

Ueber die Vorkerne und die nacktfüssigen Zweige der Charen

von

N. Pringsheim.

Die Beobachtungen über die Keimung der Charen, welche Vaucher im Jahre 1821 veröffentlicht hat*), haben die erste thatsächliche Grundlage zu einer richtigen Würdigung der Fructificationsorgane dieser Pflanzen geliefert. Bestätigt wurden sie bald darauf durch Kaulfuss**), der seine Untersuchungen zwar erst 1825 bekannt machte, sie aber, wie es scheint, schon beendet hatte, noch bevor ihm der Aufsatz von Vaucher, welcher die erste Darstellung der Keimung enthielt, zugegangen war.

Durch diese Beobachtungen wurde zuerst die Keimfähigkeit der Sporenfrüchte der Charen dargethan und zugleich festgestellt, dass aus der keimenden Sporenfrucht stets nur eine einzige Pflanze hervorgehe.

Zahlreiche Beobachter haben später die Keimung der Charen von Neuem untersucht, und den Vorgang ohne Ausnahme wesentlich in völliger Uebereinstimmung mit den Angaben von Vaucher und Kaulfuss dargestellt.

Eine nähere, auf den genaueren Vorgang bei der Keimung bezügliche Angabe, welche die unmittelbare Bildung der Pflanze aus der keimenden Spore betrifft, hat bisher gleichfalls von den späteren Beobachtern keinen Widerspruch erfahren. Sie findet

*) Mémoires de la société de Physique de Genève. Tom. I. p. 1. 1821.

**) Erfahrungen über das Keimen der Charen. Leipzig 1825.

sich zuerst scharf ausgesprochen bei Bischoff, welcher nach einigen Bemerkungen über die von der zufälligen Lage der Spore herführende Richtung der jungen Pflanze in seiner Monographie der Charen hierüber Folgendes aussagt*): „In jedem Falle ist es jedoch „klar, dass bei den Chareen eine unmittelbare Entwicklung des „Keimpflänzchens aus der Spore Statt hat, ohne Spur eines primitiven Keimgebildes, wie es bei den übrigen Cryptogamen der „höheren Ordnungen der Fall ist, und auch dadurch wird der „Standpunkt dieser Pflanzen auf der Grenzscheide der beiden „Hauptabtheilungen des Gewächsreiches bekrundet.“

Jeder, der keimende Charen beobachtet hat, wird zugeben, dass diese Behauptung dem Eindrücke entspricht, welchen keimende Charen zunächst in dem Beobachter hervorrufen, und offenbar hat dieser Eindruck auch alle späteren Beobachter der Keimung verführt, denn diese weichen in ihrer Auffassung der aus der Spore hervortretenden Bildung nirgends von Bischoff ab.

Dennoch aber ist diese Auffassung falsch, und es ist gewiss, dass die erste Axe der Pflanze nicht unmittelbar aus der Spore hervorgeht, sondern dass auch bei den Charen, wie bei den übrigen höheren Cryptogamen, bei der Keimung zuerst ein Vorkeim gebildet wird, aus welchem erst später die Pflanze durch eine normale Knospung hervorsprosst.

Der Beweis für diese Behauptung, den der vorliegende Aufsatz bezweckt, führt auf die Wachstumsgeschichte der Charenspresse, deren vollendete Darstellung wir Alex. Braun**) verdanken, zurück. Er verlangt ferner ein ausführliches Eingehen auf die Bildung und den Bau der aus den Knoten und in den Blattachsen der Charen sich erhebenden Seitenzweige.

Den allgemeinen Bau der Charen kann ich als bekannt voraussetzen, dagegen glaube ich wenigstens die Hauptzüge aus der Entwicklungsgeschichte der Sprosse hier vorausschicken zu müssen, da ihre Kenntniss eine nothwendige Grundlage für das richtige Verständniss der Vorkeime bildet.

I. Die Sprosse der Charen enden — wie die beblätterten Sprosse der Cormophyten überhaupt — mit einem Vegetationskegel, von

*) Die cryptogamischen Gewächse; erste Lieferung: Chareen und Equiseten. Nürnberg, 1823. Seite 10.

**) Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Monatsberichte der Berliner Academie vom Jahre 1852 und 1853.

welchem die Bildung sämtlicher Theile, der Internodien, der Knoten und der Blätter mittelbar oder unmittelbar ausgeht.

Jede Terminalspitze eines wachsenden Charenzweiges läuft daher in eine offene Knospe aus (X. 5. 6. XIII. 4.), die in ihrer morphologischen Gliederung vollkommen der Terminalknospe eines Phanerogamenzweiges entspricht. Ebenso beginnt jeder normale Seitenzweig der Charen mit einer in der Achsel oder am Grunde der Blätter verborgenen Knospe (X. 1. c. XIII. 4. g.), deren Vegetationskegel von seiner ersten Entstehung aus dem Stammknoten an deutlich wahrgenommen wird.

Es unterscheiden sich aber die Sprosse der Charen von den Sprossen der Gewächse höherer Ordnungen durch den für die Untersuchung ihrer Entwicklung höchst günstigen Umstand, dass ihre Bildungscentra nicht von complexen Zellkörpern, sondern nur von einzelnen Zellen gebildet werden.

Der Vegetationskegel, welcher sich an der Spitze eines jeden Sprosses, einer jeden Knospe der Charen finden muss, besteht daher bei den Sprossen und Knospen der Charen nur aus einer einzigen Zelle — der Vegetationszelle — die stets vorhanden sich immer deutlich über die jüngsten Blattanlagen erhebt (v. Fig. 6. Taf. X. und Fig. 4. u. 6. Taf. XIII.)

Die ersten Anlagen zu den primären Gliedern sind wieder einzelne Zellen, die unmittelbar durch aufeinander folgende Theilungen aus der Vegetationszelle hervorgehen (o. Fig. 6. Taf. X. und i. Fig. 4. Taf. XIII.). Diese primären Gliederzellen theilen sich wieder durch eine Scheidewand in zwei übereinander stehende ungleiche Zellen, von welchen die untere und zugleich niedrigere ohne weitere Theilung zu der langen Internodialzelle der Charen auswächst, während die obere, höhere, zur primären Knotenzelle wird. Die Knoten sind daher bei ihrer Entstehung schon im einzelligen Zustande als solche erkennbar und werden erst später durch secundäre Bildung von zunächst senkrechten Scheidewänden in der primären Knotenzelle (X. 6. XIII. 4. 6.) zu dem complicirten Zellkörper umgebildet, den sie später darstellen und dessen Bildungsgeschichte bisher noch nicht über die ersten Stadien seiner Entwicklung hinaus hat fortgeführt werden können.

Die Blätter treten als einzelne Zellen aus dem Knoten hervor (f. f. in Fig. 6. Taf. XIII.), und zwar sind es die peripherischen Zellen der Knoten selbst, welche sich erhebend zu den Blattanlagen werden, die alsdann nach einem Wachstumsgesetze,

welches von dem der Axe wesentlich verschieden ist, sich in die fertigen Blätter umbilden.

Da aber die peripherischen Zellen der Knoten nicht durch simultane, sondern durch succedane Theilung in der primären Knotenzelle entstehen, so treten auch die einzelnen Blätter desselben Blattkreises nicht gleichzeitig, sondern nach einander aus dem Knoten hervor (XIII. 6.), und dies verschiedene Alter der Blätter desselben Blattkreises macht sich bei den jüngsten Blattkreisen noch auffallend durch die verschiedene Grösse und Ausbildung der dem Blattkreise angehörigen Blätter bemerkbar (X. 6. der entstehende Blattkreis f., XIII. 5. der Blattkreis g. und X. 5.). Allein im Laufe der weiteren Entwicklung verschwindet sehr bald dieser Altersunterschied, und ältere Blattkreise — vom dritt- bis viert-jüngsten an — zeigen nur noch geringe Spuren dieser ursprünglichen Verschiedenheit, und auch diese verschwinden bei der gleichartigen Ausbildung, welche später die Blätter desselben Kreises gesetzmässig erhalten, schliesslich ganz (XIII. 4. die Terminalknospe).

Die Stengelberindung der berindeten Charen endlich, welche ich hier noch mit einigen Worten berühren muss, wird, wie schon Varley*) wusste, von einzelnen, gleichartig gebauten Zellsträngen gebildet, die durch ihre Verwachsung die geschlossene, das Internodium völlig bekleidende Rindendecke darstellen. Jene Zellstränge, welche Alex. Braun „Rindenlappen“ oder „Rindensegmente“ genannt hat, nehmen ihren Ursprung aus dem Knoten am Grunde der Blätter (XIII. 4. d, a.), indem von jedem Blatte am Knoten ein Rindensegment aufsteigend an das nächst obere, und eines absteigend an das nächst untere Internodium sich anlegt. Nur dem ältesten Blatte des Knotens, in dessen Achsel die erste normale Seitenknospe steht, fehlt das eine, und zwar das aufsteigende Rindensegment. Die von einem Knoten absteigenden Rindensegmente (in der Fig. 4. Taf. XIII. von den sichtbaren die drei oberen bei d.), deren Zahl also der Anzahl der Blätter des Knotens gleichkommt, verwachsen in der Mitte des unter dem Knoten befindlichen Gliedes mit den an diesem Gliede von dem nächst unteren Knoten aufsteigenden Rindensegmenten (in der Fig. 4. Taf. XIII. von den sichtbaren die drei unteren bei a.), deren Zahl jedoch, wie aus der vorbergehenden Angabe folgt, um eins geringer ist, als die Zahl der Blätter, welche der Knoten trägt.

*) On Chara vulgaris; in Transactions of the Microscopical society of London. Vol. II. (1849).

Es ist dieser Vorgang jedoch nicht so zu verstehen, als ob das zuvor gestreckte, noch nackte Glied von seinen beiden begrenzenden Knoten aus nachträglich mit den Rindensegmenten bekleidet würde, sondern die Entstehung der Rinde beginnt stets in einem sehr frühen Entwicklungsstadium, unmittelbar nach Anlegung des Gliedes. Noch bevor dessen Streckung erfolgt ist, treten schon aus seinem oberen und unteren Knoten die ersten Zellen der Rindensegmente hervor und greifen, das äusserst kurze Glied bedeckend, sogleich mit ihren Enden kammartig ineinander. Es erscheinen daher die Glieder schon von ihrer frühesten Jugend an berindet, und mit der späteren Streckung und Ausdehnung des jungen, berindeten Gliedes hält dann die Ausbildung seiner Rinde, d. h. die Zelltheilung in den primären Zellen der einzelnen Rindensegmente (a. d. in Fig. 4. Taf. XIII.) und die darauf folgende Streckung bestimmter Zellen der Rinde, gleichen Schritt.

In ähnlicher Weise geht auch die Berindung der Blattglieder von den beiden das Blattglied begrenzenden Knoten aus und die Berindung eines jeden Gliedes gehört daher bei Zweigen und Blättern (XIII. 1.) ihrer Entstehung nach beiden das Glied begrenzenden Knoten, zur Hälfte dem oberen, zur Hälfte dem unteren, an. Nur das unterste Glied eines jeden Seitenzweiges und eines jeden Blattes (XIII. 1. u. u.; X. 1. u.) macht hiervon eine hier besonders hervorzuhebende Ausnahme, indem dessen vollständige Berindung, wenn sie überhaupt vorhanden ist, ausschliesslich von seinem oberen Knoten ausgeht.

Hiernach wird es leicht sein, sich eine richtige Vorstellung von der Beschaffenheit der Spitze eines normalen, fortwachsenden, oder beginnenden Charensprosses zu machen.

Wesentlich ist nur, dass der Spross mit einem deutlich über die jüngsten Blattanlagen sich erhebenden, von einer einzigen Zelle gebildeten Vegetationskegel — der mehrfach erwähnten Vegetationszelle — enden muss.

