FLORA.

63. Jahrgang.

№ 16. **Regensburg, 1. Juni** **1880.**

Inhalt. H. Vonhöne: Ueber das Hervorbrechen endogener Organe aus dem Mutterorgane. (Fortsetzung.) — Bücheranzeige. — Einläufe zur Bibliothek und zum Herbar.

Ueber das Hervorbrechen endogener Organe aus dem Mutterorgane.

Von **H. Vonhöne.**

(Fortsetzung.)

B. Mechanische Wirkungen.

Wichtiger, wie mir scheint, sind mit Rücksicht auf die zu beantwortenden Fragen die mechanischen Wirkungen, die von der jungen Wurzel auf die umgebenden Zellen ausgeübt werden, wichtiger insoweit, als es vorzüglich diese sind, welche der Wurzel den Weg in's Freie öffnen. Auch sind sie es, welche selbst bei oberflächlicher Betrachtung zuerst erkenntlich sind; es genügt meistens eine Beobachtung mit unbewaffnetem Auge, um auf ihre Gegenwart mit Sicherheit schliessen zu können. Fast immer zeigt sich nämlich an der Stelle, wo eben eine junge Wurzel hervorbrechen will, ein kleiner Höcker, der je nach der Natur des zu durchbrechenden Gewebes bald grössere, bald geringere Dimensionen annimmt, und einem Vorrücken der Zellen des Mutterorgans nach aussen seine Entstehung verdankt. Dieses Vordrängen, sei es mit oder ohne Zellvermehrung, ist aber ohne mechanische Kräfte nicht zu erklären. Führt man dann aber einen Schnitt durch jene Partie des Gewebes, so zeigt sich eine manchmal recht starke Gewebespannung, die

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0245-9

sich dadurch zu erkennen gibt, dass die junge Wurzel den ihr gebotenen freien Raum benutzt und weit über ihre bisherige Begrenzungslinie hinaus vorschnellt. Wurzel und umgebendes Gewebe liegen dann in verschiedenen Ebenen, und zwar liegt die Wurzel unter oder über ihrer Umhüllung, je nachdem der Schnitt über oder unter der Mediane der Wurzel geführt ist. Dies ist also ein ganz unumstösslicher Beweis für die Existenz von Druckkräften, deren Richtung mit der Axe der Wurzel zusammenfällt. Es fragt sich nun, wie verhält sich das entgegenstehende Gewebe des Mutterorganes unter ihrer Einwirkung?

Offenbar sind zwei Fälle möglich. Das Gewebe kann den Character eines Dauergewebes zeigen, das keines Wachsthums mehr fähig ist, und dann wird es in tangentialer Richtung gestreckt werden, so lange es seine Dehnbahrkeit zulässt, und hernach zerreissen; oder es kann durch den Druck seinerseits zu Theilungen veranlasst werden, also ein Wachsthum zeigen, das man, weil es durch die Einwirkung einer äusseren Kraft hervorgerufen ist, vielleicht ein passives nennen könnte. Im letzten Falle wird es seine Zellen in tangentialer Richtung entsprechend vermehren, so dass es den jungen Spross mützenartig umgibt. Schliesslich aber wird doch das Spitzenwachsthum verbunden mit der intercalaren Streckung in dem jungen Organe eine so bedeutende Längenausdehnung zu Wege bringen, dass ältere Theile, deren Zellen sich bereits in einem relativen Dauerzustande befanden, wie es bei den sich theilenden Zellen des Mutterorgans der Fall ist, nicht damit gleichen Schritt werden halten können; ein schliessliches Durchbrochenwerden ist also auch für diese Zellen mit Wachsthum unvermeidlich.

Beide Modificationen kommen in der That in der Natur vor und sind sogar vielfach an derselben Pflanze anzutreffen. Die gewöhnlichen Parenchymzellen werden rein passiv gestreckt, insofern Resorption allein nicht schon hinreicht, sie aus dem Wege zu räumen, die festeren Elemente an der Peripherie, das collenchymatisch verdickte Parenchym sowie das Hautgewebe setzen den tangentialen Zug in Wachsthum um. Sehen wir uns daher die Fälle wieder im Einzelnen an.

1. *Poa pratensis* (?).

Der Querschnitt durch einen Knoten zeigt uns einen Kranz von Gefässbündeln, die mit ihren Bastbelegen sich ungefähr berühren und ein dünnwandiges Parenchym einschliessen, dann

