

### 53. Julius Wortmann: Einige weitere Versuche über die Reizbewegungen vielzelliger Organe.

Eingegangen am 17. Dezember 1887.

In einer vor Kurzem erschienenen Abhandlung „Zur Kenntniss der Reizbewegungen“ (Botan. Zeitung 1887 No. 48—51) habe ich nachgewiesen, dass die durch Wachstum vermittelten Reizkrümmungen behäuteter Zellen oder Zellcomplexe sich zurückführen lassen auf Bewegungen des Protoplasmakörpers. Ich zeigte, dass in Folge der durch diese Bewegungen hervorgerufenen Ansammlung des Protoplasma's eine differente Ausbildung der Membran erzielt wird, welche dann zu Differenzen in der Turgorausdehnung zweier antagonistischer Seiten sowohl beim einzelligen als beim vielzelligen Organe führt.

Durch diese Befunde, welche als Ursache der Differenzen in der Turgorausdehnung eine durch Verdickung hervorgerufene Veränderung der elastischen Eigenschaften der Membran ergeben, gerieth ich in Widerspruch mit der aus exact angestellten Versuchen gewonnenen Annahme von DE VRIES<sup>1)</sup>, dass die Differenzen in der Turgorausdehnung, auf denen die Krümmung vielzelliger Organe beruht, hervorgerufen werden durch eine Turgordifferenz. Da es sich hier um Erscheinungen von principieller Bedeutung handelt, so möchte ich mir erlauben, im Folgenden noch einige weitere Versuche mitzutheilen, welche für die Richtigkeit der von mir vorgebrachten Anschauungen sprechen. Zuvor aber mag noch einmal der Kern der Sache in kurzen Worten dargelegt werden:

Durch seine plasmolytischen Versuche fand DE VRIES bekanntlich die unbestritten feststehende Thatsache, dass bei der Reizkrümmung wachsender vielzelliger Organe Differenzen in der Turgorausdehnung der Zellen auf der convexen und concaven Seite auftreten, derart, dass die der ersteren Seite stärker gedehnt sind. Da nun unter der Voraussetzung gleich bleibender Membraneigenschaften eine stärkere Dehnung der Zelle nur Folge einer grösseren Turgescenz sein kann, eine solche aber, wenn Wasser genügend zu Gebote steht, wiederum

1) DE VRIES, Landwirthschaftliche Jahrbücher, 1880. „Ueber die Aufrichtung des gelagerten Getreides.“

nur hervorgerufen werden kann durch eine Vermehrung der Turgorkraft oder, was dasselbe bedeutet, durch eine Vermehrung der osmotisch wirksamen Substanzen des Zellsaftes, so schloss DE VRIES, dass die beobachtete Differenz in der Turgorausdehnung Folge sei einer vermehrten Bildung von osmotisch wirksamen Substanzen in den Zellen der dadurch convex werdenden Seite des Organs. Dieser Schluss nun würde durchaus berechtigt sein, wenn die Grösse der Turgorausdehnung einer Zelle, immer genügenden Wasserzufluss vorausgesetzt, allein abhängig wäre von ihrem Turgor, d. h. dem hydrostatischen Drucke des Zellinhaltes auf die Membran. Das ist indessen nicht der Fall, sondern bei der Ausdehnung der Zellmembran kommt neben der ausdehnenden Kraft, dem Turgordrucke, noch in Betracht die Dehnbarkeit der Membran oder der Widerstand, welchen die Membran dem Turgordrucke leistet. Je grösser bei gleichem Turgordrucke dieser Widerstand ist, d. h. je geringer die Dehnbarkeit der Membran ist, eine um so geringere Turgorausdehnung findet statt. Es können daher zwei wachsende Zellen unter gleichem Turgordrucke verschiedene Turgorausdehnung zeigen, wenn ihre Membranen verschieden dehnbar sind, und umgekehrt kann bei verschiedenem Turgor zweier Zellen eine gleiche Turgorausdehnung eintreten. Man darf demnach aus der Grösse der Dehnung einer Zelle nicht so ohne Weiteres einen Schluss ziehen auf die Grösse ihres Turgors.