Bei beginnenden Sprossen in den Achseln der Blätter besteht der ganze Sprossanfang nachweislich nur aus dieser einen Vegetationszelle, zu welcher eine sich erhebende Zelle des Knotens in der Achsel oder am Grunde eines Blattes geworden ist. Je nach dem vorgeschrittenen Entwicklungszustande des Sprosses finden sich dann unterhalb dieser Vegetationszelle eine geringere oder grössere Anzahl angelegter Glieder und Knoten mit deren mehr

oder weniger entwickelten Blattanlagen vor (XIII. 4. g.; 6. v. X. 1. c.; 6. 5. XIII. 4.).

Die bisher besprochenen Bildungsvorgänge der Charensprosse hat, wie ich bereits erwähnte, Alex. Braun in einer musterhaften Ausführung, welcher ich nach vielfach wiederholten eigenen Untersuchungen nichts Neues hinzuzufügen vermag, zuerst dargelegt. In Bezug auf alle specielleren, im Vorigen nicht berührten Verhältnisse muss ich daher auf die beiden schon genannten Aufsätze von Braun verweisen, glaube aber, dass der obige, nur ganz allgemein gehaltene Umriss mit Hülfe der beigegebenen Figuren wenigstens genügen wird, um die folgenden Beobachtungen, die sich zunächst auf *Chara fragilis* beziehen, verständlich zu machen.

II. An Exemplaren dieser Art, die an ihren Standorten unter natürlichen Verhältnissen gewachsen sind, findet man regelmässig aus jedem Blattwinkel nur einen einzigen Seitenzweig sich erheben, welcher, wie Braun gleichfalls nachwies, in der Achsel des ältesten Blattes steht. Dieser Zweig, welchen ich als den „normalen Seitenzweig“ bezeichnen will, unterscheidet sich in keiner Weise von seinem Mutterzweig. In Bezug auf seinen Bau und seine Entwicklung gilt Alles, was im Vorhergehenden überhaupt von der Entwicklung der Charensprosse ausgesagt worden ist. Dass die Berindung seines untersten Gliedes nur von seinem oberen Knoten ausgeht, ist bereits erwähnt und als für alle Seitenzweige gültig ausgesprochen worden. Schon der erste Blattquirl, den er trägt, ist in Rücksicht auf die Zahl und Ausbildung seiner Blätter vollständig normal. Sucht man ihn in seinen frühesten Knospenzuständen in der Achsel des ältesten Blattes junger Quirle an der Spitze wachsender Sprosse auf, so findet man eine volle Uebereinstimmung dieser Axillarknospen mit den Terminalknospen wachsender Sprosse (XIII. 4. g.).

So verhält es sich regelmässig an jungen, unter den natürlichen Verhältnissen wachsenden Pflanzen.

Werden aber die Pflanzen älter, namentlich wenn sie überwintern, oder unter besonderen, künstlich herbeigeführten Umständen, die ich später besprechen werde, auch an jüngeren Pflanzen, dann sieht man bei *Chara fragilis* aus demselben Knoten ausser jenem ersten, normalen Seitenzweige in der Achsel des ältesten Blattes noch mehrere und oft zahlreiche Zweige, und jetzt nicht mehr ausschliesslich in der Achsel des ältesten Blattes, sondern

auch aus den Achseln und am Grunde jüngerer Blätter des Quirles hervortreten.

Diese nachgeborenen Seitenzweige erscheinen aber mehr oder weniger abnorm verändert, und eine genaue Untersuchung zeigt, dass unter ihnen zweierlei Bildungen von morphologisch verschiedenem Werthe auftreten.

Ich werde die einen, die sich nur durch geringere Abweichungen, namentlich durch die mangelhafte Entwicklung der Rinde ihrer unteren Theile, von den normalen Zweigen unterscheiden, „nacktfüssige Zweige“, die anderen dagegen, deren Bildungsgesetz, wie ich zeigen werde, von dem der Sprosse überhaupt abweicht, „Zweigvorkerne“ nennen.

Sämmtliche Abweichungen der nacktfüssigen Zweige rühren von einer Verkümmernng der Knoten ihres untersten Stengelgliedes und Blattquirles, seltener noch der folgenden Glieder und Quirle her. — Diese macht sich an den Stengelknoten nur durch die erwähnte mangelhafte, oder abnorme Entwicklung, oder das gänzliche Fehlschlagen der Berindung geltend; bei den Blättern — wie meist bei denen des ersten Quirles — oft sogar durch die gänzliche Unterdrückung der Knoten überhaupt. Hin und wieder zeigt sich bei ihnen ausserdem ausnahmsweise auch noch eine relativ verschiedene Ausbildung der einzelnen Blätter der ersten Quirle in Bezug auf ihre Grösse und die Anzahl ihrer Glieder.

Die äusseren Erscheinungen, welche durch die völlige Unterdrückung oder die unvollkommene Ausbildung der Knoten an den erwachsenen, nacktfüssigen Zweigen hervorgerufen werden, sind so mannigfaltiger Art, dass die Aufzählung und Beschreibung aller beobachteten Fälle viel zu sehr ins Einzelne führen würde; denn die Ausbildung nächst benachbarter und übereinander stehender Knoten ist gegenseitig von einander ganz unabhängig; dies ruft aber die mannigfaltigsten Combinationen nackter und theilweise oder vollkommen berindeter Blätter in demselben Blattquirle und über gar nicht oder nur unvollkommen berindeten Stengelgliedern hervor, und an den einzelnen Blättern entstehen hierdurch oft die sonderbarsten Berindungserscheinungen, indem z. B. hin und wieder mitten in einem sonst völlig nackten Blatte ein halbes Glied von dem einen Knoten aus normal berindet erscheint (XIII. 2. o.), während nicht nur der andere das Glied begrenzende Knoten,

sondern alle übrigen Knoten dieses Blattes überhaupt gänzlich fehlen*).

Zur Versinnlichung des Gesagten mögen hier noch einige kurze Beschreibungen der gewöhnlichsten Fälle folgen.

Sehr häufig ist (X. 3. r., 4. r. r., 5.) das unterste Glied völlig nackt und trägt einen Quirl ebenfalls ganz nackter Blätter, deren Glieder ohne Zwischenknoten auf einander folgen. Hier unterblieb daher die Theilung der primären Gliederzellen gleichmässig in allen Blättern des Quirls.

Oder: (XIII. 2. 3.) das nackte unterste Glied trägt einen Blattquirl, dessen einzelne Blätter sich unter einander verschieden verhalten, indem einige ganz oder theilweise berindet, andere dagegen völlig nackt sind.

Oder drittens: auf dem untersten Gliede, dessen Berindung eine unvollständige ist, oder sich in freie Rindenlappen aufgelöst zeigt (X. 2. r., XIII. 1.), steht ein Kreis normal oder ungleichartig berindeter Blätter. In den meisten Fällen zeigen dann von dem folgenden, zweiten Gliede an sämtliche Theile die völlig normale Ausbildung berindeter Sprosse, oder weichen von diesen nur schon weniger ab.

Die zuletzt erwähnte, ursprüngliche Auflösung der Stengelrinde in freie Rindensegmente (XIII. 1. 2. 3.) ist eine bei den nacktfüssigen Zweigen überaus häufig eintretende Erscheinung. Sie darf nicht mit dem späteren Zerfallen einer vorher völlig zusammenhängenden Rinde in die einzelnen, constituirenden Elemente verwechselt werden. Dieses von anderen Beobachtern, so auch von Karl Müller**) an cultivirten Charen längst beobachtete Phaenomen wird an alten, normal berindeten Charensprossen später gleichfalls häufig wahrgenommen und beruht auf einer nachträglichen, ungleichmässigen Ausdehnung und Streckung des von der Rinde bekleideten Schlauches und der einzelnen Theile der bekleidenden Rinde, wodurch diese sich natürlich sowohl vom Schlauche loslösen, als auch in die ungleichartig wachsenden Theile trennen muss. Die ursprüngliche Auflösung der Rinde in die

*) Da die Knoten, wie bereits früher mitgetheilt wurde, ursprünglich durch die Theilung der primären Gliederzellen in eine Internodial- und eine Knotenzelle angelegt werden, so geht aus dem im Text angeführten Beispiel hervor, dass auch die spätere Theilung der primären Gliederzellen von einander ganz unabhängig erfolgt.

**) Bot. Zeit. von Mohl und Schlecht. 1845, S. 430.

freien Rindensegmente, von der hier die Rede ist, wird dagegen durch die gleich bei der Bildung der Rinde unterbliebene Zusammenschliessung der Rindensegmente hervorgerufen und tritt nur an den untersten Gliedern von Seitenzweigen auf.

Die Rindensegmente entstehen nämlich in solchem Falle in ganz regelmässiger Weise am Grunde der einzelnen Blätter des über dem nackten Stengelglied befindlichen Knotens, allein sie legen sich nur unvollständig (X. 2.) oder gar nicht (rs. rs. . . in XIII. 1. 2. 3.) an das Glied, welches sie bekleiden sollen, an, sondern erwachsen, indem sie eine von dem Gliede abgewendete Richtung verfolgen, zu isolirten und völlig freien Rindensegmenten, die eine sehr verschiedene Länge erreichen können.

Wenn man sich erinnert, dass die untersten Glieder der Seitenzweige überhaupt, auch die der normal berindeten, ihre Berindung nur von dem oberen Knoten aus erhalten, so wird die freie Ausbildung dieser absteigenden Rindensegmente, die in ihrer Lage und Wachstumsrichtung nicht von ihnen entgegenkommenden, aufsteigenden Rindensegmenten festgehalten werden, weniger auffallend erscheinen.

Die Bildung dieser freien Rindensegmente und die Erscheinungen abnormer Ausbildung der Rinde an den unteren Theilen nacktfüssiger Zweige überhaupt sind sehr geeignet, über den Vorgang der Berindung bei den Charen völlig aufzuklären, und die Ergebnisse ihrer Untersuchung bestätigen vollkommen die aus dem Verfolge der Entwicklung normaler Berindung von Alex. Braun*) gezogenen Schlüsse.

Wie aus diesen Andeutungen über die Ursachen der Abnormitäten nacktfüssiger Zweige hervorgeht, erscheinen diese nur als unwesentlich modificirte Sprosse. Denn die erlittenen Abänderungen können ihren Werth als wahre Sprosse nicht beeinträchtigen, da sie in der Entwicklung ihrer morphologischen Gliederungen aus der Vegetationszelle das normale, für alle Charen-Sprosse gültige Wachsthumsgesetz befolgen.

Sucht man ihre Anfänge dort, wo nacktfüssige Zweige sich bilden, auf, so findet man die Knospen, aus denen sie entstehen, mit alleiniger Ausnahme der auf die Berindung bezüglichen Theile, in allen Entwicklungsstadien den Axillarknospen für die normalen

*) Ueber die in den Rindensegmenten eintretenden Bildungsvorgänge sehe man das Nähere in den angeführten Aufsätzen von A. Braun an den betreffenden Stellen (Seite 36—33 und 41—45 des Separatabdruckes) nach.

berindeten Seitenzweige und den Terminalknospen wachsender Zweige völlig gleichartig gebaut, namentlich sieht man sie immer mit einer Vegetationszelle endigen, die sich deutlich über die jüngsten Blattanlagen erhebt und die von dem ersten Hervortreten der Seitenzweige aus dem Stammknoten an in keinem Stadium der Entwicklung vermisst wird (X. 1. c.; XIII. 6. v.)

III. Durchaus anders verhalten sich dagegen jene Bildungen, welche ich Zweigvorkeime genannt habe und die unter besonderen Umständen neben den normalen und nacktfüssigen Zweigen an den Knoten älterer Pflanzen hervortreten.

Sie gehen zwar an ihren höheren Theilen gleichfalls, wenigstens scheinbar, in normale Charen-Zweige über, allein ihre unteren Theile zeigen, auch wenn man zunächst von der Entwicklung absieht, schon im Bau der Glieder und Knoten eine durchaus fremdartige, abnorme Beschaffenheit.