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0246-5

8 bis 9 Lagen gewöhnlicher, nicht zu dünner Rindenzellen von ungefähr kreisförmigem Umriss und schliesslich eine verstärkte Epidermis mit 1 bis 3 Zellschichten, deren Wände collenchymatisch verdickt sind; letztere haben eine mehr oder weniger quadratische Form. In den nicht sehr festen Rindenzellen wird, wie wir gesehen haben, in Folge der Einwirkung des Secretes der Turgor so sehr vermindert, dass dieselben ungefähr in gleichem Tempo zusammenklappen, wie die Wurzel vordringt; höchstens bemerkt man in diesem Gewebe eine Spur von radialem Druck, der sich dadurch verräth, dass die Zellen schwach elliptische Form annehmen. Dies ändert sich aber sofort, sobald die Wurzel soweit vorgedrungen ist, dass die äusseren, festeren Zellschichten in Folge der Einwirkung des Secretes einen Theil ihres Turgors verlieren sollten. Solches tritt nicht ein, und bildet wahrscheinlich die Beschaffenheit der Wandungen das Hinderniss. Die Folge des weiter fortschreitenden Wachsthums der Wurzel ist also nothwendig Gewebespannung, wobei die Zellen, die im unveränderten Zustande quadratisch erscheinen, in tangentialer Richtung gestreckt werden. Die Spannung nimmt mit dem Radius an Grösse zu, ist also in der Epidermis am stärksten. Hat dieselbe einen gewissen Grad erreicht, so zeigt sich, dass die Vergrösserung der Zellen nicht durch blosse Dehnung der Membranen zu Stande kommt, sondern dass der Plasmaschlauch dabei thätig ist: es treten nämlich Theilungen ein. Diese sind am zahlreichsten in der Epidermis, deren Zellen sich manchmal zweimal theilen und dann noch einen bedeutend erweiterten tangentialen Durchmesser zeigen; entsprechend theilen sich die folgenden Zellschichten (vergl. Fig. 4). Dadurch kommt eine mützenartige Bedeckung der Wurzel zu Stande, die sich zuerst halbkugelig, später kegelig abhebt. Da aber diese Mütze im Wachsthum mit der Wurzel nicht gleichen Schritt zu halten vermag, namentlich wohl desshalb nicht, weil in der Wurzel zum Spitzenwachsthum die intercalare Streckung hinzu kommt, so hören nach einiger Zeit ihre Zellen auf, sich zu theilen und beginnen abzusterben. Dieser Process hat ungefähr folgenden Verlauf.

Zuerst beginnen in der Epidermis die Radialwände wohl in Folge der Abnahme des Turgors sich wellig zu verbiegen oder knicken in der Mitte ein. Der ganze radiale Druck wirkt also auf den Inhalt, denn nur durch diesen werden die tangentialen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0247-1

Wände gehindert, auf einander zu klappen und dadurch die Spannung zu vermindern. Es ist also der Plasmaschlauch mit dem eingeschlossenen Zellinhalt einem starken Druck ausgesetzt, der seiner Lebensfähigkeit entschieden Abbruch thut, und wenn er auch nicht sofort abstirbt, wie wir schon bei anderer Gelegenheit sahen, so erliegt er doch nach einiger Zeit dem sich immer steigernden Drucke. Der Turgor in den Zellen ist also verschwunden, die Wände klappen in Folge des mangelnden Widerstandes auf einander und verlieren dadurch wenn nicht die ganze Spannung, so doch einen beträchtlichen Theil derselben.

So geht es auch in den anderen Schichten, die Zellen mit verdickten Membranen besitzen, so dass die Wurzelspitze in einem gewissen Stadium nur mehr von einem Complex todter Zellen überdeckt ist, deren Radialwände zur Seite gebogen oder in der Mitte geknickt sind, deren Tangentialwände dagegen, von der Wurzel aus in Spannung gehalten, aufeinander liegen. Für kurze Zeit ist so der tangentiale Zug abgeschwächt; allein bald ist der gewonnene Raum wieder von der Wurzel ausgefüllt, und die Membranen haben wieder die alte Spannung. Da nun aber die todten Zellen ausschliesslich passiv gestreckt werden können, so tritt sehr bald der Zeitpunkt ein, wo diese Streckung denjenigen Grad erreicht hat, dass die Cohäsion der Moleküle überwunden wird, und eine Oeffnung entsteht, durch welche die Wurzel in's Freie treten kann. Die todten Zellen fallen natürlich alsbald der Zerstörung anheim; es geht also bei der hier beschriebenen Art des Durchbruchs zum Unterschied von einer anderen, die wir später bei *Salix* kennen lernen werden, immer ein Complex von Zellen zu Grunde, so dass eine rundliche Oeffnung entsteht und keine Spalte.

Um sich das Voranschreiten des Absterbens recht deutlich zu machen, kann man sich den ganzen Kegel in successive Querschnitte zerlegt denken; alle Zellen desselben Querschnittes sterben dann ungefähr zur selben Zeit ab.

Ob man nun anzunehmen hat, dass auch jetzt noch die Resorption wirke, und wir es also im letzten Stadium des Durchbruchs mit einer Combination von zwei Kräften zu thun haben, wage ich nicht zu entscheiden, ist mir aber nicht gerade unwahrscheinlich. In den Zellen mit ausgeprägt verdickten Membranen ist freilich die Wirkung der Resorption so gering im Vergleich mit der der mechanischen Kraft, dass man ihre Thä-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0248-7

igkeit nicht mehr deutlich erkennt. Anders wird es dagegen in den Zellen, die den Uebergang von dickwandigen zu dünnwandigen bilden; in dieser Mittelregion kann recht gut der Fall eintreten, dass beide Kräfte gemeinsam wirken, so dass also das Absterben sowohl centripetal, als centrifugal vor sich geht.

