

BOTANISCHE ZEITUNG.

Redaction: A. de Bary.

Inhalt. Orig.: H. de Vries, Ueber Verkürzung pflanzlicher Zellen durch Aufnahme von Wasser. — A. Engler, Notiz über die Befruchtung von *Zostera marina* und das Wachstum derselben. — Litt.: C. F. Nyman, *Conspectus Florae Europaeae*. — C. J. Maximowicz, *Adnotationes de Spiraeaceis*. — Chr. Luerssen, *Grundzüge der Botanik*. — **Personalnachrichten.** — **Neue Litteratur.** — **Anzeigen.**

Ueber Verkürzung pflanzlicher Zellen durch Aufnahme von Wasser.

Von
Dr. Hugo de Vries.

Bei den bisher bekannten Contractionserscheinungen im Pflanzenreich verlieren die sich contrahirenden Zellen Wasser; die vorher gespannten Zellhäute ziehen sich elastisch zusammen und das Volumen der Zellen wird kleiner. So z. B. in den reizbaren Polstern der Mimose und den Staubfäden der Cynareen.

Dagegen beruht die Contraction thierischer Organe, soweit deren Mechanismus genügend bekannt ist, nach den schönen Untersuchungen Engelmann's*) auf der Contraction kleiner protoplasmatischer Gewebelemente, welche sich bei der Zusammenziehung mit Wasser imbibiren und dabei kürzer und dicker werden. So z. B. in den quergestreiften Muskeln.

Es gibt im Pflanzenreiche eine Contractionserscheinung, welche, obgleich sie sehr allgemein verbreitet ist, doch bisher niemals von Physiologen berücksichtigt wurde. Ich meine die Contraction der Wurzeln. Es schien mir von Interesse, sie einer Untersuchung zu unterwerfen, um zu erfahren, ob sie mit den bisher bekannten Erscheinungen pflanzlicher Zellen oder mit denen thierischer Organe Uebereinstimmung zeige, oder vielleicht auf ganz anderen Ursachen beruhe als diese beiden. Das letztere war nicht unwahrscheinlich, da die Contraction der Wurzeln nicht durch Reize ausgelöst wird, und schon hierdurch wesentlich von jenen beiden Gruppen von Erscheinungen abweicht.

*) Th. W. Engelmann, *Neue Untersuchungen über die mikroskopischen Vorgänge bei der Muskelcontraction*. Onderzoek Physiolog. Labor. Utrecht. III. Reeks Deel V.

Fittmann*) bemerkte, dass die Winterknospe vieler zweijähriger Gewächse unter der Erdoberfläche des Bodens verborgen liegt, obgleich diese Pflanzen im Frühjahr ihre Cotylen und Plumula über den Boden erheben. Er folgerte daraus, dass solche Gewächse in den Boden hineinkriechen, was selbstverständlich nur durch eine Verkürzung der Wurzeln bewirkt werden kann. Ich habe mich von der Richtigkeit seiner Angabe überzeugt und gefunden, dass die Erscheinung eine ganz allgemeine im Pflanzenreiche und keineswegs eine auf eine bestimmte Gruppe von Gewächsen beschränkte ist.

Es ist leicht, sich von dieser Verkürzung der Wurzeln durch eigene Beobachtung zu überzeugen. Sie gibt sich, wie bereits Irmisch angab**), durch eigenthümliche Querrunzeln auf der Oberfläche der älteren Wurzeltheile zu erkennen; denn die Korkrinde wird von dem sich contrahirenden Gewebe passiv zusammengedrückt und gerunzelt. Die Runzeln sieht man in sehr schöner Weise an den Wurzeln von auf Wasser cultivirten Blumenzwiebeln (*Hyacinthe*, *Tazette*), ferner an den Hauptwurzeln ein- bis zweijähriger Pflanzen von *Carum Carvi*, *Conium maculatum*, *Dipsacus sylvestris*, den Nebenwurzeln von *Iris pallida* und vielen anderen.