Während jeder wahre Seitenzweig der *Chara fragilis* mit einem deutlichen Gliede beginnt, welches durch die die Glieder der Charen kennzeichnenden Chlorophyllreihen seine grüne Farbe erhält und sogleich über sich den ersten mit Blättern versehenen Knoten trägt (X. 2. r.; 3. r.; 4. r. r.), beginnen die Zweigvorkeime (pt. in X. 2. 3.; IX. 5. 6. 7.) mit einem farblosen, kürzeren oder längeren Gliede (in sämtlichen Figuren der Vorkeime gleichmässig mit i bezeichnet), auf welches zunächst nur ein höchst mangelhaft ausgebildeter und stets blattloser Knoten (durchgehends mit d bezeichnet) folgt, der auch ganz fehlen oder durch eine gliedartig verlängerte Zelle ersetzt sein kann. — Hierauf folgt dann ein mehr oder weniger gestrecktes, noch nacktes Glied, welches seiner äusseren Erscheinung nach schon den Stengelgliedern der Charen mehr gleicht (durchgehends mit q bezeichnet), und erst dieses Glied trägt nun scheinbar den ersten Blattkreis (bei g. oder v. der betreffenden Figuren). — Aber auch dieser fällt noch durch eine ungleichartige Entwicklung der Theile auf, die niemals an einem wahren Sprosse wahrgenommen wird. Unter seinen ihm scheinbar zugehörigen Blättern zeichnet sich nämlich ein einziges (durchgehends mit pt. bezeichnet) vor allen übrigen durch eine ganz unverhältnissmässige Entwicklung aus, die alle etwa hier und da bei normalen Blattquirlen vorkommenden Ungleichheiten zwischen den Blättern eines Quirles weitaus übertrifft. — Erst von hier an wird der Zweig völlig normal (XI. Fig. 13. u. 14.), das heisst seine folgenden Glieder, Knoten und Blätter verhalten sich ge-

nau wie die ersten Glieder, Knoten und Blätter der gewöhnlichen, nacktfüssigen oder berindeten Seitenzweige, so dass es offenbar den Anschein gewinnt, als ob der eigentliche Zweig erst als Seitenzweig in der Achsel des erwähnten, übermässig entwickelten Blattes (pt.) des ersten Blattquirles seinen Ursprung nimmt.

Diese Ansicht findet nun ihre volle Bestätigung in der Entwicklungsgeschichte und diese liefert zugleich einen unerwarteten Aufschluss über die Bedeutung jenes übermässig entwickelten Scheinblattes.

An Jugendzuständen dieser zweigartigen Gebilde (XI. 7. 8. XII. 2.) sieht man nämlich zunächst, dass jenes übermässig entwickelte Blatt (ab) in seiner Entwicklung allen übrigen Theilen des scheinbar zu ihm gehörigen Quirles so bedeutend voraneilt, wie dies niemals bei einem Blatte eines normalen Quirles der Fall ist.

Eine genauere Untersuchung lehrt dann, dass dasselbe gar nicht aus dem unter ihm befindlichen, zwei- bis dreizelligen Knoten hervorgetreten sein kann, wie dies doch hätte der Fall sein müssen, wenn man dasselbe, wie bisher geschah, als das erste in der Entwicklung voraneilende Blatt des diesem Knoten angehörigen Quirles betrachten wollte. Denn über diesem Knoten, etwa neben dem Grunde jenes 3 bis 5 zelligen Endgebildes, welches ich bisher als Blatt ansprach, befindet sich auf dieser Entwicklungsstufe noch gar keine Vegetationszelle, aus welcher der Knoten seiner Entstehung nach abzuleiten wäre; es würde also dieser Zweig, wenn wir seine Spitze am Knoten neben dem Grunde jenes 3—5zelligen Endgebildes suchen, scheinbar ohne Vegetationszelle enden.

Dieser auffallende Widerspruch wird aber durch die Untersuchung noch jüngerer Zustände vollständig gelöst; denn diese lehren mit Entschiedenheit, dass das Entstehungsverhältniss zwischen dem wenig-zelligen Knoten (v) und dem darüber befindlichen 3- bis 5zelligen Endgebilde (ab) nicht das vorausgesetzte, sondern das umgekehrte ist, dass nämlich nicht jenes scheinbare Blatt aus dem Knoten hervorwächst, sondern dass dieser erst nachträglich unter dem bereits angelegten und in der Entwicklung begriffenen, blattähnlichen Gebilde entsteht. —

Es wird daher klar, dass jenes Endgebilde kein Blatt, sondern selbst die Spitze eines, ein besonderes, sehr einfaches Wachstumsgesetz befolgenden Gebildes ist. Dieses bezeichne ich als „Zweigvorkeim“, weil, wie ich bald zeigen werde, die normale erste Knospe für den eigentlichen Zweig sich erst später an einer

bestimmten Stelle dieses Vorkeimes bildet, und weil dieser endlich vollkommen den Vorkeimen gleicht, welche, wie aus der folgenden Darstellung ersichtlich sein wird, bei der Keimung der Charensporen entstehen, und an welchen gleichfalls die ersten beblätterten Zweige der Charen aus später gebildeten Seitenknospen hervorgehen.

Die Entstehung dieser Zweigvorkeime von der ersten Zelle an, mit welcher sie aus dem Knoten der Stammpflanze hervortreten, befolgt nun, wenn wir zunächst von unwesentlicheren, später noch besonders zu besprechenden Abweichungen absehen, folgenden Gang.

Eine Zelle des Knotens der alten Pflanze erhebt sich und wächst zu einem kürzeren, farblosen Schlauche aus, welcher sehr bald seine Spitze durch eine gegen die Längsaxe senkrechte Wand als eine besondere Zelle abgliedert (XI. 1.)*)

Durch mehrere ihrer Zahl nach unbestimmte Theilungen, welche sich in derselben Richtung in der Einzelle wiederholen, wird diese in jene drei- bis sechszellige Zellreihe verwandelt, welche später das unverhältnissmässig entwickelte Scheinblatt des ersten Quirles darstellt (in den Fig. 2—7. Taf. XI. und 1—7. Taf. XII. die Zellreihe von a bis zur Spitze b, in den anderen Figuren das mit pt. bezeichnete Endgebilde) und welches ich von nun an immer als „mehrzelliges Vorkeimende“ oder „Vorkeimspitze“ bezeichnen werde.

Inzwischen beginnt schon früh unterhalb dieser angelegten Vorkeimspitze der Schlauch etwas anzuschwellen und das erweiterte Stück schliesst sich von dem darunter befindlichen cylindrischen Theile (XI. 3. u. 4. bei d.) als eine besondere Zelle, welche zum „Knospengrunde“ des Vorkeimes wird, ab.

*) Durch die Bildung dieser Wand unterscheidet sich der beginnende Vorkeim sofort von einer entstehenden Wurzel, mit welcher er vielleicht wegen Fehlen der Chlorophyllkörner bei ungenauer Untersuchung verwechselt werden könnte. Es sei deshalb hier noch daran erinnert, dass die Theilungen in den Wurzelspitzen, welche die Bildung eines Wurzelgelenkes einleiten, erstens immer viel später, nachdem die Wurzel bereits eine bedeutende Länge erreicht hat, stattfinden, und dass ferner die erste Wand (XIII. 8. ab), welche die Wurzelspitze von dem hinter ihr zum Gelenke anschwellenden Theile trennt, jedesmal die bekannte charakteristische, schiefe Lage besitzt. Wie denn überhaupt die darauf folgenden Theilungen im Wurzelgelenke (XIII. 8. 9. 10.) und dessen zu Wurzeln auswachsende Zellen in ihrer ganzen Erscheinung, sowie die Beschaffenheit der Spitze einer gesunden Wurzel (XIII. 7.) schon von vornherein jede Verwechslung für einen genaueren Beobachter unmöglich machen.

Innerhalb dieser Zelle entstehen nun zwei neue, den früheren Wänden nicht mehr parallele Scheidewände, welche oben und unten zwei ungleiche Stücke des Knospengrundes abschneiden; die obere, wie es scheint früher, als die untere. Hierdurch wird der Knospengrund in drei schon ursprünglich ungleiche Zellen getheilt (XI. 5. 6.), von denen, wie ich hier gleich bemerken will, die mittlere (durchgehends mit q bezeichnet) die grösste ist und sich nicht mehr theilt, sondern nur zu einer längeren schlauchartigen Zelle allmählig heranwächst. Die oberste dagegen, die uns hier zunächst beschäftigen soll (in Fig. 5. u. 6. Taf. XI. und ferner überall gleichmässig mit v bezeichnet), nimmt den Character einer Vegetationszelle der Charen an und bildet in der gewöhnlichen im Eingange Seite 296. geschilderten Weise eine Knospe, welche seitlich aus dem Vorkerne hervortritt (XI. 11. v.) und unter Erscheinungen, die ein genaueres Eingehen erfordern, zu dem ersten, sich nach oben richtenden, beblätterten Zweige auswächst.

Aehnlich wie bei der Astbildung der Conferven bildet sie durch ein einseitiges Wachsthum ihrer Seitenfläche an der einen Seite des Vorkernes, welche ich als dessen vordere bezeichnen will, eine kleine, bauchartige Auftreibung (XI. 6. 11.), die also von oben gesehen (XI. 12. bei M.) vor der Basis der Vorkernspitze hervortritt.

Sie nimmt hierbei zugleich eine allmählig steigende und bald deutlich nach oben gewendete Wachstumsrichtung an (XI. 6. 11.). Hierdurch wird nicht nur die darüber befindliche Vorkernspitze aus ihrer ursprünglich terminalen Stellung etwas seitlich gerückt, sondern es erhält zugleich die Basalwand dieser Zelle selbst (XI. 6. und folgende Figuren) eine noch mehr von hinten nach vorn gerichtete Neigung.

Inzwischen theilt sich diese Vegetationszelle aber in der normalen Weise der Vegetationszellen der Charenspore (zur Bildung der primären Gliederzellen) durch Scheidewände, die senkrecht auf ihrer Wachstumsrichtung stehen. Wie demnach ihre Wachstumsrichtung selbst von einer horizontalen allmählig zu einer senkrechten ansteigt, so nehmen dem entsprechend auch die in aufeinander folgender Reihe entstehenden Scheidewände, durch welche die primären Gliederzellen angelegt werden, eine immer geneigtere Lage an.

Schon die erste Scheidewand (in XI. Fig. 11. mit 1 bezeichnet), durch welche die Vegetationszelle in die erste, hintere, primäre Gliederzelle und eine vordere, neue Vegetationszelle getheilt

wird, ist nicht immer ganz senkrecht, entsprechend der häufig gleich vom Beginn sich nach oben wendenden Wachstumsrichtung der seitlich hervortretenden Vegetationszelle; die zweite und dritte Scheidewand zeigen schon eine immer geneigtere Lage (in XI. Fig. 11. mit 2 und 3 bezeichnet); die vierte endlich (XII. 7.) hat gewöhnlich bereits eine völlig horizontale Lage angenommen.

Die ersten drei primären Gliederzellen (I. II. III. Fig. 11. Taf. XI.) liegen aber, wie man sieht, noch fast vollständig oder doch zum grössten Theile unterhalb der Vorkeimspitze und ihre hierdurch offenbar beeinträchtigte Ausbildung macht sich durch eine von dem gewöhnlichen Gange etwas abweichende Entwicklung geltend.

Sie werden nämlich unmittelbar — ohne vorherige Scheidung in secundäre Glied- und Knotenzelle — in unvollkommene Knoten umgebildet, die ich „Uebergangsknoten“ nennen will und deren peripherische Zellen ebenfalls nur zu unvollkommenen Blättchen auswachsen können.

Die genauere Darstellung, wie dies geschieht, welche eine volle Einsicht in die Natur und die Verschiedenheiten der kleinen mit dem Scheinblatte zu einem Kreise um die erste Knospe zusammentretenden Blättchen (in XII. Fig. 1. fortlaufend mit I—VI. bezeichnet) gewährt, erfordert jedoch noch eine weitere Orientirung über die Lage der ersten Scheidewände; nicht blos wie bisher bezüglich ihrer Neigung gegen den Horizont — den Vorkeim immer senkrecht und aufrecht gedacht —, sondern auch zum Hauptschnitte des Vorkeimes.