2. *Lysimachia nummularia.*

Bei *Lysimachia* sind es meistens nur zwei Zellschichten, die verdickte Wände zeigen, nämlich die Epidermis und die erste Rindenschicht; die zweite Rindenschicht bildet den Uebergang zu dem gewöhnlichen, dünnwandigen Parenchym. Dann aber zeigt der Stamm zu beiden Seiten zwei Längsleisten von einiger Breite, in welchen das mechanisch wirksame Gewebe um zwei bis drei Schichten verstärkt ist. Es ist dieser Umstand insofern interessant, als wir ihn vielleicht als einen Prüfstein benutzen dürfen für die Richtigkeit unserer Annahme, dass das Eintreten der Gewebespanung und der Theilungen von der Beschaffenheit der Membranen abhängig sei. Ist letzteres nicht der Fall, sondern sind sonstige unbekannte Umstände die Veranlassung, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sich die mechanischen Zellen in jenen Leisten, die zu den zwei auch sonst vorhandenen hinzukommen, wie einfache Rindenzellen verhalten. Ist dagegen unsere Voraussetzung richtig, so wird sich das ganze System von Zellen mit verstärkten Wandungen gleichartig verhalten, abgesehen natürlich von den Verschiedenheiten, die durch die Lage bedingt sind. Nun zeigt sich aber, dass sich alle diese Zellen wirklich gleichartig verhalten, vor allem also alle passives Wachsthum zeigen; also wird unsere Annahme hier nicht widerlegt.

Im Uebrigen stimmt der Vorgang des Durchbruchs ziemlich mit dem bei der Graminee beschriebenen überein. Ist die Wurzel bis auf etwa vier Zellreihen an die Oberfläche gekommen, so treten die festeren Zellen in den Bereich des Secretes, das hier aber keine Wirkung hervorzubringen vermag. In Folge dessen tritt Gewebespannung ein, in der Weise, dass die Zellen in radialer Richtung gedrückt werden. Sie erfahren also in tangentialer Richtung einen Zug, dem sie nachgeben erst durch Streckung, dann durch Theilung. Der dadurch entstehende Kegel vergrössert sich immer mehr, bis schliesslich das Absterben in centripetaler Richtung, wie wir es oben beschrieben haben, auch hier in einer Epidermiszelle seinen Anfang nimmt

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0249-5

und nun immer weiter nach innen gelegene Zellen ergreift, bis die Wurzel in's Freie gelangt. Dieser Vorgang nimmt keine lange Zeit in Anspruch, wenn überhaupt erst das Absterben begonnen hat, da ja meistens nur drei Zellreihen mit Hülfe der Druckkraft zu durchbrechen sind. Dazu kommt, dass die innerste als auch noch zur Wirkungssphäre der Resorption gehörig schon früher durchbrochen wird.

Die auftretenden Streckungen und Theilungen sind übrigens recht lebhaft; Fig. 3 gibt eine Ansicht davon. Manche Zelle hat sich zweimal getheilt, und dabei haben die entstandenen Tochterzellen noch bedeutend erweiterten Umfang. Dazu zeigt der Schnitt gerade den Beginn des centripetalen Absterbens. Die dritte Zellreihe ist schon früher durchbrochen; man sieht noch die Spuren der Lumina bei (l). Die beiden äusseren Reihen sind weiter gewachsen, aber jetzt eben im Begriff, im Wachsthum nachzulassen und blos mehr mechanisch gegen den Druck zu reagieren. Die Radialwände zeigen sich schwach verbogen und deuten darauf hin, dass der Anfang der Zerstörung eingetreten ist.

In ähnlicher Weise geht das Durchbrechen der äusseren, festeren Theile der Rinde bei *Hedera Helix* vor sich. Auch *Tradescantia Sellowi* gehört hieher, jedoch ist es hier nur die Epidermis, welche etwas verstärkt ist und deshalb Theilungen zeigt.

3. *Salix fragilis.*

Diese Pflanze zeigt uns einen etwas anderen Typus des Durchbrechens, der sich aber nach genauer Berücksichtigung aller Umstände recht gut den bisher abgehandelten anschliesst. Es findet sich hier unter der Epidermis eine Schicht von 4 bis 5 Zellen, die bedeutend verdickte Wandungen besitzen und ohne Intercellularräume an einander anschliessen. Auf Längsschnitten zeigen die Querwände hie und da eine schwache Neigung zum schiefen Verlauf, sind aber in grosser Anzahl vorhanden, so dass Längs- und Querdurchmesser manchmal gleich sind. Es bilden diese Zellen also ein System, dessen mechanische Leistungsfähigkeit voraussichtlich nicht so ganz gering ist. Kommt nun die Wurzel an diese Lage, so tritt nothwendig Gewebespannung ein, da die Wurzel in die Länge wächst, und die Zellen durch blosse Einwirkung des Secretes nicht zu beseitigen sind, wie es bei den bisher durchbrochenen, lockeren und dünn-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0250-6

