stellt einen jüngeren und Fig. 9 B einen älteren Keim von *Orobanche*, Fig. 10 dagegen die Entwicklung einer Brutknospe von *Marchantia* vor.

Wir finden also in ganz verschiedenen Pflanzenorganen dies Gesetz der rechtwinkligen Zellwandschneidung bestätigt.

Schon bei den hier abgebildeten, sehr kleinen pflanzlichen Körpergebilden zeigen die Zellnetze untereinander ähnliche charakteristische Liniensysteme, welche die Zellen oder ganze Zellenzüge umgrenzen. Dadurch tritt auf das deutlichste hervor, daß die Zellen schon durch den Teilungsvorgang zu einer sehr regelmäßigen Anordnung vorbereitet werden, die durch nachträgliche Verschiebungen beim Wachstum beendet wird.

Diese Anordnung fällt auch bei Durchschnitten durch größere Organe, z. B. Stengel oder Wurzelspitzen, oder von Querschnitten durch weiche und holzige Stämme ins Auge. Wir bilden hier die Längsschnitte durch das Ende sowohl eines Stengels wie einer Wurzel ab. In beiden ganz verschiedenen Organen durchschneiden sich die Zellwände überall rechtwinklig, was aber nur ein Ausdruck dafür ist, daß diese Gewebe aus lauter konzentrischen oder, geometrisch genauer ausgedrückt, konfokalen Zellschichten aufgebaut er-

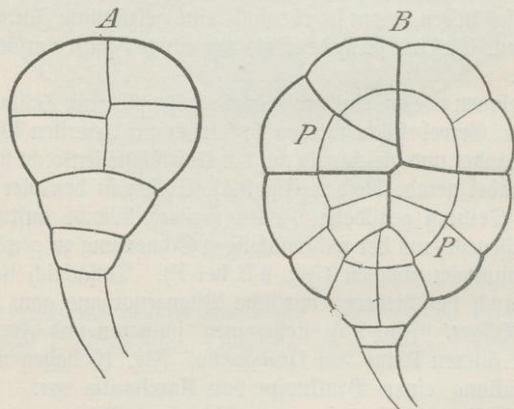


Fig. 9. A ein sehr junger, B ein älterer Embryo von *Drobanche*. (Nach Sachs.)

scheinen. (Vgl. den Sproß- und Wurzelvegetationspunkt Fig. 11 und 12.)

Konstruiert man nach geometrischen Methoden solche sich rechtwinklig schneidende krumme Linien-systeme, so sehen diese Konstruktionen, die doch nichts Lebendiges sind, Zellnetzen ungemein ähnlich. Diese Verhältnisse wenigstens zu kennen,

ist wichtig, um die richtige Vorstellung zu gewinnen, daß ein Gewebe nicht eine ungeordnete Zusammenhäufung von Zellen ist, sondern ein nach bestimmten Gesetzen entstehender und fortbestehender enger Verband, in dem eine Zelle von der andern auch räumlich abhängig ist.¹ Das durch bloße Konstru-

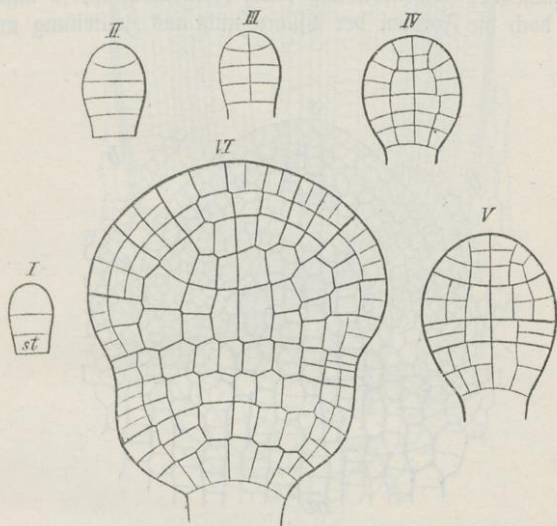


Fig. 10. Entwicklung einer Brutknospe von *Marchantia* in der Reihenfolge der Ziffern. Die Zellwände schneiden sich in Kurven. (Nach Sachs.)

tion hergestellte Schema (Fig. 13) mit rechtwinklig sich schneidenden Kurven gleicht auffallend dem Zellnetz des Vegetationspunktes einer Knospe (Fig. 22), ebenso wie das Schema (Fig. 14) dem Zellnetz einer Wurzelspitze (Fig. 12) gleicht.