Es sei Figur 12. Tafel XI. eine schematische Darstellung eines von oben gesehenen Vorkeimes nach Entfernung der Vorkeimspitze, deren Basis oder Ansatzstelle durch den Kreis ad. angezeigt sein soll, während der Kreis FM dem Umfange der vorn vor der Basis der Vorkeimspitze vortretenden Vegetationszelle des Knospengrundes entspricht. Den Längsschnitt senkrecht auf die Basis und durch die Mittellinie (Verbindungsline der Mitte von vorn und hinten) geführt, will ich den Hauptschnitt nennen.

Der Hauptschnitt des Vorkeimes geht durch die Linie ad. Der schematisch in Fig. 11. Taf. XI. dargestellte Hauptschnitt des aus der vorwachsenden Vegetationszelle des Knospengrundes entstehenden Zweiges dagegen, wie man sehr bald aus der Lage der Knospe zur Vorkeimspitze erkennt, durch die Linie FM., d. h. also der entstehende Zweig ist um einen Winkel, welcher, wie es scheint, der

halben Divergenz zweier Blätter des Blättkreises gleicht, also bei 6-blättrigen Wirteln 30° beträgt, gegen den Vorkeim gedreht.

Hierdurch giebt sich schon — was hier beiläufig bemerkt sein mag — die Beziehung des ersten Zweiges zum Vorkeim, als eines Seitenzweiges, zu erkennen. Die erste Scheidewand in der Vegetationszelle (1 in Fig. 11. Taf. XI.), deren Neigung gegen den Horizont bereits hervorgehoben wurde, trifft die Decke der Vegetationszelle in einer Linie (bg. Fig. 12. Taf. XI.), senkrecht zum Hauptschnitt (FM.) des entstehenden Zweiges, aber nicht senkrecht zum Hauptschnitt (ad.) des Vorkeims. Durch diese Lage der Scheidewand, welche auch die folgenden Scheidewände (hk = 2; lm = 3 in Fig. 11. derselben Tafel) einhalten, wird aber ein für die Entwicklung der sich bildenden Blättchen wichtiger Umstand hervorgerufen.

Wie schon bemerkt, werden die drei ersten durch die Scheidewände gebildeten primären Gliederzellen (I. II. III. Fig. 11. Taf. XI.) unmittelbar in unvollkommene Knoten (Uebergangsknoten) umgewandelt. Dies geschieht durch aufeinanderfolgende Entstehung excentrischer Scheidewände, welche nacheinander peripherische Stücke der Zelle abschneiden (so für den ersten Uebergangsknoten durch eq, vw; bx in Fig. 12. Taf. XI.).

Die so entstehenden, peripherischen Zellen (III. o. VI.) des ersten Uebergangsknotens, welche später zu Blättchen hervortreten können, haben eine zur Basis der Vorkeimspitze sehr verschiedene Lage. Die Zelle o ist ganz unter ihr verborgen und entwickelt sich auch niemals zu einem Blättchen. Die Zellen III. und VI. dagegen werden nur zum Theil von der Vorkeimspitze gedeckt, zum Theil liegen sie schon frei. Wie weit sie frei hervortreten, hängt ganz von der Lage der Scheidewand bg ab. Da diese aber, wie vorhin erwähnt, zum Hauptschnitt des Vorkeims (ad) nicht senkrecht ist, so muss jedenfalls die Zelle III. immer freier liegen als die Zelle VI., welche letztere hin und wieder, wenn die Scheidewand bg etwas nach hinten zurücktritt, sogar völlig von der Vorkeimspitze gedeckt sein kann. Hiermit hängt aber die Entwicklung dieser Zellen zu Blättchen zusammen. Wir sehen daher die Zelle III. sich nicht nur immer früher, sondern ohne Ausnahme auch kräftiger entwickeln als die Zelle VI., und das Blättchen, welches aus der Zelle III. hervortritt, gehört nicht nur mit zu den frühesten, sondern auch zu den grössten des

Knospengrund-Quirles, während das Blättchen der Zelle VI. oft ganz fehlt, immer aber das letzte und kleinste des Quirles ist.

Der zweite unvollkommene Knoten bhkg (= II. in Fig. 11. derselben Tafel) welcher durch die Scheidewand hk angelegt wird, tritt an seinen Seiten schon mehr vor der Vorkeimspitze hervor, und seine zwei peripherischen Zellen (I. und II.) wachsen auch dem entsprechend sofort zu Blättchen aus; sie sind normal die ersten und grössten des Quirles am Knospengrund.

Der dritte unvollkommene Knoten wird durch die Scheidewand lm angelegt; da diese schon fast horizontal liegt (man vergleiche die mit 3 bezeichnete Wand in Fig. 11. derselben Tafel) und über sich die jetzt schon heinahe senkrechte Vegetationszelle trägt, so reicht dieser letzte Uebergangsknoten von bk in der Figur 12. nicht nur bis lm, sondern erstreckt sich unterhalb dieser sehr schrägen Scheidewand bis ganz vorn nach M und seine beiden Zellen IV. und V., in welche er sich dann theilt, entwickeln sich sogleich nach ihrer Anlage, indem sie an ihrer vorderen Fläche auswachsen, zu Blättchen, welche ganz vorn am Knospengrunde hervortreten.

Auf diese Weise kommt, wie es in aufeinanderfolgender Weise die Figuren 2—7., Taf. XII. darstellen, deren besondere Erklärung übrigens hier, wie auch bei den übrigen Figuren, noch zu vergleichen ist, die sich erhebende Vegetationsspitze, die allmählig eine senkrechte Stellung angenommen hat, in die Mitte eines Kreises von blattartigen Organen zu stehen, welche aber, obgleich sie zu einem Quirle zusammentreten, weder demselben Knoten angehören, noch eine gleichartige Ausbildung erhalten, und von denen endlich das eine überhaupt einen ganz andern Werth hat, als ihn die übrigen besitzen. Der Quirl (XII. 1.) besteht nämlich ganz hinten aus der Vorkeimspitze (pt, von a bis b reichend), neben welcher rechts und links die beiden dem ersten Uebergangsknoten angehörigen Blättchen III. und VI. stehen, vor diesen stehen dann die Blättchen I. und II. dem zweiten und ganz vorn endlich die Blättchen IV. und V. dem dritten Uebergangsknoten angehörig. Dieser ist zugleich der letzte unvollkommene Knoten, denn von nun an verhält sich die jetzt schon senkrechte Vegetationszelle bei der Anlage ihrer ferneren primären Glieder und deren weiterer Entwicklung in der ganz normalen, schon früher angegebenen Weise (XII. 7. 8.).

Die Reihenfolge nun (XI. 12. I—VI.), in welcher die kleinen Blättchen (XII. 1. I—VI.) dieses Quirles am Knospengrunde her-

vortreten, abhängig, wie wir sahen, einerseits von der Aufeinanderfolge in der Bildung der Uebergangsknoten, anderseits von der Lage der ersten Scheidewände zum Hauptschnitt des Vorkeims, bestimmt zugleich den Grad der Ausbildung, welchen die Blättchen schliesslich erreichen. Hier tritt daher der bei den normalen Quirlen der Pflanze Seite 297 erwähnte Fall, dass die spätere Entwicklung die ursprünglichen Altersunterschiede ausgleicht, nicht ein, sondern man findet auch die ausgewachsenen Blättchen (XII. 1.) in Grösse und Ausbildung untereinander ungleich, indem jedes früher hervorgetretene bleibend grösser ist, als das später hervortretende.

Dies kann nur weniger auffallen, denn die Blättchen dieses Quirles gehören ja nicht demselben, sondern drei verschiedenen Knoten an, und die Unterschiede, welche unter je zweien einem Knoten angehörigen Blättchen selbst wieder hervortreten, finden ihre Erklärung in der Lage dieser Blättchen zur Vorkeimspitze.

Ich habe in allen Figuren, die diesen Quirl noch während seiner Entwicklung (XII. 5 bis 8.) oder nach seiner vollendeten Ausbildung (XII. 1.) darstellen, die Entwicklungsreihe der Blättchen, entsprechend den Zellen in der Figur 12. Tafel XI, aus denen sie hervortreten, mit den Ziffern I, II. u. s. w. bis VI. bezeichnet. Die Grösse, welche die Blättchen schliesslich erreichen, wird daher auch immer entsprechend ihrer Stellung im Grundriss Figur 12. Tafel XI. von I. bis VI. abnehmen.

Hiervon kommt jedoch eine leicht erklärliche Ausnahme vor. Es wächst nämlich hin und wieder die Zelle III. fast gleichzeitig oder sogar etwas früher als die Zelle II. zu einem Blättchen aus; in diesem seltener eintretenden Falle wird dann das Blättchen, welches ich bisher, nach der häufigeren Aufeinanderfolge mich richtend, mit III. bezeichnet habe, sowohl der Zeit des Hervortretens als auch der Grösse nach zum zweiten des Quirles. —

Gleichzeitig nun mit den bisher beschriebenen Entwicklungserscheinungen in der oberen Zelle (v. Fig. 6. Taf. XI.) des Knospengrundes bilden sich aber auch die unteren Zellen (q und d) desselben weiter aus.

Es ist bereits erwähnt, dass die mittlere Zelle (q) sich nicht theilt, sondern nur zu einer längeren schlauchartigen Zelle auswächst; diese habe ich in allen Figuren des Vorkeimes gleichmässig mit q bezeichnet, so z. B. in Fig. 2 bis 7. Taf. XII., in Fig. 6 und 13. Taf. XI. und in sämtlichen Figuren der Taf. IX. Die unterste Zelle des Knospengrundes dagegen, welche gleichfalls durchgängig

mit d bezeichnet ist, wird ähnlich wie die oberste, nur in einfacherer Weise in einen scheinbaren Knoten umgewandelt.

Sie theilt sich nämlich (X. 7.) zuerst durch eine gegen den Horizont und den Hauptschnitt des Vorkeimes senkrechte Wand in zwei ungefähr gleiche Zellen, welche sich dann wiederum durch Wände, die der ersten Scheidewand nicht ganz parallel sind, in zwei neue Tochterzellen theilen. Durch weitere Theilungen, deren fernere Richtungen bei *Chara fragilis* nicht mehr sicher bestimmbar sind, entsteht ein Kreis kleinerer, peripherischer Zellen (XIII. 6.), aus welchen Wurzeln, jedoch niemals Blätter oder blattartige Gebilde hervortreten; dagegen können einzelne dieser peripherischen Zellen später noch zu Vegetationszellen werden und sich zu Seitenzweigen des Vorkeimes erheben (XIII. 6, v.; — IX. 5, r.). Der Zweigvorkeim trägt daher nicht blos jenen ersten Haupt-Seitenzweig, dessen Entwicklung ich in Obigem ausführlicher geschildert habe, sondern oft auch auf seinem unteren Knoten, welchen ich den Wurzelknoten nennen werde, einen oder mehrere kleinere und spätere Nebenzweige. Diese unterscheiden sich jedoch von jenem ersten Haupt-Seitenzweige noch dadurch, dass ihnen an ihrer Ursprungsstelle am Vorkeim jene unvollkommenen Blättchen fehlen, welche der Haupt-Seitenzweig besitzt, sie sind überdies, soweit meine Beobachtungen reichen, immer nacktfüssige Zweige (XIII. 6.; IX. 5, r.).

Wenn ich nun schliesslich hinzufüge, dass am Grunde der Vorkeimspitze, neben dem ersten meist nacktfüssigem, oft aber auch normal berindetem (XI. 14, x.) Haupt-Seitenzweige später noch andere Seitenzweige entstehen können (XI. 13, c.), die, wie es scheint, immer nacktfüssige Zweige sind, so glaube ich hiermit die Beschreibung der normalen und wesentlichen, morphologischen Erscheinungen der Zweigvorkieme schliessen zu können. —

Allein ich habe bereits im Vorhergehenden beiläufig erwähnt, dass es Abweichungen von dem normalen Entwicklungsgange der Vorkieme giebt, und obgleich diese wie alle Monstrositäten sich leicht aus dem gesetzmässigen Entwicklungsgange herleiten lassen, so glaube ich doch wenigstens einige der interessanteren hier hervorheben zu müssen.