wandigen Rindenzellen der Fall war. Diese Spannung erreicht hier alsbald einen um so höheren Grad, als die Widerstand leistenden Zellen wieder im Gegensatz zu den bisher abgehandelten Fällen durch den Druck auch nicht zu bedeutender Vermehrung veranlasst werden. Man sieht zwar hin und wieder auf dem Querschnitt radiale Theilungswände, ein Beweis, dass auch hier die äussersten Zellen der Rinde noch bildungsfähig sind, indess treten sie so sparsam auf, dass man sie mit Rücksicht auf das rasche Längenwachsthum der Wurzel kaum in Betracht zu ziehen hat, wenn durch sie eine Verminderung der Spannung herbeigeführt werden soll. In Folge dessen ist die letztere hier so stark, wie ich sie sonst nirgends wieder gefunden habe; die Wurzel schnellt über 4 bis 5 Zellschichten hinweg, wenn man ihr den Weg durch einen Schnitt frei macht.

Diese starke Spannung ist nun wohl die Veranlassung, dass sich in den tangentialen Membranen des gespannten Stammgewebes, die früher überall gleichmässig verdickt waren, dünngewordene Stellen zeigen, gleichsam als wäre die Verdickungssubstanz plastisch. Diese Stellen, in Fig. 1 mit (d) bezeichnet, die in den äusseren Lagen zuerst auftreten, werden immer dünner und zarter, während die Zellen zugleich sich in tangentialer Richtung manchmal recht bedeutend ausdehnen, bis letztere schliesslich an diesen Stellen reissen. Auf diese Weise kommt, da hier höchstens eine einzige radiale Zellschicht zerstört wird, und zudem die weiter nach innen gelegenen Schichten noch wachsen, wenn die äusserten schon zerrissen sind, ein nach aussen weit klaffender, longitudinal am Stamm verlaufender Riss zu Stande, durch den die Wurzel ihren Weg nimmt. Untersucht man nun, woher es kommt, dass hier nicht, wie bei den bisher abgehandelten Fällen, zuerst die Lumina verkleinert und die Zellen zum Absterben gebracht werden, ehe die Tangentialwände dem Zuge unterliegen und reissen, so kommt man zu dem Resultat, dass nur die erhöhte Festigkeit der Radialwände der Grund sein kann. Daher kommt es, dass jetzt zuerst die gezogenen und nicht die gedrückten Wände nachgeben. Ein zu sehr gesteigerter Zug bedingt aber ein Zerreissen, und so ist die Entstehung des Risses nothwendige Folge. Es ist also eigentlich doch derselbe Vorgang, wie die früher beobachteten, nur wird hier die Zerstörung eines grösseren Zellcomplexes vermieden.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0251-2

4. *Lycopodium spec.*

Bisher haben wir Gelegenheit gehabt, zu verfolgen, in welcher Weise dünnwandiges Parenchym und collenchymatisch verdickte Zellen sich dem mechanischen Druck gegenüber verhalten. Es wird jedenfalls interessant sein, auch zu sehen, wie der typische, ausgebildete Bast auf Druck reagiert. Von vorn herein kann man schon mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit erwarten, dass der Bast wegen seiner Eigenschaft als Dauergewebe, dem die Bildungsfähigkeit fehlt, nicht wachsen kann, die durch den Druck hervorgerufene Veränderung also höchstens in tangentialer Streckung bestehen wird. Wenn dem aber so ist, so muss letztere offenbar nach und nach solche Dimensionen annehmen, dass die Cohäsion der Molucüle überwunden wird, und ein Zerreissen eintritt.

Die Beobachtung lehrt die vollständige Richtigkeit dieser Annahme. Zum Beobachtungsobject muss man indessen eine Pflanze mit geschlossenem Bastmantel wählen; besteht nämlich der Bast nur in Leisten, Pfosten oder Platten, so wird die Wurzel durch den ungleichen Widerstand des entgegenstehenden Gewebes seitwärts gedrängt und bohrt sich ihren Weg durch das zwischen liegende Parenchym, selbst wenn die vom Bast freigelassene Lücke auch nur soviel Raum böte, dass sie sich erheblich einengen müsste. Dieses hatte ich wiederholt bei *Salix* beobachtet, wo die Wurzel in dieser Weise sowohl die Bastpfosten und -Platten umgeht, als auch die Blattspurstränge des Tragblattes, in deren Nähe sie so häufig entsteht.

Also nur im äussersten Falle, wenn der Bast in Form eines geschlossenen Ringes auftritt, bahnt sich die Wurzel auch durch ihn ihren Weg.

Einen solchen geschlossenen Bastcylinder, dessen Zellen in sehr vielen Fällen von typischer Form sind, bieten die *Lycopodium*-Arten dar, und zwar gewöhnlich einen doppelten; der eine umschliesst den centralen Gefässstrang, der andere liegt unmittelbar unter der Epidermis. Da aber der innere schon durchbrochen wird, (wie es mir wenigstens nach dem, was ich an meinem Herbarmaterial habe sehen können, wahrscheinlich ist), bevor er seine Differenziierung beendet hat, so ist bei unserer Frage nur der äussere Mantel zu berücksichtigen.