Die Linien, welche dem Umfange der Figur gleichsinnig verlaufen, werden als Periklinen, die schneidenden Linien

Ganzen, Die Pflanze.

aber als Antiklinen bezeichnet. Ebenso kann man bei Pflanzenorganen die sich schneidenden Zellwandlinien bezeichnen, und der Verlauf der Periklinen ist ein Ausdruck für die Verteilung des Wachstums des betreffenden Organs. (Vgl. Fig. 13 und Fig. 22.) Aber so eindrucksvoll auch die Tatsache der Gewebebildung durch Zellteilung ist, so lassen sich doch die Formen der Pflanze nicht aus Zellteilung und

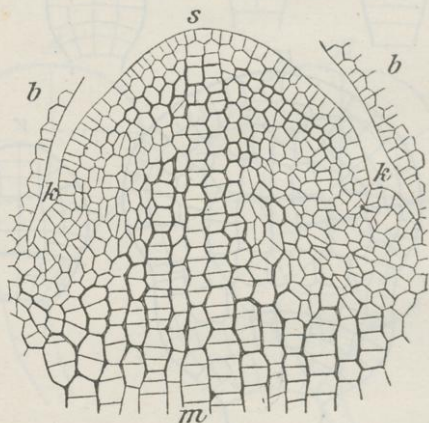


Fig. 11. Mikroskopisches Bild des Durchschnittees einer Stengelspitze (Vegetationspunkt) einer Bohnenkeimpflanze. s Scheitelfende, m inneres Gewebe des Stengels, b Teile der ersten Blätter, k Anlagen von Seitenzweigen in den Blattachseln. (Nach Sachs.)

Zellvermehrung erklären. Daß Zellteilung keine allgemeine Ursache der Formenbildung ist, ergibt sich aus der Betrachtung der Siphoneen, bei denen sich der Körper in mannigfacher Weise aus einer einzigen Schlauchzelle ohne jede Zellvermehrung ausgestaltet. Durch Zellteilung wird

nur die Körpermasse vermehrt und dadurch das Material für die Formenbildung geliefert. Wenn die Pflanzen nichts weiter könnten, als durch Zellteilung Gewebe bilden, dann würden nur wenige, geometrisch einfache Pflanzenformen existieren.

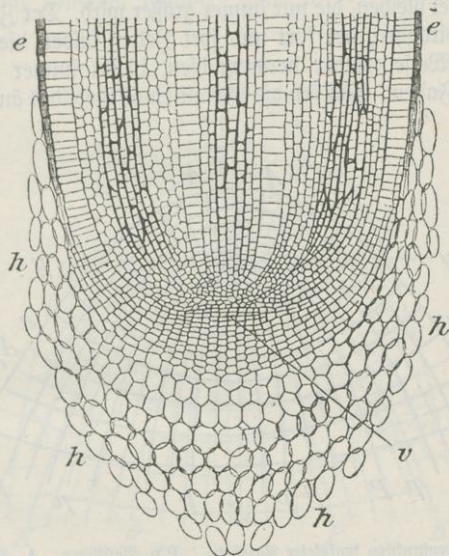


Fig. 12. Längsschnitt durch die Wurzelspitze (Vegetationspunkt) einer Maiskeimpflanze. e Oberhaut der Wurzel, v Ende des Vegetationspunktes, h Wurzelhaube. (Nach Sachs.)