Sie beruhen zumeist auf einer unregelmässigen Ausbildung des Knospengrundes oder der Uebergangsknoten des Haupt-Seitenzweiges.

In letzterer Beziehung ist besonders zu erwähnen, dass nicht

immer alle peripherischen Zellen der drei Uebergangsknoten wirklich zu Blättern werden, indem häufig das Blättchen vi. (XI. 12., XII. 1.) sich gar nicht ausbildet; seltener fehlen (z. B. XII. 8.) auch die Blättchen iv. und v. Anderseits kommt es aber auch vor, dass noch ein Stück der Zelle o. in Fig. 12. Taf. XI. — die doch gewöhnlich ganz von der Vorkeimspitze gedeckt ist — zu einem hinter dem Blättchen vi. stehenden, noch kleineren Blättchen oder Blattrudimente auswächst. Die Zahl der Blättchen dieses Quirles ist daher durchaus nicht eine genau bestimmte, und dieser eine Umstand hätte schon auf die von den andern Quirlen der Pflanze abweichende Natur dieses Quirles hinweisen können.

Wesentlicher als hierdurch wird jedoch das Aussehen des Vorkeimes durch die Abänderungen beeinträchtigt, welche durch eine abweichende Entwicklung im Knospengrunde hervorgerufen werden. Unter diesen verdient besonders der Fall Erwähnung, dass gleich die erste, obere Scheidewand im Knospengrunde eine sehr schräge Lage erhalten kann (m. Fig. 10. Taf. XI.), wodurch die Bildung des Hauptzweiges und die senkrecht aufstrebende Wachstumsrichtung der entstandenen ersten Vegetationszelle (v) offenbar bedeutend gefördert und zugleich ein Einfluss auf die Beschaffenheit der Basilar-knoten dieses Zweiges und der aus ihnen hervortretenden Blättchen geübt wird.

In sehr seltenen Fällen schneidet diese Scheidewand das bauchartig vortretende Stück des Knospengrundes sogar so ab, dass es sogleich nach oben völlig frei zu liegen kommt, und wenn dann die mittlere Zelle (q. Fig. 10. Taf. XI.) noch über die Ansatzstelle der Vegetationszelle hinaus fortwächst, unterhalb der Vorkeimspitze aber der normale Vorgang sich wiederholt, so entsteht jene sonderbare, auf den ersten Blick schwer erklärliche Monstrosität, dass eine Knospe (k. Fig. 14. Taf. XI.) seitlich mitten auf einer schlauchartigen Zelle des Vorkeimes aufsitzt.

Andere nicht minder interessante Monstrositäten treten ein, wenn im Knospengrunde anstatt zweier Scheidewände, wie in Fig. 5. und 6. Taf. XI., nur eine einzige sich bildet; dann fehlt die mittlere schlauchartige Zelle (q) ganz, und der Wurzelknoten des Vorkeimes steht unmittelbar unter dem Haupt-Seitenzweige; oder die schlauchartige Zelle ist vorhanden und es fehlt der Wurzelknoten. Dieser letztere Fall und der wenigstens bei *Chara fragilis* höchst seltene, dass am Vorkeim gar keine Knospe auftritt, indem die Bildung des Knospengrundes ganz unterbleibt, lassen die be-

sondere, von der Beschaffenheit der Charen-Stengel abweichende Natur des Vorkeimes, als eines confervenartigen Gebildes, am offenbarsten in die Erscheinung treten.

Zuletzt noch ein Wort über die Länge der Glieder der Zweigvorkeime und die Lage ihrer Stromebenen.

Das unterste blasse Glied (i in sämmtlichen Figuren) ändert in den verschiedenen Varietäten der *Chara fragilis* ganz entsprechend der Internodien-Länge der Form ab; in den Formen mit kürzeren Internodien (XI. 13. 14.) ist es ebenfalls bedeutend kürzer, als in den Formen mit längeren Internodien (X. 2. 3.). Die Vorkeimspitze (pt) aber besteht immer aus wenigen (2 bis 6; meist 4) schlauchartig verlängerten und ohne Knoten aufeinander folgenden, von unten nach oben an Länge abnehmenden Zellen, deren oberste gewöhnlich ein abgerundetes, seltener ein etwas zugespitztes Ende besitzt; niemals zeigt sie aber jene bedeutende Zuspitzung und Verdickung der Membran der obersten Zelle, welche die Spitzen der Endzellen wahrer Blätter so characterisirt.

Die Stromrichtungen der Glieder des Vorkeimes endlich liegen nicht in einer Ebene, sie scheinen das von Al. Braun für die aufeinanderfolgenden Stengel-Internodien aufgefundene Gesetz zu befolgen; doch lässt sich, da die Indifferenzstreifen nur spärlich und erst spät, zumal nicht immer an allen Gliedern auftreten, nicht mit völliger Sicherheit hierüber bestimmen. Doch ist soviel wenigstens gewiss, dass auch in dieser Beziehung die Vorkeimspitze sich nicht wie ein Blatt des Quirles verhält, zu welchem sie scheinbar mit den Blättchen der Uebergangsknoten zusammentritt.

IV. Die volle Bedeutung der bisher beschriebenen Zweigvorkeime tritt aber erst durch die vergleichende Betrachtung der keimenden Pflanze hervor.

Die bedeutenden Abweichungen von dem normalen Bau, welchen die unteren Glieder und Knoten keimender Charen zeigen, erklären sich nämlich auf das Einfachste aus denselben Bildungsvorgängen, die ich an den Zweigvorkeimen kennen gelehrt habe und führen zu dem nothwendigen Schlusse, dass auch bei der Keimung zuerst ein selbstständiges, ein eigenthümliches Wachsthum befolgendes Organ, — ein Vorkeim gebildet wird, der in jeder Beziehung den Zweigvorkeimen gleicht und aus dessen blattlosen Knoten später, wie dort, die beblätterten Zweige der Charen hervortreiben.

Schon die vorhandenen Abbildungen, welche die äussere Er-

scheinung der keimenden Pflänzchen genau wiedergeben, genügen dieses festzustellen.

Man vergleiche nur die älteren, aber getreuen Abbildungen von Vaucher*), Kaulfuss*) und Bischoff*) und selbst die sonst in jeder Beziehung ungenügenden Figuren von C. H. Schultz**) und Karl Müller***), sowie die neuesten Zeichnungen von Varley*) mit meiner obigen Darstellung der Zweigvorkerne und ihrer Entwicklung und man wird die überall wiedergegebene, voreilende und ergrünende Spitze des Keimlings, welche von den älteren Beobachtern für die Spitze der fortwachsenden Pflanze, von den neueren Beobachtern für das unverhältnissmässig entwickelte Blatt des ersten Quirls gehalten worden ist, jetzt sogleich als das Ende eines den Zweigvorkernen gleichwerthigen, confervenartigen Vorkernes erkennen.

Hat man sich erst hiervon überzeugt, so wird man leicht auch über die anderen Theile des Keimlings in's Klare kommen. Er beginnt (IX. Fig. 1 — 4.), — abgesehen von einem später unmittelbar an der Sporen-Oeffnung auftretendem, kleineren Wurzelknoten, dem Samenknoten, dessen Bildung unbestimmt scheint — wie die Zweigvorkerne, mit einem farblosen Gliede (i); dann folgt ein stets blattloser Wurzelknoten (d), aus dessen peripherischen Zellen, wie bei den Zweigvorkernen, später noch Knospen und Seitenzweige hervortreten können. Ueber diesem steht die erste grüne, schlauchartig verlängerte Zelle (q), welche, wie bei den Zweigvorkernen, unmittelbar über sich den ersten Schein-Quirl (g) trägt.

Dieser wird — wieder wie bei den Zweigvorkernen — von der Vorkernspitze selbst und von den mit ihr in einen Kreis zusammentretenden, rudimentär entwickelten Blättchen gebildet, welche den Basilarknoten — Uebergangsknoten — des ersten wahren, seitlich hervortretenden Charenzweiges angehören.

Der Vorkern der keimenden Pflanze reicht daher immer von der Spore bis zum ersten Blattquirl und setzt sich hier in das bereits mehrfach erwähnte, über die anderen Blättchen weit hinausragende, mehrzellige Endgebilde (pt) fort. †)

*) An den angeführten Orten.

**) Die Natur der lebendigen Pflanze. Zweiter Theil. Taf. III.

***) Botan. Zeitung von Mohl und Schlecht. 1845. Taf. III.

†) Ist die bisher sogenannte Hauptwurzel der Charen — wie mir meine ältesten Zeichnungen der Keimung von *Nitella syncarpa* (aus dem Jahre 1852) andeuten — eine untere Fortsetzung des Vorkernes, oder eine Seitenwurzel des-

Dieser Auffassung entsprechen alsdann auch alle übrigen an diesem ersten Blattquirl auftretenden Erscheinungen.

Die Anzahl der rudimentären und unter sich überdies noch ungleichartig entwickelten Blättchen (bei g. Fig. 1 — 4. Taf. IX.) entspricht auch hier nicht immer der Anzahl der Blätter eines normalen Quirles. Wenn dies aber, wie häufig, der Fall ist, dann muss das Vorkeimende auch schon hierdurch sich als überzählig und nicht zugehörig erweisen.

Ebenso erweckt auch hier die Entwicklungsfolge der Zellen des Vorkeimes, die gewöhnliche Form seiner Endzelle und die relative Lage der Stromebenen in seinen aufeinanderfolgenden Zellen die Vermuthung, dass seine Spitze kein Blatt sein kann.

Die auffallende Thatsache endlich, dass die ersten Knoten der keimenden Chara zugleich die einzigen sind, welche regelmässig und normal eine grössere Anzahl von nacktfüssigen Seitenzweigen hervorbringen, während doch — man vergl. Seite 299. — alle übrigen Knoten der Pflanze unter normalen Verhältnissen regelmässig nur einen einzigen berindeten Achselzweig tragen, findet gleichfalls ihre volle Erklärung in dem ähnlichen Verhalten der Zweigvorkeime und dem Umstande, dass jenem untersten Stücke des Keimlings ein von den beblätterten Stengeln abweichender, mit den Zweigvorkeimen übereinstimmender morphologischer Werth zukommt.

Dies Alles führt zu dem Schluss, dass bei den Charen, wie von keiner Hauptwurzel, so auch von keinem Hauptstamme die Rede sein kann, sondern, dass ihre beblätterten Zweige sämmtlich aus Seitenknospen entstehen; die ersten am Vorkeim, die späteren in den Blattachsen älterer Zweige und an den Zweigvorkeimen.

Ich habe augenblicklich keine Gelegenheit, keimende Charen zu untersuchen. Der Schilderung der Vorkeime der *Chara fragilis*, die ich hier gegeben habe, liegen Beschreibungen und Zeichnungen zu Grunde, die aus einer Zeit herrühren — sie stammen alle aus den Jahren 1853 und 1854 — in welcher mir die Bedeutung der ersten Glieder der keimenden Pflanze noch fern lag, und welche

selben? Diese Frage kann ich augenblicklich nicht entscheiden und muss neuere Beobachtungen von Keimlingen abwarten. In ihrer Beantwortung liegt vielleicht die Erklärung der von Alex. Braun (a. a. O. 1ste Abhandlung S. 49) hervorgehobenen Abweichung der Stromebene in dieser Hauptwurzel von der normalen, in den Wurzeln herrschenden Richtung.

ich erst jetzt nach meinen Untersuchungen über die Zweigvorkerne der *Chara fragilis* zu deuten weiss.

Es ist natürlich, dass meine damaligen Zeichnungen und Beschreibungen über Verhältnisse, auf deren Werth ich erst später aufmerksam geworden bin, nicht immer mit der Bestimmtheit, die der neue Gesichtspunkt verlangt, Aufschluss geben können. Für die *Chara fragilis* ist dies glücklicher Weise dennoch der Fall gewesen.