Die Wurzel wird schon sehr früh angelegt und durchbricht den inneren, noch in der Entwickelung begriffenen Bastmantel

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0252-8

sowie die Rinde wahrscheinlich durch Resorption. Der äussere Mantel aber ist schon ausgebildet, wenn die Wurzel an ihn herankommt; hier tritt desshalb Spannung ein, der der Bast rein passiven Widerstand entgegengesetzt, so dass die Zellen wohl etwas gedehnt werden, aber absolut keine Theilungen zeigen. Hat die Spannung einen gewissen Grad überstiegen, so tritt an irgend einer Stelle ein Auseinanderweichen der Zellen ein, und die beiden getrennten Theile werden zur Seite geschoben, ohne dass erheblich Zellen dabei zerstört würden.

C. Folgen des Dicken- und Längenwachsthums.

Nachdem wir gesehen, wie die Wurzel sich ihren Weg durch die Rinde bahnt, bleibt uns nur noch übrig zu untersuchen, welches die Folgen des Dickenwachsthums sind, um zu sehen, ob vielleicht auf diesem Wege die tiefe Wunde, welche dem Stamm durch die hervorgedrungene Wurzel zugefügt ist, wieder geschlossen wird.

1. Dickenwachsthum.

Wir haben gefunden, dass sich die Wurzel durch die Rinde eine meist cylindrische Oeffnung bohrt, welche hinreichend Raum gewährt, um den jungen Spross ungehindert passieren zu lassen. Dass dem wirklich so ist, und dass die Wurzel nicht von allen Seiten eingeengt wird, sieht man auf Tangentialschnitten durch den Stamm an den Stellen, an denen eben junge Wurzeln hervorgebrochen sind. Ein solcher zeigt, dass die junge Wurzel nach allen Seiten freien Raum hat und so lose in ihrer Umhüllung liegt, dass sie manchmal herausfällt. Dies ändert sich freilich sogleich, wenn man sich der Basis der Wurzel nähert oder eine schon herangewachsene Wurzel zur Untersuchung wählt. Alsdann hat diese schon ihren Durchmesser vergrössert und füllt den ganzen gebotenen Raum, selbst alle Lücken und Unebenheiten des Cylindermantels vollkommen aus. Sie muss also einen Druck in der Richtung ihres Radius auf die Rindenzellen ausüben, der aber, da das Dickenwachsthum meistens nur gering ist, von keiner bedeutenden Stärke sein wird; wenigstens merkt man ihn an der Form der Zellen nicht. Der enge Contact jedoch zwischen den Zellen der Rinde und denen der Wurzel, zu dessen Herstellung die Dickenzunahme immerhin genügt, hat in den meisten Fällen die wichtige Folge, dass die Wände derselben mit einander verwachsen. Also die Wunde, die durch das Hervorbrechen des endogenen Organes

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0253-3

entstanden war, wird durch das Dickenwachsthum desselben wieder geheilt, und es besteht fortan zwischen Stamm und Wurzel wieder ein anatomischer Gewebezusammenhang. Dieser Heilungsprocess, der immer eintritt, wenn das benachbarte Stammgewebe noch bildungsfähig ist, schreitet centrifugal fort und hört erst in den obersten Regionen des hohlen Kegels auf, wo vielleicht die einfache Zellenlage, von denen er dort gebildet wird, nicht mehr Widerstand genug bietet, um den zur Verwachsung nöthigen innigen Contact zwischen den verwachsenden Theilen herzustellen.

An einem Tangentialschnitt durch den Stamm sieht man dann 5 bis 8 Zellen der Wurzelrinde mit einer Zelle der Stammrinde verwachsen; die beiden Organen gemeinsame Wand ist verdickt. (Vergl. Fig. 11. 7.) Die obersten, nicht verwachsenden Zellen des Kegels sterben späterhin ab und gehen zu Grunde.

In Bezug auf das Verwachsen der Wurzel- und Rindenzellen verhielten sich die untersuchten Pflanzen ohne Bastring mehr oder minder alle gleich; sind doch auch alle Gewebe, die die Wurzel zu durchbrechen hat, mit Ausnahme des Bastes in einem gewissen Grade noch bildungsfähig. Allenfalls könnte man darin einen Unterschied finden, dass die Höhe des verwachsenen Kegeltheiles variiert; dieselbe richtet sich einerseits nach der Grösse des Kegels überhaupt, andererseits nach der Grösse des einschichtigen Theiles desselben, der bekanntlich nicht verwächst.

Eine Verwachsung kann dagegen nicht eintreten an den Stellen, wo ein Bastring durchbrochen wird. Dafür sind wieder die *Lycopodium*-Arten ein Beleg, die hier passend in zwei Abtheilungen getrennt werden, in kriechende und aufrechte, weil sie in Bezug auf den Entstehungsort der Wurzeln wesentliche Verschiedenheiten zeigen.