Wenn wir daher die Krümmung eines vielzelligen Organs ins Auge fassen, so kann die Differenz in der Turgorausdehnung der Zellen der convexen und concaven Seite auf zweifache Weise hervorgebracht werden: einmal durch eine Turgordifferenz, insofern der hydrostatische Druck in den Zellen der convexen Seite grösser wird als in denen der concaven Seite; zweitens, bei gleichem Turgor auf beiden Seiten, durch eine verschiedene Ausbildung der Membran, insofern die Membranen der Zellen auf der concaven Seite weniger dehnbar werden als die der convexen Seite. Wäre, wie DE VRIES annimmt, das Erstere der Fall, dann dürften bei gekrümmten Organen keine Differenzen in der Dehnbarkeit der Membranen der Zellen auf den beiden antagonistischen Seiten des Organs vorhanden sein. Diese Voraussetzung trifft jedoch nicht zu; denn wie ich in meiner erwähnten Abhandlung nachgewiesen habe, wird eine solche Differenz in der Dehnbarkeit der Membranen thatsächlich hergestellt, und zwar dadurch, dass eine Verdickung der Membranen auf der concaven Seite eintritt. Schon dadurch wird die DE VRIES'sche Annahme hinfällig. Es müsste aber auch, falls eine Turgordifferenz die Ursache der verschiedenen Turgorausdehnung wäre, nachgewiesen werden, dass wirklich eine Zunahme von osmotisch wirksamen Substanzen in den Zellen der convex werdenden Seite stattfindet. Diesen Nachweis aber hat DE VRIES nicht geliefert. In Wirklichkeit tritt eine solche postulierte Mehrproduction von osmotisch

wirksamen Substanzen auch gar nicht ein; denn wie GR. KRAUS<sup>1)</sup> fand, ist der Zellsaft in geotropisch und heliotropisch gekrümmten Stengeln auf der convexen Seite sogar procentisch ärmer an Zucker und freier Säure, also minder concentrirt als der Zellsaft auf der concaven Seite. Aber man könnte hier vielleicht einwenden, dass zur Ermittlung solch geringer Differenzen in der Concentration der Zellsäfte, wie sie schon ausreichend wären, um eine bemerkbare Krümmung des Organs hervorzubringen, es der von KRAUS angewandten Methode an Genauigkeit fehle. Um einem solchen etwa zu machenden Einwände von vornherein zu begegnen, habe ich nun nach der plasmolytischen Methode eine ganze Anzahl von Stengeln in frischer geotropischer Krümmung auf die Turgorkraft der Zellen der convexen und concaven Seite untersucht, und immer das übereinstimmende Resultat erhalten, dass thatsächlich keine Differenz in der Turgorkraft auf beiden Seiten vorhanden ist; denn partielle Abhebung des Plasma's von der Membran trat sowohl in den Zellen der convexen als der concaven Seite immer bei derselben Concentration der Salzlösung — ich benutzte Salpeterlösung — gleichzeitig ein.

Ein etiolirter *Phaseolus*-Stengel z. B. wurde horizontal gelegt. Nach 2 Stunden war eine erhebliche geotropische Krümmung eingetreten, die Spitze des Stengels aber noch nicht wieder in verticale Lage gebracht. Durch den Stengel wurden dann, in der Region der stärksten Krümmung Längsschnitte parallel der Krümmungsebene hergestellt und ein solcher nach einander in verschiedenen concentrirte Salpeterlösung — unter Deckglas — gebracht. Es stellte sich heraus, dass bei 2,25 pCt. Salpeterlösung noch kein Abheben des Plasma's von den Membranen zu bemerken war, auch bei Anwendung von 2,375 pCt. Lösung trat diese Erscheinung noch nicht ein, weder in den Zellen des Rindenparenchyms auf der convexen noch in denjenigen auf der concaven Seite. In 2,5 pCt. Lösung aber konnte ein theilweises Abheben des Plasma's, d. h. also der Beginn der Plasmolyse, beobachtet werden, und zwar gleichzeitig und auch gleich stark sowohl auf der convexen als auf der concaven Seite des Stengels. Die Zellen des Markparenchyms dagegen blieben noch turgescens, bei ihnen trat die Plasmolyse erst in 3,2 pCt. Lösung ein. Das zeigt zur Evidenz, dass bei der geotropischen Krümmung keine Differenz in der Turgorkraft der Zellen der antagonistischen Seiten vorhanden ist, dass also keine Mehrproduction von osmotisch wirksamen Substanzen in den Zellen der convex werdenden Seite, auf welchen dann die Differenz in der Turgorausdehnung beruhen könnte, stattfindet. Letztere beruht also nicht auf einer Differenz im Turgor der beiden antagonistischen