Unter den anderen Arten aber, deren Keimung ich damals beobachtete, wage ich nach den mir gemachten Aufzeichnungen nur noch über die Vorkerne der *Chara Baueri* A. Br. (*coronata* Wallr.) etwas Näheres anzugeben.

Der Vorkeim dieser Art gleicht in seinen wesentlichen Theilen vollkommen dem Vorkeime der *Chara fragilis*. Geringere Abweichungen treten nur in der gewöhnlich stärkeren und früheren Entwicklung des Samenknotens auf, der hier öfters noch von einem kurzen Gliede — wie es scheint einer einfachen Verlängerung der Innenzelle der Spore — getragen wird und später ebenso, wie der Wurzelknoten Seitenzweige entwickeln kann.

Seine — wie bei *Chara fragilis* — wenigzellige, aber gekrönte Spitze tritt, wie dort, mit einer geringen Anzahl nicht vollständig entwickelter Blättchen in einen Kreis zusammen, welcher auch hier den ersten Blattwirtel der Pflanze zu bilden scheint. Die unvollkommene Entwicklung der Blättchen — welche offenbar dem ersten unter der Vorkeimspitze sich bildenden Seitenzweige angehören — tritt hier durch den Mangel der Nebenblätter, welche bei dieser Art an den Blättern höherer Quirle überall vorhanden sind, in die Erscheinung. Die Vorkeimspitze selbst aber unterscheidet sich wieder deutlich von jenen Blättchen durch ihre überwiegende Entwicklung, ferner durch die grössere Anzahl ihrer Glieder — da die Blättchen blos aus zwei Gliedern bestehen — und endlich sehr wesentlich durch den Mangel der Knoten, welche bei *Chara Baueri* schon bei diesen ersten Blättchen constant zwischen den beiden Gliedern vorhanden sind.

Von andern Arten, sowohl der Gattung *Chara* als auch der Gattung *Nitella*, kann es zwar nach der Beschaffenheit der unteren Theile der keimenden Pflanze keinem Zweifel unterliegen, dass sie gleichfalls einen Vorkeim bilden, der äusserlich sogleich an den blattlosen Knoten und den untersten farblosen Internodien kenntlich wird, allein meine früheren Aufzeichnungen hierüber genügen

nicht, um über die Anzahl der Glieder und die Beschaffenheit der Spitze ihrer Vorkeime bestimmte Angaben zu machen. Es werden diese sich jedoch jetzt leicht durch die wiederholte Beobachtung keimender Pflanzen vervollständigen und über andere Arten ausdehnen lassen.

Ein Versuch, diese Lücke für die Nitellen durch Beobachtung ihrer Zweigvorkeime auszufüllen, ist mir nicht gelungen, denn ich war bisher nicht im Stande, an einer Nitella, und zwar an *Nitella syncarpa* β *capitata*, Zweigvorkeime hervorzurufen, während dies an *Chara fragilis* durch eine höchst einfache Operation, die sich gewiss auch bei anderen Charen bewähren wird, sehr leicht gelingt.

Die Zweigvorkeime kommen nämlich zwar, wie ich bereits mitgetheilt habe, an älteren überwinterten Knoten der Pflanze von selbst, wenn auch nur spärlich hervor, allein man kann auch die Knoten jüngerer, diesjähriger Pflanzen sehr leicht dadurch zur Bildung von Zweigvorkeimen anregen, dass man ihre Internodien durchschneidet.

Die isolirten Knoten treiben alsdann, unter Wasser gehalten, schon nach wenigen — 8 bis 14 — Tagen neben nacktfüssigen Seitenzweigen in grosser Anzahl Zweigvorkeime hervor, und dieses Mittel, welches noch durch Entfernung des Haupt-Seitenzweiges, den der Knoten schon an der unverletzten Pflanze trägt, bedeutend unterstützt wird, giebt es Jedem leicht an die Hand, sich von der Existenz und der Entwicklung der Zweigvorkeime, die noch in manch anderer Beziehung lehrreich sind, zu überzeugen.

Bei der *Nitella syncarpa* hatte jene Operation aber, wie gesagt, keinen Erfolg. Die isolirten Knoten erhielten sich nicht, sondern gingen — Mitte Mai — schon nach wenigen Tagen völlig zu Grunde, und ich muss daher voraussetzen, dass diese *Nitella* keine Zweigvorkeime bildet.

V. In einer vorläufigen Mittheilung über die Vorkeime der Charen*) habe ich die Schlüsse, welche sich aus der Existenz und der Beschaffenheit der Vorkeime für die morphologische Auffassung der Charen und für ihre systematische Stellung ohne Zwang zu ergeben scheinen, kurz zusammengefasst, und es wird erlaubt sein, das dort Gesagte hier mit denselben Worten zu wiederholen.

*) Monatsberichte der Berliner Acad. d. Wiss. April 1862.

Der Nachweis der Vorkeime bei den Charen füllt eine fühlbare Lücke in der Entwicklungsgeschichte dieser Pflanzen aus.

Die Existenz blattloser Vorgebilde, aus welchen die Zweige hervorsprossen, unterstützt die aus der Bildungsgeschichte der Theile entlehnte Auffassung der Charen-Zweige als beblätterter Sprosse und stellt die nahe Verwandtschaft der Charen mit den Moosen in das hellste Licht.

Zu der Form der Samenfäden und der Fruchtanlagen, worin die Charen den Moosen sich so auffallend nähern, tritt nun auch die gleiche Entstehungsweise der beblätterten Zweige aus Knospen, welche an confervenartigen, blattlosen Vorkeimen entstehen, hinzu. Denn die Vorkeime der Charen weichen in ihrem Bau, wie die mögliche Vertretung ihrer wenigen und mangelhaft ausgebildeten Wurzelknoten durch einfache, gliedartig verlängerte Zellen nachweist, kaum von den confervenartigen Moosvorkeimen ab. Und obgleich der einfachere, überhaupt fast confervenartige Bau der Pflanze, sowie die Bildung der Wurzelknoten an den Vorkeimen, wodurch diese den Bau der beblätterten Zweige äusserlich nachahmen, die Erkennung der Vorkeime bei den Charen und ihre Unterscheidung von den beblätterten Zweigen ungemein erschwert, so ist doch niemals eine Verwechslung eines Vorkeimes mit einem beblätterten Zweige möglich und nie tritt ein Uebergang desselben in einen beblätterten Zweig ein, so dass die morphologische Abgrenzung der blattlosen Vorkeime und der beblätterten Sprosse bei den Charen ebenso scharf ausgeprägt ist, als bei den Vorkeimen und Zweigen der Moose.

Die vollständige morphologische Gleichwerthigkeit der Vorkeime bei Charen und Moosen tritt aber auf das Entschiedenste durch die Zweigvorkeime der Charen hervor. Denn unter allen Blattpflanzen finden sich nur noch an den Stengeln und Blättern der Laubmoose Organe, welche den Zweigvorkeimen der Charen analog sind. Es sind dies die bekannten von W. P. Schimper*) in seinen anatomischen und morphologischen Untersuchungen

*) Man vergleiche die von Schimper in seinen „Recherches anatomiques et morphologiques sur les mousses“, Strassburg 1848, als „radicelles proembryonnaires sur les tiges“ (pag. 13.); „excroissances proembryonnaires sur le limbe et à l'extrémité de la nervure des feuilles“ (pag. 15) und „radicelles proembryonnaires aux feuilles détachées de la tige“ (pag. 19) beschriebenen Bildungen.

über die Moose ausführlich beschriebenen, wurzelartigen Prothallien, welche am Stengel und den Blättern vieler Laubmoose auftreten.

Die Charen durchlaufen daher in ihrem allgemeinen Entwicklungsgange ähnliche Entwicklungsstufen wie die Moose.

Sie sind beblätterte Pflanzen ohne Hauptstamm und Hauptwurzel, indem ihre Zweige sämmtlich, wie die der Moose, als Seitenzweige entweder an anderen beblätterten Zweigen oder an blattlosen Vorkieimen entstehen.

In dem Bau der Antheridien und in der Ausbildung der Frucht zeigen sie allerdings bedeutendere Abweichungen von den Moosen, welche ihre völlige systematische Vereinigung mit der einen oder der anderen Moosgruppe nicht gestatten, allein, wie in der Form der Samenfäden, so stimmen sie wieder auch in der ursprünglichen Anlage der Frucht mit dem allgemeinen Bildungsgange der Moose überein, denn obgleich die Zeit und die Stelle der Befruchtung bei den Charen noch nicht nachgewiesen ist, so lässt sich nach naheliegenden und bekannten Analogien, zu denen jetzt die Bildung der Vorkieime noch hinzutritt, doch schon mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass auch bei ihnen nicht die zum Prothallium auskeimende Sporenzelle, sondern eine, mehrere Zellgenerationen vorhergehende Mutterzelle befruchtet wird.*)

Es schliessen sich somit die Charen offenbar als eine besondere Gruppe der Abtheilung moosartiger Gewächse unter den Cryptogamen an.

Ferner lässt das unerwartete Auftreten der Vorkieime bei den Charen es als ein allgemeines Gesetz erscheinen, welchem, neben Farrnkräutern und Moosen, der früheren Ansicht entgegen auch die Charen sich unterordnen, dass bei allen Blattpflanzen die Spore niemals unmittelbar zur Vegetationsspitze der ersten beblätterten Achse werden kann.

VI. Am Schlusse meines Aufsatzes sehe ich mich veranlasst, noch einige Bemerkungen über die Literatur der Charen und die Geschichte ihrer Keimung, soweit sie den von mir behandelten Gegenstand betreffen und im Vorhergehenden noch nicht berührt wurden, hinzuzufügen.

Man kann mit Recht behaupten, dass erst mit den für ihre

*) Auch hierüber lese man den Schluss des zweiten Theiles der beiden, wiederholt citirten Aufsätze von Alex. Braun „über die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen“ nach.

Zeit ganz vorzüglichem und von mir im Eingange meines Aufsatzes schon angeführten Beobachtungen von Vaucher und Kaulfuss die für die Morphologie der Charen wichtige Literatur beginnt, und es erscheint für meine Zwecke gewiss unnöthig, auf die Vorgänger von Vaucher und Kaulfuss und auf deren willkürliche und durch irrige Analogien vielfach getrübtte Vermuthungen über den Werth der Fructificationsorgane der Charen zurückzugehen. Wer sich noch jetzt für diesen Theil der Charen-Literatur interessirt, der findet eine Zusammenstellung der Ansichten früherer Botaniker mit Angabe der zugehörigen Quellen in dem citirten Schriftchen von Kaulfuss über die Keimung der Charen, ferner bei Bischoff, und bis auf die neueste Zeit fortgeführt in den beiden academischen Abhandlungen von Al. Braun.

Aus der neueren Literatur aber habe ich, soweit es die Keimung betrifft, zu den in der Einleitung zu diesem Aufsatz und Seite 314. gemachten Angaben über frühere Beobachter der Keimung und deren Ansichten nur Weniges hinzuzufügen.

Die Frage nach der Existenz eines Vorkernes bei den Charen ist, wie schon erwähnt, mit Ausnahme von Bischoff, von Niemand berührt, von Bischoff selbst mit der grössten Entschiedenheit verneint worden.

Auch den späteren Beobachtern schien der Vorgang bei der Keimung zu klar, um einer besonderen Erörterung unterliegen zu müssen; sie sprechen von der unmittelbaren Entwicklung der Sporenzelle zur Pflanze ebenso, wie Bischoff, als von einer sich von selbst verstehenden Sache, obgleich ihnen die äusseren Verschiedenheiten, welche die unteren Theile einer keimenden Pflanze auszeichnen, durchaus nicht entgangen waren.

Die Vorkernspitze selbst wurde, wie gleichfalls schon erwähnt, von den ersten Beobachtern für die fortwachsende Spitze der Pflanze gehalten.

Von Ågardh*) rührt dann die zweite Auffassung derselben her, wonach sie das erste, älteste Blatt — oder vielmehr nach ihm der älteste Ast — des Quirles sein soll.