Die kriechenden Arten (*Lycopodium alpinum*, *clavatum*, *annotinum* etc.) erzeugen entsprechend dem Character vieler kriechenden Pflanzen da und dort am Stamme Wurzeln, die wahrscheinlich schon sehr früh angelegt werden (wenigstens fanden sich an den mir vorliegenden getrockneten Exemplaren schon nahe der Spitze des Stammes ziemlich entwickelte Stadien) und die Rinde senkrecht durchbrechend an die Oberfläche treten. Untersucht man nun ältere, ausgewachsene Wurzeln, so findet man zunächst, dass der innere Bastcylinder des Stammes mit dem der Wurzel anatomisch verbunden ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0254-9

In einer bestimmten Region werden die auf dem Querschnitt rundlichen Zellen langgestreckt und gehen continuierlich in den Wurzelkörper über. Weiter nach aussen aber, wo man meistens schon einen doppelten Bastring in der Wurzel unterscheidet, und der äussere an die parenchymatische Rinde und den äusseren Bastring des Stammes grenzt, findet sich zwischen Stamm- und Wurzelgewebe ein trennender Spalt. Zunächst kann die Verbindung zwischen Stamm- und Wurzelbastring nur durch nachträgliche Verwachsung entstanden sein. Denn dass früher nothwendig beide getrennt waren, und man das Vorkommniss nicht durch die Annahme erklären kann, der Bastring sei, als er sich noch in einem bildungsfähigen Zustande befand, mit der andringenden Wurzel mitgewachsen, folgt daraus, dass seine Fortsetzung nicht ausser-, sondern innerhalb der Wurzel liegt, somit einen Theil der letzteren bildet. Das konnte offenbar nicht eintreten, wenn es sich um blosses Mitwachsen des Stammringes handelte; vielmehr müsste dann ja die Ausstülpung des letzteren die Wurzel umhüllen. Auch habe ich bei *Lycopodium clavatum* ein wirkliches Verwachsen constatieren können, indem bei jüngeren Wurzeln der trennende Spalt weiter nach innen vordrang, als bei älteren, die Verwachsung also in dem Zeitabschnitt, um den die eine jünger war als die andere, in centrifugaler Richtung Fortschritte gemacht hatte. Eins freilich ist mir hier nicht gelungen, nämlich aus der grösseren Wanddicke die Wurzel und Stamm gemeinsame Wand mit Sicherheit zu erkennen; es ist dies aber um so weniger auffallend, als hier alle Zellwände in hohem Grade verdickt sind und deshalb einen Unterschied nicht so leicht hervortreten lassen.

Der Umstand, dass Verwachsung eintreten konnte, ist ein zweiter Beweis für die Annahme, dass die Anlage der Wurzel früh geschah, da offenbar zu jener Zeit die Zellen des späteren Bastringes noch wachsthumsfähig waren. Zugleich aber folgt aus der Thatsache, dass der Bastring an der Stelle, wo er in die Wurzel übergeht, fast gar nicht gegen die Peripherie vortritt, dass derselbe höchst wahrscheinlich durch Resorption durchbrochen wurde.

Hier haben wir also die auffallende Erscheinung, dass die Wunde nur zum Theil geschlossen ist. Es ist indess ein gewisser Ersatz für die fehlende Verwachsung geschaffen, indem die sonst dünnwandigen Parenchymzellen hier am Rande Ver-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0255-5

dickungen zeigen. Man könnte also mit gewissem Recht behaupten, die Wunde sei zum Theil geheilt, zum Theil vernarbt.

Verschieden von den kriechenden Arten in Bezug auf die Art der Wurzelanlage sind die aufrechten Arten, von denen ich *Lycopodium Selago* näher untersucht habe. Hier kommen, wie Strasburger (Bot. Zeitg. 1873 pag. 109) gezeigt hat, Wurzeln nur an den Theilen des Stammes zum Vorschein, die an oder unter der Erde liegen. Sie entstehen aber bei weitem nicht auch alle an diesen Theilen, sondern als sogenannte innere Wurzeln nehmen sie ihren Ursprung weiter oben am centralen Gefässbündelcylinder und wachsen annähernd parallel durch die Rinde hinunter, bis sie schliesslich langsam divergierend den äusseren Bastmantel durchbrechen und in's Freie treten. Der schliessliche Durchbruch geschieht übrigens ganz so, wie bei den kriechenden Arten, und brauchten wir daher oben, als von demselben die Rede war, keine Unterscheidung zu machen. Auch hier ist nachträgliche Verwachsung eingetreten und zwar sicher zwischen dem Bastring der Wurzel und dem inneren des Stammes, vielleicht auch hie und da zwischen dem Bastring der Wurzel und dem Parenchym des Stammes.[1]) Nicht verwachsen ist dagegen die Wurzel an der Stelle, wo sie den äusseren Bastmantel des Stammes passiert, vielmehr sieht man