Ich machte auf Hauptwurzeln junger Pflanzen von Rothklee und Zuckerrübe Marken in bestimmter Entfernung, liess die Pflanzen dann in Erde oder als Wasserculturen weiter wachsen und maass die Entfernung nach 3—6 Wochen wieder. Die Wurzeln hatten sich um

*) Fittmann, *Botanisch-karpologische Bemerkungen*. Flora 1819, Bd. II. S. 651.

**) Irmisch, *Beiträge zur vergl. Morphologie der Pflanzen*. 5. Abth. Ueber einige Aroideen. *Abhandl. der naturf. Gesellschaft in Halle*. XIII. 2. 1874. S. 11.

10—15 Proc., in einzelnen Fällen sogar um 20—25 Proc. ihrer Länge verkürzt*).

Zu meinen Untersuchungen benutzte ich vorwiegend die Hauptwurzeln von 2-4 Monate alten Pflanzen von *Carum Carvi*, *Dipsacus fullonum* und *Cynara Scolymus*, und fand an ihnen Folgendes:

1) Lässt man die entblätterten Wurzeln in luftreichem Wasser liegen, so verkürzen sie sich. Diese Verkürzung ist in den ersten Stunden am raschesten, dauert aber oft mehrere Tage fort. Sie betrug z. B. bei

Lappa tomentosa in 3 Tagen 7,9 Proc.

Dipsacus sylvestris in 3 » 4,0 »

Carum Carvi in 2 Stunden 1,4 »

Carum Carvi in 3 Tagen 6,0 »

Cynara Scolymus in 5 Tagen 1,8 »

2) Die Wurzeln nehmen beim Liegen in Wasser an Dicke zu; es lässt sich dieses durch Messung von Querscheiben oder kleinen Längsschnitten unter dem Mikroskop leicht beweisen. Ich fand bei 5maliger Vergrößerung die Zunahme an Dicke z. B. bei

Cynara Scolymus 4 Proc.

Carum Carvi 8 »

Beta vulgaris 6 »

Conium maculatum 8 »

3) Die Wurzeln nehmen im Wasser an Volumen zu und werden dabei steifer.

4) Isolirte Gewebepartien zeigen im Wasser dieselben Dimensionsänderungen wie die ganzen Wurzeln: sowohl der Holzkörper als die Rinde contrahiren sich und dehnen sich der Quere nach aus. Diese Formänderungen sind bei Wurzeln mit Dickenwachstum am ausgiebigsten im cambialen Gewebe, und nehmen mit zunehmendem Alter der Zellen, sowohl im Holz als in der Rinde ab.

5) Aeltere Wurzeln verkürzen sich im Wasser nicht mehr.

6) Die Parenchymzellen sind die contractilen Elemente, die übrigen Zellformen verhalten sich passiv und leisten sogar oft erheblichen Widerstand. Die Parenchymzellen sind im Wurzelgewebe krautiger Pflanzen in so überwiegender Weise vorhanden, dass es nicht Wunder nehmen kann, dass sie hier eine ganz besondere Function auszuüben haben, eine Function, welche den Stengeln fehlt. Diese Function ist offenbar die der Contraction. Dass diese ihren Sitz in den Parenchymzellen hat, geht aus der Beobachtung hervor, dass sowohl

*) Wachsthumsgeschichte des rothen Klee's. Landw. Jahrb. VI. 1877. S. 927; und Wachsthumsgeschichte der Zuckerrübe. Ibid. VIII. 1879. S. 473.

isolirte Rindenstreifen, als auch einzelne Längstheile des Holzkörpers sich in Wasser contrahiren, und dass das Parenchym das einzige diesen verschiedenen Theilen gemeinsame Element ist. Man kann aber auch an feinen Längsschnitten die Contraction und Verdickung der Parenchymzellen bei Aufnahme von Wasser unter dem Mikroskop direct beobachten.