Diese Ansicht ging jedenfalls schon von einer richtigeren Auffassung des Wachsthumes der Charen aus, nämlich von der Erkenntniss, wo eigentlich die fortwachsende Spitze des Stengels zu suchen sei.

*) Ueber die Anatomie und den Kreislauf der Charen in Act. Acad. Caes. Leop. Carol. Nat. Cur. Vol. XIII. P. I.

Agardh war auch der erste, welchem die Aehnlichkeit der später an den Knoten älterer Pflanzen auftretenden Seitenzweige der Charen mit den keimenden Pflänzchen auffiel, und er giebt sogar schon eine äusserlich ganz richtige Abbildung eines Zweigvorkeimes*), den er jedoch von den nacktfüssigen Zweigen nicht unterscheidet. Die voreilende Spitze, die er für das älteste Blatt des ersten Quirles hält und deren Entwicklung er als die bei normalen Quirlen gesetzmässige ansieht, führte ihn zu der Annahme, dass in jedem Quirle — den er noch als Astquirl bezeichnet — ein Aestchen das älteste sei, eine Annahme, die allerdings zufällig richtig ist, obgleich die Thatsache, auf welche Agardh sie gründet, mit der Bildung der Blattquirle in gar keinem Zusammenhange steht.

Der letzte literarische Nachweis, welcher hier vielleicht noch zu erwähnen wäre, betrifft eine Abbildung und deren Erklärung in dem Aufsätze von Karl Müller**) „zur Entwicklungsgeschichte der Charen“, einer Arbeit, die als eine unreife, ihres Gegenstandes nicht mächtige bezeichnet werden muss. Die Vorkeimspitze hält Müller noch für die Spitze der fortwachsenden Pflanze; ausserdem giebt er eine Zeichnung (Fig. 10. seiner Tafel), wonach die Blätter***) der untersten Stengelglieder junger Pflanzen sich zu Zweigen entwickeln sollen. Ich vermurthe, dass hier vielleicht eine missverstandene Beobachtung von Zweigvorkеimen vorliegt. Seine Zeichnung, schematisch und offenbar ungenau, ist wenig Vertrauen erweckend. Es wäre aber, namentlich wenn ich annehme, dass seiner Beobachtung eine andere, als die von ihm genannte Species zu Grunde liegt, denkbar, dass ihm ein interessanter, von mir vergebens gesuchter Fall einer Verzweigung des Vorkеimes — d. h. ein Vorkеim, der aus seinem Wurzelknoten selbst wieder Vorkеime erzeugt — vorgelegen hat.

*) A. a. O. Fig. 6. Taf. X.

**) Bot. Zeit. v. Mohl u. Schlecht. 1845.

***) Die Blattwirtel nennt er übrigens, wie alle früheren Beobachter, Astwirtel.

Erklärung der Abbildungen.

(Sämmtliche Figuren beziehen sich auf *Chara fragilis* und die in Klammern beigefügten Zahlen geben die Vergrößerung an.)

Taf. IX.

Fig. 1—4. (3—5) Junge Keimpflanzen.

Fig. 5—7. (3—5) Isolirte Knoten älterer Pflanzen mit Zweigvorkeimen; die Blätter dieser Knoten sind zum Theil entfernt. Vergrößerung nur schwach, wie in den vorigen Figuren.

r Fig. 5. ist ein am Wurzelknoten des Vorkeimes entspringender, nacktfüssiger Zweig.

In allen Figuren dieser Tafel bedeutet gleichmässig:

pt, = Prothallium, die Vorkeimspitze;

g, die Stelle, wo die Zweigknospe am Vorkeime entsteht;

q, das Glied unterhalb dieser Knospe, aus der Mittelzelle des Knospengrundes entstanden;

d, den Wurzelknoten;

i, das unterste, blasse Glied unter dem Wurzelknoten;

s, die Sporenfrucht.

Taf. X.

pt, g, q, d, i, in allen Figuren der Zweigvorkeime wie in Taf. IX.

Fig. 1. Unteres Stück eines Blattes einer älteren Pflanze mit einer Achselknospe (c).

Fig. 2. 3. 4. (20) Isolirte Knoten älterer Pflanzen nach theilweiser Entfernung der Blätter; Fig. 2. mit einem nacktfüssigen Zweige (r) und 3 Zweigvorkeimen (i. i.); Fig. 3. mit einem nacktfüssigen Zweige (r) und 2 Zweigvorkeimen (i. i.); Fig. 4. mit zwei nacktfüssigen Zweigen (r. r.) ohne Zweigvorkeime.

Fig. 5. (72) Terminalknospe des nacktfüssigen Zweiges r in Fig. 3. stärker vergrößert.

Fig. 6. (170) Aeusserste Spitze der Terminalknospe eines wachsenden Zweiges, noch stärker vergrößert. — Meist findet man bei *Chara fragilis* über dem letzten Knoten nur die ungetheilte Vegetationszelle, weil die in dieser angelegte, primäre Gliederzelle (o) sich gewöhnlich unmittelbar nach ihrer Bildung sofort weiter in die Knoten- und secundäre Gliederzelle umbildet. Hier aber sieht man unter der Vegetationszelle (v) die jüngste noch ungetheilte, primäre Gliederzelle (o) und unter dieser den Knoten, aus dessen schon vorhandenen peripherischen Zellen noch keine Blätter hervortreten; unter diesem Knoten die in Streckung begriffene, zu ihm gehörige Internodialzelle, welche auf dem noch älteren Knoten, welcher bereits junge Blätter (f. f') trägt, aufsitzt; f' ist das älteste Blatt dieses Knotens.

Fig. 7. (170) Wurzelknoten eines Zweigvorkeimes, schief von unten auf seine Fläche gesehen, in der Theilung noch nicht weit vorgeschritten.

Taf. XI.

Fig. 1—11. (170) Die jüngsten Zustände der Zweigvorkeime, und zwar in folgender Reihe: 1; 2 und 9; 3 und 4; dann nach den Zahlen fortlaufend. Zu bemerken ist, dass 9 und 4 Zustände von 2 und 3 sind, in welchen die Vorkeimspitze schon grün zu werden anfängt, wenn der Knospengrund eben erst (4) oder selbst noch gar nicht (9) angelegt ist. Dies ist nicht der gewöhnliche Fall, denn normal tritt die Bildung des Chlorophylls in den Zellen der Vorkeimspitze erst viel später auf (6. 7.).

In sämtlichen Figuren bedeutet hier:

- ab, die Vorkeimspitze vom Knospengrunde an bis zum Ende des Vorkeimes;
- ad, den Knospengrund, welcher dann in die obere (v), die mittlere (q) und die untere (d) Zelle geteilt erscheint;
- i, das unter dem Knospengrund befindliche farblose Glied des Zweigvorkeims.

Aus der Zelle v entsteht dann die Knospe des Vorkeimzweiges, wie es Fig. 11. in einem schematischen Hauptschnitt anschaulich macht.

Fig. 12. Schematischer Grundriss der Stelle am Knospengrunde des Zweigvorkeimes, wo der Zweig sich bildet. Erklärung: S. 307 u. f.

Fig. 13. und 14. In der Entwicklung schon weit vorgeschrittene Zweigvorkeime einer Form der Chara fragilis mit kürzeren Internodien.

pt, g, q, d, i wie in Tafel IX.

Die Zahlen I—VI. deuten die Entwicklungsfolge der Blättchen am Knospengrunde entsprechend dem Grundriss Fig. 12. an.

Bei g Fig. 13. hat sich neben dem Hauptseitenzweige des Vorkeimes schon eine zweite Knospe (c) entwickelt. Der Hauptseitenzweig selbst ist hier ein nacktfüssiger Zweig mit entwickelten, freien Rindensegmenten.

Bei k Fig. 14. ist der abnorme, Seite 312 besprochene Fall eingetreten, dass eine Seitenknospe mitten auf einem Gliede des Vorkeimes steht. Hier ist zugleich der Haupt-Seitenzweig (x) des Vorkeimes ein normal berindeter Zweig und es haben sich neben der Vorkeimspitze (pt) nur 5 Blättchen (I. bis V.) entwickelt; r ist das unterste Internodium eines neben dem Zweigvorkeime stehenden nacktfüssigen Zweiges. —

Taf. XII.

Fig. 1. (50) Spitze eines fast völlig erwachsenen Zweigvorkeimes mit den Blättchen des Knospengrundes, die immer völlig nackt und knotenlos bleiben und untereinander an Grösse verschieden sind.

Die Zahlen I—VI. geben ihre Entwicklungsfolge an; man vergleiche auch Taf. XI. Fig. 12., 13. und 14.

Fig. 2—7. (170) und 8. (116) Verschiedene Entwicklungsstufen der Zweigvorkeime; ab, v, q, d, i wie in Fig. 1—11. Taf. XI. v ist bereits in der Bildung der Uebergangsknoten weit vorgeschritten; q hat sich zum langen Schlauche verlängert und d in den Wurzelknoten umgebildet. Fig. 3. und 4. stellen denselben Zweigvorkeim, von der Seite (4) und von vorn (3) dar. Die allmähliche Entwicklung des Knospengrundes und seiner Blätter tritt in diesen Figuren deutlich hervor.

Die Ziffern I., II., III. bezeichnen wieder die aufeinanderfolgenden Blättchen des Knospengrundes, soweit diese eben in jeder Figur schon hervorgetreten sind. In Fig. 3, 5 und 6 sieht man vorn, zwischen Blatt I und II, die schon nach oben gerichtete Vegetationszelle (= v. Fig. 4.); unter ihr durch die Scheidewand getrennt die primäre Gliederzelle für den dritten Uebergangsknoten (= m Fig. 4), in Fig. 3. noch ungeteilt, in Fig. 5 und 6 schon in die Zellen für die Blättchen IV und V des Knospengrundes geteilt. Diese treten in Fig. 7 vorn schon papillenartig hervor, während die Vegetationszelle wieder neue, von nun an normal sich verhaltende (Fig. 8) primäre Gliedzellen anlegt.

Fig. 8. stellt einen Fall dar, bei welchem die Blättchen III. bis VI. unentwickelt bleiben, obgleich die für sie bestimmten Zellen vorhanden sind.

Taf. XIII.

Fig. 1—3. (20) Nacktfüssige Zweige. Das nackte, unterste Glied, mit welchem sie dem Muttersprosse aufsassen, ist bei a nahe unter der Terminalknospe durchschnitten. Sie zeigen sehr verschiedene Zustände der Blattberindung des ersten Quirles in Verbindung mit verschiedenartiger Entwicklung und Ausbildung der eigentlich für die Bekleidung des untersten Internodiums (a) bestimmten freien Rindensegmente (rs.rs...). Man vergleiche auch r, Fig. 2. Taf. X.