---

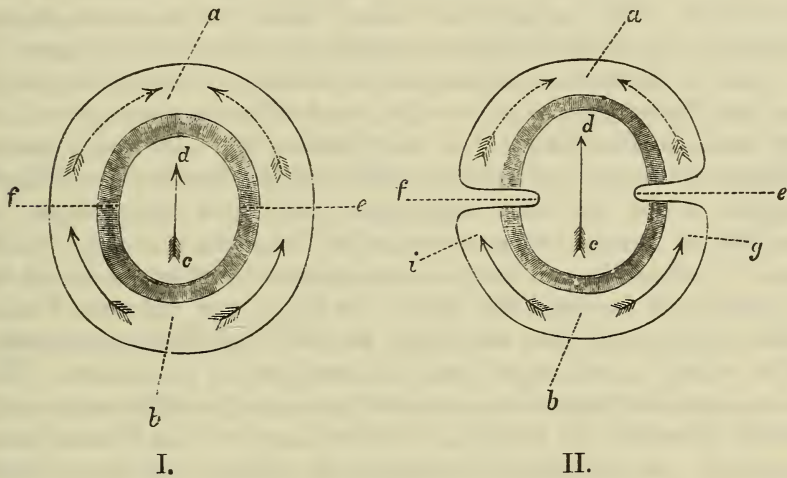
1) GR. KRAUS, Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze. II. Der Zellsaft und seine Inhalte. (Abhandl. d. Naturforsch.-Gesellschaft zu Halle. XV. Bd. 1882).

Seiten; damit aber ist wiederum eine Uebereinstimmung gegeben in dem Verhalten des vielzelligen und dem des einzelligen Organs, denn auch bei diesem wird bei gleichem Turgordrucke die Krümmung hervorgerufen durch eine Differenz in der Turgorausdehnung der Membran auf der convexen und concaven Seite insofern nämlich letztere durch Verdickung weniger dehnbar wird als erstere.

Ich kann nun noch einige weitere Versuche anführen, welche ebenfalls unzweifelhaft ergeben, dass den durch Wachsthum vermittelten Reizkrümmungen Bewegungen des Plasmakörpers zu Grunde liegen, aus welchen Variationen in der Membranbildung sich ergeben. Den Versuchen lag folgende Ueberlegung zu Grunde: Wenn die Reizkrümmung veranlasst wird durch eine Bewegung des Plasma's, dann muss erstere modificirt werden können, wenn man durch geeignete Vorkehrungen das Plasma in seiner Reizbewegung aufhält und damit an Orten ansammelt, welche es unter normalen Bedingungen durchwandert hätte; an diesen Orten aber müssen dann auch Verdickungen der Zellmembranen sich einstellen. Man muss also durch solche Eingriffe die anatomische Structur des Organs in bestimmter Weise verändern können.

Für diese Versuche benutzte ich ausschliesslich Keimstengel von *Phaseolus multiflorus*, an welchen, wie ich aus meinen früheren Versuchen wusste, die bei der Reizung sich ergebenden anatomischen Veränderungen besonders scharf und deutlich hervortreten. Der Querschnitt durch den normalen, ungekrümmten und vertical aufwärts wachsenden Keimstengel zeigt bekanntlich ein ziemlich weites, aus grosslumigen, dünnwandigen Parenchymzellen bestehendes Mark, umgeben von einem geschlossenen, von Cambium durchzogenen, Gefässbündelring, in welchem sich besonders die Bastzellen in späteren Stadien durch mehr oder weniger weit gehende Wandverdickung auszeichnen. Darauf folgt ein etwa 6—10 Zellschichten starkes Rindenparenchym, alles umkleidet von der einschichtigen Epidermis. Legt man nun einen solchen Stengel horizontal, so tritt, wie ich gezeigt habe, eine Ansammlung des Plasma's in den Rinden- und Epidermiszellen der Oberseite ein und dementsprechend eine Verminderung des Plasma-gehaltes in den correspondirenden Zellen der Unterseite; auch in den Markzellen macht sich eine analoge Vertheilung des Plasma's geltend. Es ist nun von vornherein wahrscheinlich, dass bei dieser Wanderung des Plasma's von unten nach oben der bequemste Weg eingeschlagen wird; für das Plasma des Rindenparenchyms darf man also vermuthen, dass es sich nicht quer durch den Stengel bewegen wird, sondern dass die Wanderung ausschliesslich in den Zellen des Rindenparenchyms stattfinden wird, während das Plasma der Markzellen sich einfach von unten nach oben bewegt. Auf beifolgendem Schema (I) seien diese Bahnen der Plasmabewegung angedeutet:

In der Rinde bewegt sich das Plasma von *b*<sup>1)</sup> nach *a* in Richtung der beiden Pfeile, indem es in beiden Flanken in die Höhe steigt, den durch Schraffur angedeuteten Gefässbündelring also umgeht. Das Plasma der Markzellen bewegt sich von *c* nach *d*. Auf diese Weise findet bei längerer Versuchsdauer schliesslich in den Rindenparenchymzellen der Unterseite eine merkliche Verringerung des Plasmagehaltes statt, und eine entsprechende Ansammlung in den Zellen der Oberseite. Wenn man nun in dem horizontal gelegten Stengel dem Rindenplasma, wie ich es kurz nennen will, bei seiner Aufwärtsbewegung den Weg versperrt, etwa auf beiden Flanken an den durch die Linien *e* und *f* bezeichneten Stellen, so muss offenbar jetzt auf den Flanken eine



Plasma-Ansammlung stattfinden und ausserdem, aber viel geringer als im normalen Falle, auf der Oberseite bei *a*. Man kann diesen Zweck nun sehr leicht dadurch erreichen, dass man bei *e* und *f* mit einem feinen scharfen Messer Einschnitte in den Stengel macht, welche bis an das Mark reichen. Geht dann wirklich bei horizontaler Lage des Stengels eine Plasmabewegung von unten nach oben und in der angedeuteten Weise vor sich, so muss durch diese Operation folgendes eintreten: das von *b* aus in beiden Flanken sich aufwärts bewegende Plasma wird sich in den unterhalb der Schnittflächen *e* und *f* gelegenen Zellen der Rinde ansammeln und es werden dann an diesen Stellen, also auf den Flanken, die Zellen Membranverdickungen zeigen. Das in den Flankenzellen oberhalb der Schnittflächen *e* und *f* befindliche Plasma wird sich in Richtung der punktierten Pfeile nach dem Orte *a*

1) Mit *b* soll natürlich nicht bloss ein Punkt bezeichnet werden, sondern im Allgemeinen die ganze Region der Unterseite, ebenso mit *a* die der Oberseite.

begeben, wo nun ebenfalls Membranverdickungen in den Zellen eintreten werden. Das Plasma in den Markzellen kann sich, wenn man beim Einschneiden nicht merklich in das Mark eindrang, nach wie vor ungehindert von unten nach oben bewegen. In der That treten nun auch die postulirten Erscheinungen bei geeigneter Behandlung des Stengels Punkt für Punkt ein.

Bringt man ein Epicotyl von *Phaseolus multiflorus* in horizontale Lage, macht dann auf beiden Flanken horizontale Einschnitte bis ins Mark, so dass die Continuität in der Rinde von der Spitze bis zur Basis des Stengels unterbrochen ist, und lässt man dann den Stengel, um möglichst grosse Differenzen in der Ausbildung der Zellen zu erzielen, etwa 2—3 Tage in horizontaler Lage (vergl. WORTMANN, Bot. Ztg. 1887 S. 819), so zeigt ein darauf durch die wachsende Region hergestellter Querschnitt folgende charakteristischen Veränderungen:

Auf der Unterseite des Stengels, in der Region von *b* (Schema II) sind die Rindenzellen sehr grosslumig und dabei dünnwandig und relativ arm an Protoplasma; in dem Maasse als man von *b* aus in Richtung der beiden aufsteigenden Pfeile auf die Flanken des Stengels übergeht, werden die Zellen englumiger, dabei aber dickwandiger; an den Punkten *g* und *i*, etwas unterhalb der Schnittflächen *e* und *f* trifft man die Rindenzellen mit starker collenchymatischer Membranverdickung an, das Lumen ist dabei sehr klein, die Zellen sind dicht mit Plasma erfüllt, jedoch sind die unmittelbar an die Schnittflächen grenzenden Zellen wieder grosslumiger und dünnwandiger als die letzteren. Betrachtet man die Rindenzellen oberhalb der beiden Schnittflächen *e* und *f*, also die Oberseite des Stengels, so findet man, von den Schnittflächen anfangend, eine allmähliche Abnahme des Lumens und damit Schritt haltend eine Zunahme der Membrandicke und des Plasmagehaltes; am Punkte *a* findet man Zellen wie auf der Unterseite bei *g*. und *i*. Im Marke sind die auf der Oberseite des Stengels gelegenen, an den Gefässbündelring grenzenden Zellen plasmareicher als die Zellen der Unterseite, in Bezug auf die Weite des Lumens und Dicke der Membran ist keine bemerkbare Veränderung eingetreten.

Durch die horizontalen Einschnitte bei *e* und *f* ist demnach die anatomische Structur des Stengels in Bezug auf die normale Veränderung bei dauernder horizontaler Lage nicht unwesentlich geändert worden. Während im letzteren, normalen Falle, die Membranverdickungen nur in den Zellen der Oberseite, am Punkte *a*, eintreten, und von hier aus über die Flanken fortschreitend bis zum Punkte *b* auf der Unterseite eine continuirliche Abnahme der Zellwanddicke und damit eine ebensolche Zunahme des Lumens stattfindet, kommt es durch Herstellung der Schnittflächen *e* und *f* ausser zu Membranverdickungen auf der Oberseite, bei *a*, noch zu solchen auf den Flanken des Stengels, bei *g* und *i*.

Diese anatomischen Veränderungen des Stengels, welche unter Zugrundelegung der Annahme, dass die geotropische Krümmung auf Mehrproduction von osmotisch wirksamen Substanzen in den Zellen der Unterseite beruhe, absolut unverständlich bleiben, lassen sich jedoch ohne Weiteres verstehen, wenn die Ursache der Krümmung in einer Wanderung des Protoplasmas und einer dadurch hervorgerufenen differentiellen Ausbildung der Zellen besteht. Betrachten wir zunächst beim eingeschnittenen, horizontal liegenden Stengel die Unterseite, so sucht sich hier das Plasma in Folge der geotropischen Reizung in den Zellen der Rinde nach aufwärts in Richtung der beiden Pfeile zu bewegen, bei dieser Aufwärtsbewegung gelangt es an die Schnittflächen *e* und *f* und wird dadurch, da ihm der Weg zur weiteren Bewegung versperrt ist, gezwungen unterhalb der Schnittflächen sich anzusammeln. Eine Rückwanderung ist wegen seiner geotropischen Reizbarkeit ausgeschlossen. In Folge der unterhalb der Schnittflächen stattfindenden Plasma-Ansammlung treten nun in den Zellen mehr oder minder weit gehende Membranverdickungen auf. Während sich so auf der Unterseite des Stengels das Plasma nach beiden Schnittflächen hin bewegt, tritt das Umgekehrte auf der Oberseite ein. Hier wandert das Plasma aus den den Schnittflächen zunächst gelegenen Zellen aus und bewegt sich in Richtung der beiden (punktirten) Pfeile nach oben bis zum Punkte *a*. Demzufolge kommt es hier zur Ansammlung und dadurch zu Membranverdickungen der Zellen, während die an die Schnittflächen grenzenden Zellen grosslumig werden und dünnere Membranen zeigen. In den Markzellen endlich kann das Plasma sich ziemlich ungehindert von unten nach oben bewegen; dass dabei ein Theil des in den Markzellen enthaltenen Plasma's durch den Gefässbündelring hindurch sich bewegt und in die Rindenzellen der Oberseite übertritt, scheint mir wahrscheinlich.