Daher müssen also noch gestaltende Kräfte, Formenergie, wie man ziemlich unbestimmt sagt, hinzukommen. Wir kennen diese Kräfte nicht oder nur ganz ungenau, aber ihre Wirkungen sind uns bekannt, wir nennen sie Wachstum. Sollen Pflanzenformen entstehen, so muß Wachstum der Zellen und Gewebe

eintreten, denn wir verstehen unter Wachstum Änderungen des Volumens und der Gestalt. Durch Zellteilungen kann sich wohl das Volumen eines Pflanzenkörpers ändern, aber sie sind kein Grund zur Entstehung neuer Gestalten. Wenn ein kugelförmiger Körper neue Zellen ansetzt, dann kann er dabei doch eine Kugel bleiben, die nur immer größer wird. Der Zellsaden einer Spirogyra, der fort und fort Zellen bildet, die alle in gleicher Weise wieder heranwachsen, bleibt immer derselbe einfache Saden. Soll sich die Gestalt eines Gebildes ändern, so

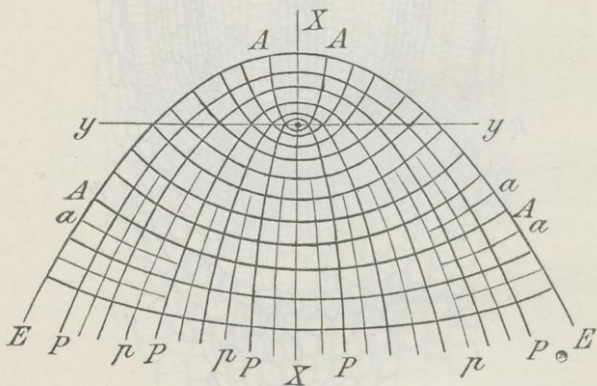


Fig. 13. Konstruktion konfokaler Parabeln. Pp Perifinnen, A Antifinnen, E Umrislinie, X Achse, yy Richtung der Parameters. Die Konstruktion gleicht dem Durchschnitt der Knospe Fig. 22. (Nach Sachs.)

muß sich das Wachstum an verschiedenen Stellen des Gebildes verschieden äußern. Wenn eine kugelförmige Zelle an ihrem ganzen Umfange überall gleichmäßig wächst, wird sie immer dieselbe Gestalt behalten. Wenn dagegen an dieser Kugel eine mittlere Zone allein durch starkes Wachstum ausgedehnt wird, so entsteht ein beiderseits abgerundeter Zylinder. Wächst da-

gegen nur eine polare Zone der Kugel, dann entsteht ein Schlauch, was wir bei einer keimenden Spore sehen. Für Gewebekörper wollen wir an einem einfachen Schema erläutern, daß die Gestalt nicht durch Zellteilung, sondern durch Wachstum zustande kommt. Links in der Fig. 15 ist ein

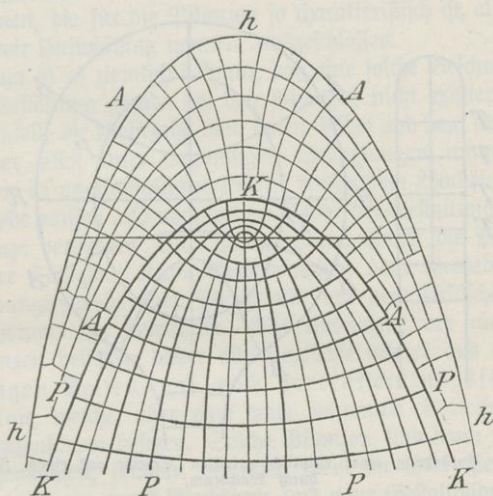


Fig. 14. Geometrische Konstruktion von sich schneidenden Parabelsystemen, welche dem Zellnetz einer Wurzel mit Wurzelhaube gleicht. P Periklinen, A Antiklinen, K K h h innere und äußere Umrisslinien. (Nach Sachs.).