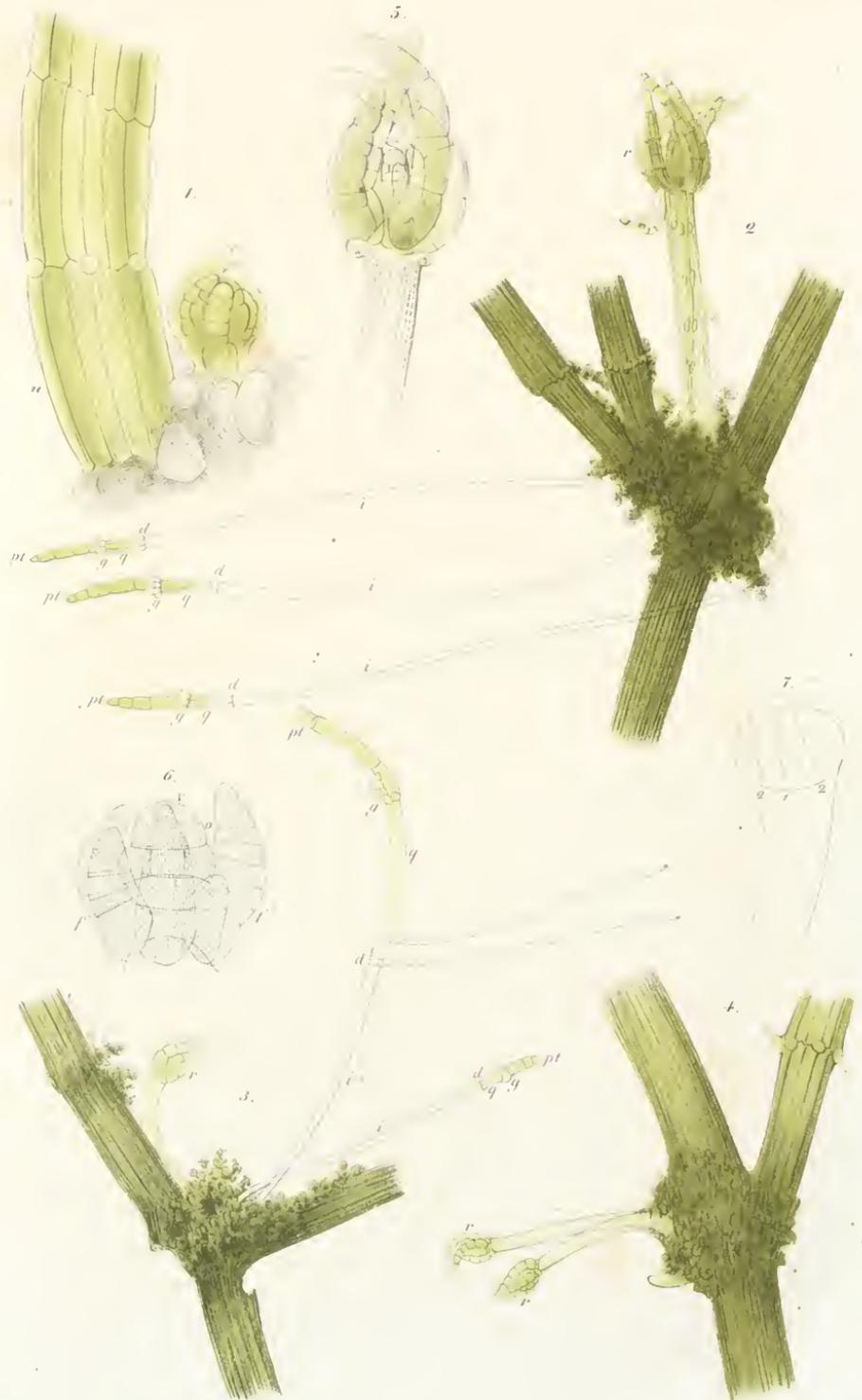
Fig. 4. Terminalknospe eines wachsenden Zweiges mit normaler Berindung des Internodiums ad und mit einer Axillarknospe (g). Die einzelnen Rindensegmente haben sich schon geteilt, aber die seitlichen Reihen sind noch nicht angelegt. Die Axillarknospe (g) besteht aus der Vegetationszelle (v), der jüngsten primären Gliederzelle (i), unter welcher schon ein noch blattloser Knoten und die zu ihm gehörige, noch nicht gestreckte Internodialzelle vorhanden ist.

Fig. 5. (170) Stärker vergrösserte Terminalknospe des Seitenzweiges am Vorkeime Fig. 1. Taf. XII., aus den umgebenden Blättchen des Knospengrundes herauspräparirt; von diesen sind nur noch die Blättchen IV. und V. in ihrer vorherigen Stellung zur Knospe sichtbar. Von dem Blattkreise (g) umgeben sieht man die Spitze der Knospe, deren Entwicklungszustand ungefähr der Axillarknospe g in Fig. 4. derselben Tafel gleicht.

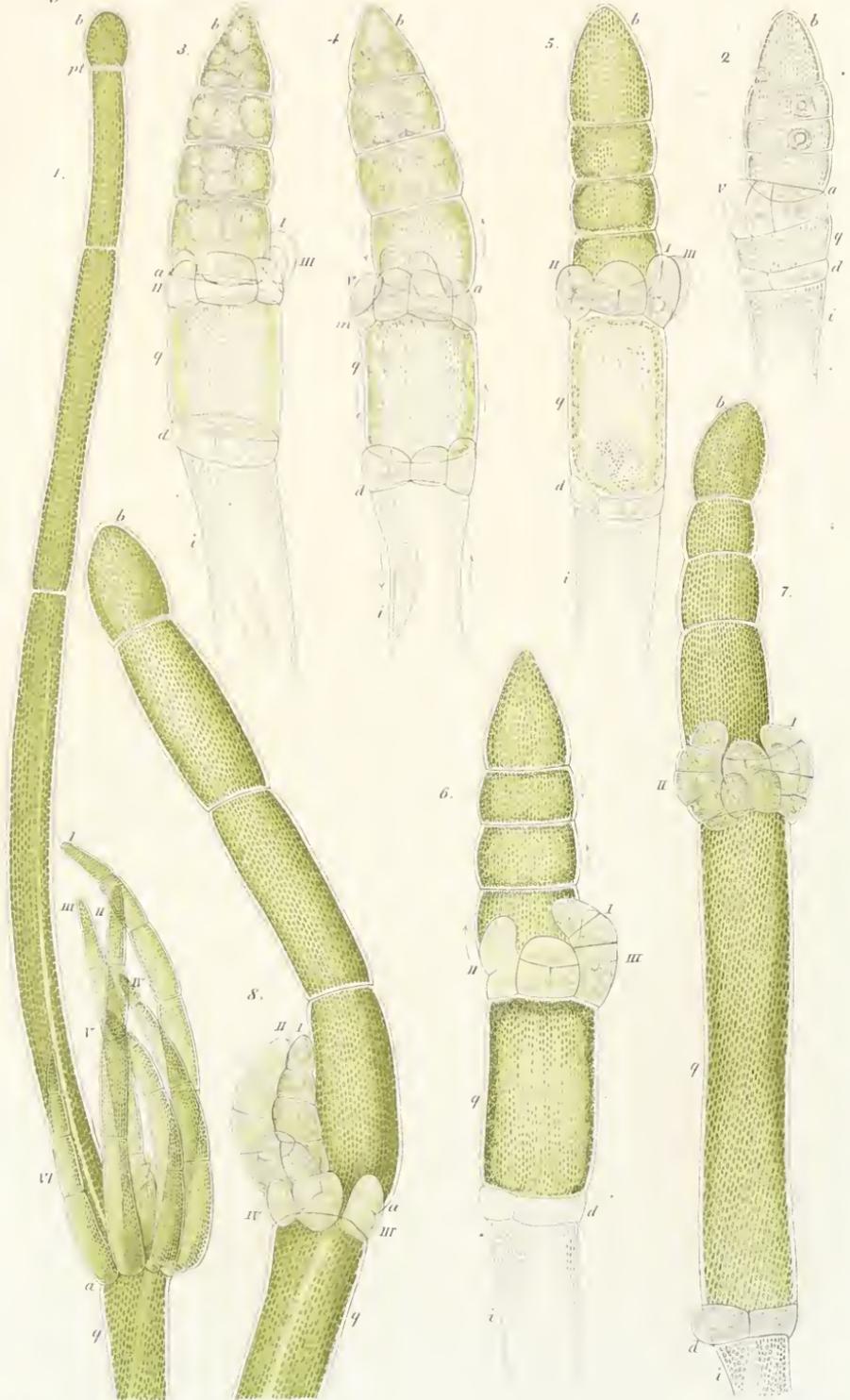
Fig. 6. Wurzelknoten eines Zweigvorkeimes mit einem sich erhebenden, nacktfüssigen Zweige. Der Seitenzweig besteht aus der Vegetationszelle (v), dem Knoten (f. f'), aus dessen peripherischen Zellen die Blattanlagen hervorzutreten anfangen (f' wird zum ältesten Blatte); zu unterst das in Streckung begriffene, unterste, nackte Internodium (h).

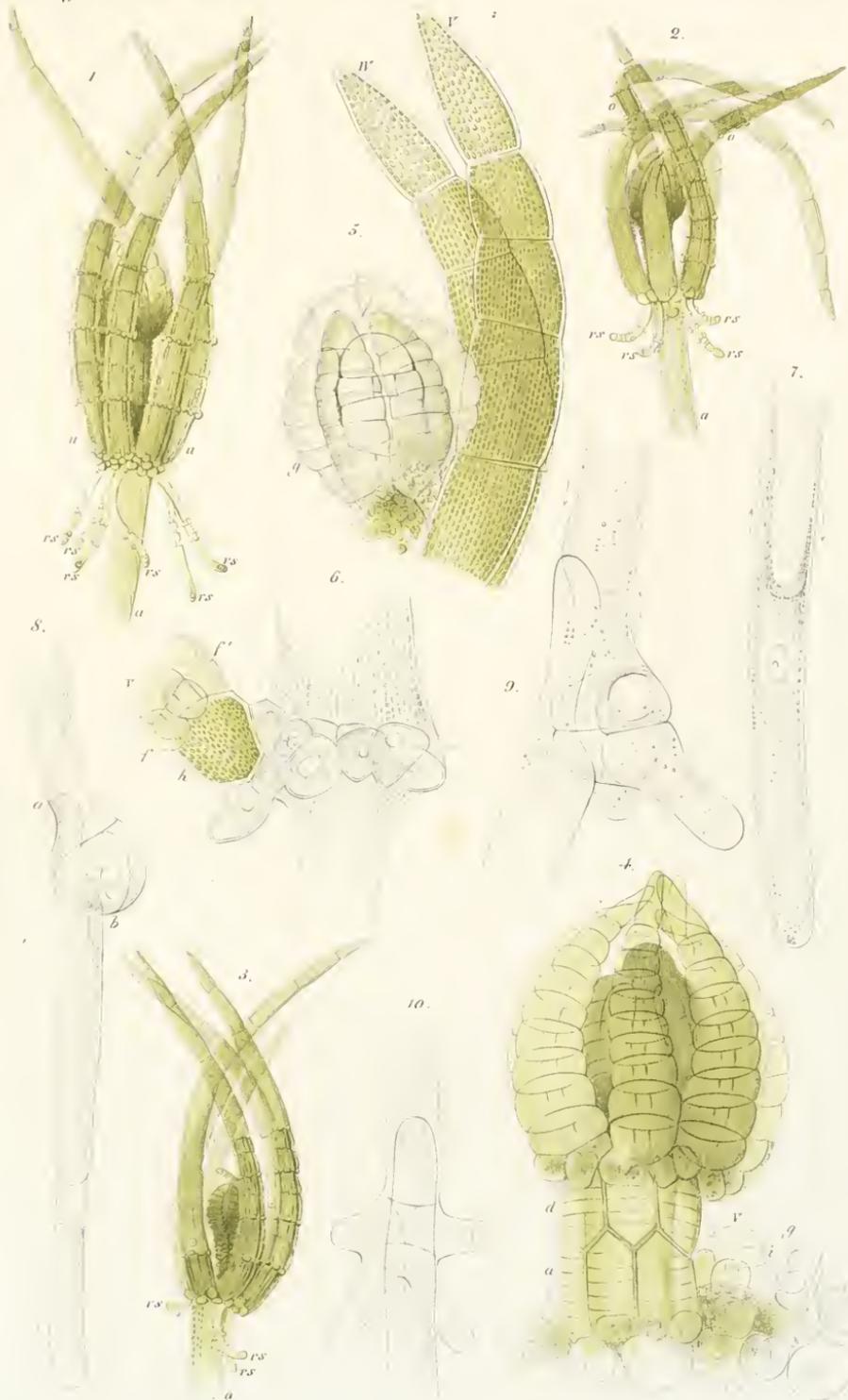
Fig. 7—10. (240) Verschiedene Zustände von Wurzelspitzen und Wurzelgelenken der Chara fragilis. Man vergleiche die Anmerkung S. 305 unter dem Texte.











ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1863

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Pringsheim Nathanael [Nathan]

Artikel/Article: [Ueber die Vorkeime und die nacktfüssigen Zweige der Charen 294-324](#)