Alles in Allem aber tritt nun, in Folge der theilweisen Absperrung durch die Schnittflächen, weniger Plasma in die Zellen der Oberseite an den Punkt *a*, als im normalen Falle; denn in diesem würde ja das auf der Unterseite an den Schnittflächen bei *g* und *i* sich ansammelnde und dort Membranverdickungen bewirkende Plasma ebenfalls ungehindert bis auf die Oberseite weiter gewandert sein. Das macht sich auch bemerkbar einmal an den Zellveränderungen; denn bei nicht eingeschnittenen Stengeln findet man eine viel weiter gehende Verdickung der Membranen in den Rindenzellen der Oberseite. Dadurch aber tritt auch in der äusseren Erscheinung der Krümmung des eingeschnittenen Stengels ein direct auffallender Unterschied gegenüber der des normalen Stengels zu Tage. Legt man zwei ungefähr gleich lange und gleiches Wachsthum zeigende Stengel, von denen der eine eingeschnitten ist, horizontal, so sieht man zwar die geotropische Bewegung der beiden gleichzeitig eintreten, allein beim normalen Stengel ist dieselbe von

Anfang an ergiebiger, er gelangt früher in die verticale Lage als der eingeschnittene. Ausserdem aber ist auch die Form der Krümmung bei beiden eine verschiedene. Der normale Stengel ist scharf gekrümmt, die Krümmung ist auf eine verhältnissmässig kurze Strecke beschränkt, so dass ein Theil der wachsenden Region von den stärk r wachsenden Partien passiv gehoben wird, während demgegenüber an der Krümmung des eingeschnittenen Stengels die ganze wachsende Strecke desselben sich theiligt, so dass jeder wachsende Querschnitt etwas beiträgt zur Hebung des ganzen Organs. Die Differenz in der Schärfe und Form der Krümmung ist meistens so ausgeprägt, dass man daran auf den ersten Blick hin den eingeschnittenen Stengel von dem normalen unterscheiden kann.

Es ist nach dem Gesagten wohl kaum nöthig, zu bemerken, dass wenn man an dem horizontal gelegten Stengel statt an den Flanken, oben und unten, an den Punkten *a* und *b*, Einschnitte bis in das Mark anbringt, der Stengel nach dieser Operation, was Krümmung und Veränderung der Zellen anbelangt, sich wie ein normaler verhält, nur sind in analoger Weise wie bei Anbringung horizontaler Einschnitte, unmittelbar an der Schnittfläche — natürlich an der Oberseite allein — die Zellen nicht so stark verdickt und etwas weiltumiger.

Es ist nun klar, dass, wenn bei horizontaler Lage des — normalen — Stengels in den Rindenzellen der Oberseite eine verstärkte Membranbildung stattfindet, diejenigen Stoffe, welche zur Bildung der Cellulose verwendet und verbraucht werden, ebenfalls nach diesen Zellen transportirt werden müssen und dort zeitweilig zur Ablagerung gelangen. Als solche zur Cellulosebildung dienenden Stoffe sind bekanntlich Kohlehydrate, in letzter Instanz wohl Zucker, anzusprechen. Es muss also bei der Reizbewegung eine Wanderung von Kohlehydraten in die Zellen der concav werdenden Seite stattfinden, und da diese Beförderung der Kohlehydrate unter transitorischer Stärkebildung stattfindet, so ist zu vermuthen, dass infolge der Reizung eine ungleiche Vertheilung der transitorischen Stärke eintritt, derart, dass im Allgemeinen die Zellen der concaven Seite stärkereicher, die der convexen Seite stärkerärmer werden. Diese Vermuthung wird nun durchaus bestätigt.

Wenn man durch Wurzeln — ich benutzte ebenfalls *Phaseolus multiflorus* — in frischer geotropischer Krümmung in der gekrümmten Zone mediane Längsschnitte herstellt, so sieht man bei der Behandlung derselben mit Jodlösung eine direct auffallende Differenz im Stärkegehalte der Zellen; das Rindenparenchym auf der convexen Oberseite ist durchgehends ärmer an Stärke, als dasjenige auf der concaven Seite, in welchem sich eine sehr hervortretende Stärkeansammlung bemerkbar macht. Die analoge Erscheinung zeigt sich im Stengel. Wenn man letztere sich geotropisch krümmen lässt, so tritt allerdings die Differenz im Stärkegehalt der Zellen auf der Unter- und Oberseite nicht besonders scharf hervor: ich konnte bei gekrümmten Stengeln