---

[1]) Wenn Strasburger glaubt, der Bastring, der die Wurzel umgibt, gehöre dem Stamm und nicht der Wurzel an, so kann ich diese Meinung nicht theilen. Wäre dem so, so müsste derselbe doch offenbar an der Stelle aufhören, wo die Wurzel den Stamm verlässt. Davon kann aber nicht die Rede sein, vielmehr geht derselbe continuierlich weiter an der Grenze und lässt sich verfolgen bis in die meristematische Region der Wurzel. Was dann die Behauptung Strasburger's betrifft, die er zur Begründung seiner Ansicht anführt, dass nämlich „die sclerenchymatischen Zellen ununterbrochen in die entfernteren, dünnwandigeren Zellen der Rinde übergehen, die dünnwandigen Rindenzellen der Wurzel aber nicht mit den sclerenchymatischen zusammenhängen", so habe ich dieselbe nicht bestätigt gefunden. Auf Querschnitten durch *Lycop. Selago* sieht man nämlich sehr oft ausserhalb des fraglichen Bastringes zusammengedrückte Zellen der Stammrinde, die nur geringe Spuren des Lumens zeigen. Diese könnten offenbar nicht da sein, wenn der Bastmantel aus modificierten Rindenzellen gebildet würde. Auch habe ich häufig genug den vollständigen anatomischen Zusammenhang zwischen dem Bastring und den nach innen daran stossenden Zellen der Wurzel constatieren können; letztere stellen somit keineswegs die ganze Rinde dar, wie Strasburger glaubt, sondern sind bloss die innersten Schichten derselben, die vom Verholzungsprocess ausgeschlossen geblieben sind. Vergl. übrigens Nägeli und Leitgeb, Beitr. etc. IV. pag. 120.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0256-1

lie Bastzellen manchmal faserig abgerissen und mit den Enden nach auswärts gebogen.

2. Längenwachsthum.

Die Zelle oder die Zellen, durch deren Theilung die Wurzelanlage entsteht, sind mit den sie umgebenden Zellen in anatomischer Verbindung. Diese Verbindung wird für die an der Spitze der sich bildenden Wurzel gelegenen Zellen allerdings ausnahmslos gelöst; keineswegs geschieht dies aber auch immer für die seitwärts gelegenen Zellen, die vielmehr meistens mit der Wurzel in stetem Zusammenhange bleiben. Wenn nun die Wurzel beginnt, intercalar zu wachsen, so müssen natürlich auch die Rindenzellen in gleichem Masse oder doch in ungefähr gleichem sich vergrössern. Zuerst geht dies durch blosse Streckung, bald aber treten auch tangentiale Theilungen auf. Der Zug, durch den diese Theilungen veranlasst sind, wirkt zunächst auf den Kranz von Zellen, welche die Basis der jungen Wurzel umgeben, ergreift aber nach und nach auch die jenen benachbarten Zellen, pflanzt sich also in einer bestimmten Zellschicht fort. Wenn man bloss die eine Reihe betrachtet, die auf dem Querschnitt Fig. 6 von jener Schicht sichtbar ist, so wirkt der Zug gleichsam an einem biegsamen Hebel, der aus den mit (h) bezeichneten Zellen gebildet wird und durch die Radialwände, wie durch elastische Fäden, an dem centralen Cylinder des Stammes befestigt ist. Der Angriffspunkt dieses Hebels liegt an der Stelle, wo die erste Zelle links mit der Wurzel in Verbindung steht, und der feste Unterstützungspunkt liegt irgendwo in der Reihe der Zellen (h), jedoch so, dass er mit zunehmendem Ausschlagwinkel mehr und mehr von der Wurzel sich entfernt, und der Hebel an Länge zunimmt. In den einzelnen Zellen hat man sich, wie schon angedeutet, die Radialwände dehnbar vorzustellen; dieselben werden durch den Zug annähernd im Verhältniss ihres Abstandes von dem Unterstützungspunkte in Anspruch genommen. Die gezogenen Zellen haben passives Wachsthum, und so füllen die neu entstandenen Zellen auf dem Querschnitt eine Fläche von fast dreieckiger Form, deren Seiten aber nicht Gerade, sondern nach dem Innern des Dreiecks mehr oder weniger convexe Curven sind, während die Reihe ihrer Mutterzellen (h), die den Hebel bilden, nach aussen rückt und auf das über ihr liegende Gewebe einen radialen Druck ausübt. Weil aber zu gleicher Zeit der sich

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0257-7

streckende Theil, der Wurzel auch in die Dicke wächst, und der Grad des Dickenwachsthums mit zunehmendem Abstande von der Basis bis auf eine gewisse Entfernung in einer Weise steigt, dass die Oberfläche der Wurzel ungefähr ein abgestumpftes Rotationsparaboloid darstellt, dessen Scheitel mit der Basis der Wurzel zusammenfällt, so werden die Zellen ebenfalls auf Curven parallel der Wurzeloberfläche nach aussen geschoben. Der radiale Druck aber setzt sich mit dem tangentialen, welcher durch das Dickenwachsthum veranlasst wird, zu einer Resultante zusammen, die ein Hinaufrücken des die Wurzel umhüllenden Hohlkegels bewirkt.