Zellfaden schematisch dargestellt, welcher durch parallele Querwände TT und durch eine Flucht von Längswänden geteilt ist. Rechts ist derselbe Faden dargestellt, nachdem er zu einer gestielten elliptischen Scheibe geworden ist. Eine der früheren Querwände T, jetzt mit RR bezeichnet, ist gerade geblieben, ebenso die Flucht von Längswänden in der Rich-

tung der Längsachse der Ellipse. Die Zellen sind aber ganz verschieden gewachsen, sie haben sich zentrifugal ausgedehnt und dementsprechend mußten die anderen ursprünglichen Wände *T* eine Krümmung erfahren und haben jetzt die Form von Antiklinen *AA*, da sie nur auf diese Weise die äußeren Wände, die den Umriß des ganzen Gebildes ausmachen, rechtwinkelig

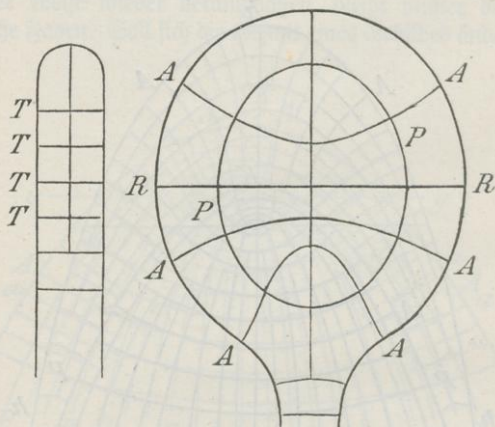


Fig. 15. Entstehung einer elliptisch getheilten Scheibe aus einem Zellsaden durch Wachstum.

schneiden, damit das Ganze mechanisch fest ist. *P* sind bei der Vermehrung der Zellen gebildete Periklinen.

Wir sehen an diesem Schema, daß Wachstum eine Gestalt verändern und zu einer andern umschaffen kann. Aber auch dadurch allein läßt sich nicht alle Mannigfaltigkeit der Pflanzengestalten, welche die Erde trägt, erklären. Denn die Gewebe haben gar nicht die Fähigkeit dauernden Wachstums. Die Formbildung der Pflanzen wäre also beschränkt. Wenn Zellen

wachsen, so tun sie das nur eine Zeillang, dann hören sie auf zu wachsen und sind ausgewachsen. Dasselbe ist der Fall bei ganzen Geweben. Auch diese gehen allmählich in den ausgewachsenen Zustand über und werden zu Dauergeweben. Damit ist aber ihre Gestaltungsfähigkeit zu Ende. Auf diese Weise könnten wohl Organe allmählich durch Wachstum fertiggestellt werden, es wäre aber eine Erneuerung von Organen, die für die Pflanzen so charakteristisch ist, also das, was wir Entwicklung nennen, ausgeschlossen.

Nun ist es ziemlich bekannt, daß eine solche Beschränkung der Gestaltung gerade bei den Pflanzen nicht existiert. Im Gegenteil, die Mehrzahl von ihnen bildet und baut an ihrem Körper selbst unter ungünstigen Bedingungen immer von neuem in unerschöpflicher Kraft. Außer dem Wachstum der Gewebe müssen also noch andere Mittel der Gestaltung in der Pflanze verborgen sein. Solche Mittel haben die Pflanzen in der Fähigkeit, kleine Gewebemassen oder Gewebekörper (Bildungsgewebe oder Meristeme) vor dem Erlöschen des Wachstums zu bewahren. Mit Ausnahme der niedersten Pflanzen bestehen daher alle Gewächse immer aus älteren, fertigen Teilen und noch fortentwicklungsfähigen Teilen, welche aber eine ganz bestimmte Verteilung am Pflanzenkörper besitzen. Solche Pflanzen sind dann niemals ausgewachsen, sondern beginnen meist an ihrer Peripherie periodisch ein neues Wachstum und neue Gestaltbildung wie das jeder Baum bei uns im Frühjahr erläutern kann.

Scheitelzellen, Vegetationspunkte und Verzweigung.

Es sollen diese ewig jungen Teile der Pflanzen etwas näher betrachtet werden, denn sie gerade dienen dazu, die Pflanze in ihrer Eigenart zu charakterisieren.