Dass die Korkrinde sich passiv verhält, geht aus ihren Querrunzeln deutlich hervor. Aber auch die spärlich entwickelten Holzgefäße werden passiv zusammengedrückt und dadurch häufig hin und her gebogen, wie man an den ältesten centralen Gefäßen auf Längsschnitten sehr deutlich sehen kann. Auch die Bastfasern werden passiv gebogen. Diesen Thatsachen gegenüber erscheint es als eine sehr zweckmässige Adaption, dass die contractilen Wurzeln im Vergleich zu den Stengeln derselben Pflanzen stets so äusserst arm an dickwandigen Elementen sind. Zumal die Armuth an Holzgefäßen und Holzfasern ist bekanntlich für ihre Gewebe charakteristisch.

Es war zu erwarten, dass die Vereinigung activer und passiver Elemente Gewebespannungen hervorrufen wird. Die Untersuchung lehrte dementsprechend, dass die äussere Rinde und das centrale Holz im Verbande zusammengedrückt, die innere Rinde und das jüngere Holz aber gedehnt sind. In der Querrichtung sind dagegen, wie zu erwarten, erstere gedehnt, letztere zusammengedrückt. Bei der Isolirung der einzelnen Gewebetheile gleichen sich diese Spannungen aus; sie sind dadurch der Beobachtung leicht zugänglich.

7) Die Contraction bei Aufnahme von Wasser ist eine Erscheinung des Turgors, sie wird durch alle jene Mittel rückgängig gemacht, welche den Turgor aufheben. Am einfachsten zeigt sich dieses darin, dass die contractilen Wurzeln sich beim Welken nicht verkürzen, wie wachsende Wurzelspitzen oder Stengel zu thun pflegen, sondern sich verlängern. Ebenso verlängern sie sich, wenn das Protoplasma in irgend einer Weise getödtet wird, oder wenn es, durch Einwirkung von Salzlösungen, gezwungen wird, sich von der Zellwand abzulösen. Bei dieser Aufhebung des Turgors ziehen sich die Gewebe in querer Richtung zusammen. Diese Erscheinungen treten nicht nur dann auf, wenn man die Wurzeln vorher Wasser hat aufnehmen lassen, sondern auch wenn man frische Wurzeln untersucht. Dieses zeigt:

8) dass in den lebenden Wurzeln die Zellhäute der Parenchymzellen durch ihren Turgor gespannt und dabei in der Längsrichtung zusammengezogen sind.

9) Wurzeln, welche das Vermögen der Contraction durch Wasseraufnahme besitzen, verkürzen sich auf die Dauer in bleibender Weise. Es geht dieses ohne Weiteres daraus hervor, dass gerade diejenigen Wurzeln, welche die schönsten Querrunzeln haben, die Verkürzung im Wasser am deutlichsten zeigen. Dass der bleibenden Verkürzung eine bleibende Verdickung entsprechen wird, ist zu erwarten, jedoch an dicotylen Wurzeln schwerlich zu entscheiden; bei vielen Monocotylen sieht man oft, dass die älteren gerunzelten Wurzeltheile dicker sind als die jüngeren.

10) Der Turgor der contractilen Wurzeln spielt offenbar dieselbe Rolle wie der Turgor sich streckender Stengel- oder Wurzeltheile. Die sich streckenden Zellen der Stengel und Wurzeln werden durch ihren Turgor ausgedehnt, und zwar in der Längsrichtung bedeutend mehr als in der Querrichtung; es wird allgemein angenommen, dass ihr Wachstum vorwiegend durch diese Längsdehnung gefördert wird. Genau so ist es mit den Zellen der contractilen Wurzeln; diese werden aber vorwiegend in der Querrichtung gedehnt und dabei in der Längsrichtung verkürzt. Es liegt auf der Hand, dass die dieser Formänderung durch Turgor folgende bleibende Veränderung ebenfalls auf Wachstum beruhen wird. In diesem Falle aber ist die Contraction der Wurzeln nur als eine besondere Form der Zellstreckung aufzufassen.