Dieser Vorgang war im Wesentlichen bei allen untersuchten Pflanzen derselbe; Verschiedenheiten kommen nur dadurch zu Stande, dass das intercalare Wachsthum in seiner Grösse variiert und zweitens dadurch, dass die Verwachsung von Wurzel und Stamm in einigen Fällen erst zu einer Zeit eintritt, wo die intercalare Streckung schon beendigt ist, in anderen dagegen schon, während letztere noch fortdauert.

Durch starkes nachträgliches Längenwachsthum wird der Ausschlagwinkel unseres Hebels entsprechend vergrössert; also rücken die Zelllen weit hinaus. Zugleich werden die ursprünglichen Radialreihen immer mehr schief gestellt und gehen bei sehr grossem Winkel in tangentiale über. Auch findet manchmal wohl in dem hinausgeschobenen Complex ein Verschieben und Vorbeigleiten einzelner Zellen statt, so dass die Reihen ganz gestört werden. Tritt dann auch noch die Verwachsung von Stamm und Wurzel ein, ehe die Streckung der letzteren aufgehört hat, so werden auch die Rindenzellen des Stammes etwas in der Richtung der Wurzelaxe gestreckt, und alsdann kommt ein Gewebe zu Stande, welches scheinbar gleichartig sich von Stamm zu Wurzel fortsetzt, gleichsam als wäre letztere ein exogenes Gebilde. Es tritt dieser Fall bald mehr, bald weniger scharf ausgeprägt auf bei der untersuchten Graminee. Hier zeigt die Wurzel ziemlich bedeutendes intercalares Wachsthum, das auch noch andauert, nachdem die Verschmelzung von Stamm und Wurzel schon stattgefunden hat. Die Dauer der Streckung nach eingetretener Verwachsung ist nicht constant und hängt wohl wesentlich von der kürzeren oder längeren Frist ab, welche der Verwachsungsprocess erforderte. So findet man denn auch bald das Stammgewebe in der Nähe der Wurzel dem Gewebe der letzteren in hohem Grade gleichartig, bald

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0258-2

in weniger hohem Grade. Immer aber wird man bei genauer Betrachtung an der grösseren Verdickung der Wand unterscheiden können, wo Rindenzellen und Wurzelzellen verwachsen sind (vergl. Fig. 7); durch Verfolgung derselben nach innen findet man dann die Stelle, welche dem Angriffspunkte unseres Hebels entspricht, wo also von vornherein ein anatomischer Zusammenhang der Gewebe bestand. Denkt man sich nun den ursprünglichen Umriss des Stengels wiederh ergestellt, so findet man, dass der Angriffspunkt meist bis in die Nähe der Oberfläche vorgedrungen ist, der Ausschlagwinkel hier also eine bedeutende Grösse erreicht. Oben ist bemerkt, dass die den Hebelarm formierenden Zellen auf gewissen, der Begrenzungslinie der Wurzel parallelen Curven vorrücken. Da nun die Curven aus lauter congruenten Elementen, den neu gebildeten Zellen, bestehen, so sieht man auch die rechtwinklig zu ihnen verlaufenden Curven, und gerade diese sind es, die gewöhnlich zuerst in die Augen springen. Sie scheinen nämlich die Fortsetzung der Längsreihen der Wurzel zu bilden, so dass letztere nicht, wie es in Wirklichkeit der Fall ist, unten enger zu werden, sich auf ihren centralen Gefässstrang zu reducieren scheint, sondern scheinbar mit sich verbreiternder Basis ausläuft. (Vergl. Fig. 6).

Im Allgemeinen ist dagegen das intercalare Wachsthum der Wurzeln nicht so bedeutend, und in solchen Fällen hebt sich denn auch immer das Stammgewebe sehr deutlich vom Wurzelgewebe ab, besonders wenn die Stammrinde ziemlich grosszellig ist. Genau verfolgt habe ich die Folgen des intercalaren Wachsthums dieser zweiten Art bei *Lys. numm.*, doch glaube ich nicht fehl zu gehen, wenn ich auch *Salix*, *Tradescantia* etc. hier anschliesse. Hier bewirkt das intercalare Wachsthum keine so starke Vergrösserung, in Folge dessen sind die Curven weniger gekrümmt. Auch der Ausschlagwinkel unseres Hebels ist kleiner und ebenso dann der radiale Druck, so dass die Richtung und Ordnung der Radialreihen nicht so gestört wird. Zudem sind die Rindenzellen von so bedeutender Grösse, dass man von vornherein ein gleichartiges Gewebe in Stamm und Wurzel nicht erwarten kann.

(Schluss folgt.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03644-0259-1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: 63

Autor(en)/Author(s): Vonhöne Gerhard Heinrich

Artikel/Article: Ueber das Hervorbrechen endogener Organe aus dem Mutterorgane 243-257