11) Die Contraction durch Erhöhung des Turgors kann nur durch eine verschiedene Dehnbarkeit der Zellhäute in der Längsrichtung und in der Querrichtung erklärt werden. Denn die Turgorkraft ist in allen Richtungen dieselbe. Ungleiche Dehnbarkeit der Zellhäute in verschiedenen Richtungen ist eine ganz allgemeine Erscheinung im Pflanzenreich und also nichts besonderes für die Wurzeln. Das Merkwürdige ist nur, dass der Unterschied hier so gross ist, dass die durch die Dehnung in der Querrichtung in der Längsrichtung selbstverständlich entstehende Zusammenziehung, durch die Dehnung in der Längsrichtung nicht aufgehoben wird. Und gerade hierdurch wird die ganze Reihe von Erscheinungen verursacht, durch welche schliesslich die jüngsten Blätter der Wurzel-

rosette den erforderlichen Schutz im Boden finden.

Die ausführliche Beschreibung meiner Versuche und ihrer Resultate wird voraussichtlich demnächst in den Landwirthschaftlichen Jahrbüchern (Berlin, P. Parey) veröffentlicht werden.

Notiz über die Befruchtung von *Zostera marina* und das Wachsthum derselben.

Von

A. Engler.

Das in Nr. 33 der Bot. Ztg. enthaltene Referat über Clavaud's Arbeit, betreffend die Befruchtung von *Zostera marina*, gibt mir Veranlassung zu folgenden Bemerkungen. *Zostera* interessirte mich gleich, als ich nach Kiel kam und wurde von mir nach verschiedenen Richtungen hin untersucht, doch bin ich über einzelne Fragen noch nicht im Klaren und hatte, durch andere Arbeiten auch in Anspruch genommen, die Publication aufgeschoben. Es ist sicher, dass Hofmeister's Angaben über die Befruchtung von *Zostera* unrichtig sind; sein Material stammte von Kiel und hier verhält sich *Zostera* so, wie es Clavaud angegeben. Die fadenförmigen Narben liegen zwar anfangs auf den benachbarten Antherenhälften, gewöhnlich zweier verschiedener Antheren; dann aber richtet sich der Griffel mehr auf und die Narben treten aus dem engen Spalte der Scheide hervor, um den von älteren Spadices abgegebenen Pollen zu empfangen. Nach erfolgter Befruchtung lösen sich die fadenförmigen Narben ab; auch findet man häufig in Kolben mit noch nicht geöffneten Antheren narbenlose Gynoeceen und kann erkennen, dass die Eichen befruchtet sind. Wahrscheinlich hat Hofmeister die ersten Zustände im Auge gehabt, als er annahm, dass die Befruchtung innerhalb derselben Inflorescenz stattfindet. Von den Antheren werden nicht immer alle entleert, namentlich tritt nicht immer der Pollen aus der Spatha heraus; wenn dies aber stattfindet, sind die Gynoeceen nicht mehr empfängnisfähig und sieht man daher oft, namentlich im unteren Theile der Spadices solche vorkommene Pollenmassen, von Diatomaceen und anderen Algen reichlich durchsetzt.

Hofmeister's Angaben sind auch in einem andern, sehr wesentlichen Punkte unrichtig und sind diese Angaben auch in Eichler's Diagramme (S. 85) übergegangen. Danach soll mit der Blütenbildung der bis dahin monopodiale Wuchs des Seegrases in sympodialen übergehen. Mich interessirten die Sprossverhältnisse von *Zostera* namentlich deshalb, weil die sympodialen Sprossverbände Aehnlichkeit mit denen vieler Araceen haben; es wurden daher vollständige Exemplare ausgegraben und genau untersucht; da