eine ungleiche Stärkevertheilung mit Sicherheit nur in den Parenchymzellen des Markes constatiren, wobei die der Oberseite des Organs zugewandten Zellen reichlicher Stärke enthielten als die auf der Unterseite liegenden; allein in diesem Falle tritt auch, wie ich bereits in meiner citirten Abhandlung S. 819 u. 822 hervorgehoben und begründet habe, eine nur sehr geringe und in den meisten Fällen gar nicht direct bemerkbare Membranverdickung in dem Rindenparenchym und eine dementsprechende Ansammlung von Plasma ein. Es wird in diesem Falle auch wenig Stärke verbraucht. Bleibt jedoch der Stengel längere Zeit in horizontaler Lage, so wird die Differenz in der Stärkevertheilung sehr auffallend; es zeigen nun die stark verdickten Rindenzellen der Oberseite sich viel stärkereicher als die dünnwandigen, grosslumigen, gleichnamigen Zellen der Unterseite, ebenso verhalten sich in Bezug auf den Stärkegehalt die Parenchymzellen des Markes auf Ober- und Unterseite.

Interessant waren auch hier wieder die Ergebnisse bei eingeschnittenen Stengeln. Dieselben zeigten sowohl bei geotropischer Krümmung als auch, und zwar in noch viel auffallenderem Maasse, bei dauernder horizontaler Lage, bedeutende Stärkeansammlungen in den Rindenzellen der Oberseite — beim Punkte *a* des Schema's — ebenso aber auch in den auf den Flanken liegenden Rindenzellen unterhalb der Einschnitte — bei *g* und *i* des Schema's, — während besonders bei andauernder geotropischer Reizung die Rindenzellen auf der Unterseite — beim Punkte *b* des Schema's — in einigen Fällen sich fast frei von Stärke erwiesen. In den Markzellen war desgleichen ein analoger Unterschied im Stärkegehalte zu erkennen.

Diese Differenz im Stärkegehalte ist häufig so gross, dass man dieselbe auf dem Querschnitte des Stengels, ohne die Stärke durch Jodfärbung noch besonders hervortreten zu lassen, ohne Weiteres wahrnehmen kann.

Aus obigen Versuchen geht also hervor, dass bei der geotropischen Reizung auch eine mehr oder weniger ausgiebige Stärkewanderung eintritt, die allgemein nach den Verbrauchsorten, d. h. dahin, wo eine starke Production von Cellulose stattfindet, gerichtet ist. Nach diesen Orten aber wandert auch, wie dargelegt wurde, das Protoplasma, welches eben infolge seiner Ansammlung Veranlassung zur vermehrten Cellulosebildung giebt.

Ich glaube nun, dass diese Befunde über die Wanderung der Stärke als wichtige Stütze herangezogen werden können für die zuerst von DE VRIES<sup>1)</sup> ausgesprochene Ansicht, dass der Transport der Baustoffe in der Pflanze im Allgemeinen nicht auf osmotischem Wege

---

1) DE VRIES, Ueber die Bedeutung der Cirkulation und der Rotation des Protoplasma für den Stofftransport in der Pflanze. Bot. Ztg., 1885, No. 1 und 2.

sondern durch die Bewegungen des Protoplasmakörpers geschieht; denn einmal tritt in den obigen Versuchen ein ausgesprochener Parallelismus zu Tage, insofern die Wanderung und Ansammlung des Stärkemehls Hand in Hand mit derjenigen des Protoplasma's geht, so dass man direct sagen könnte, das Plasma führt die Baustoffe zur Cellulosebildung gleich mit sich. Zweitens aber geht die Stärkewanderung sehr lebhaft vor sich; denn zur Herstellung einer scharfen geotropischen Krümmung bei Wurzeln z. B. ist nur eine verhältnissmässig kurze Zeit, etwa 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Stunden erforderlich, und während dieser Zeit hat bereits nachweislich eine direct bemerkbare Ansammlung von Stärke in den Zellen der Unterseite stattgefunden. Eine derartige rapide Bewegung der Baustoffe aber ist auf osmotischem Wege gar nicht möglich, ein Umstand, auf welchen bereits DE VRIES (l. c.) nachdrücklichst hingewiesen hat.

## 54. Fritz Müller: Keimung der *Bicuiba*.

(Mit Tafel XXII.)

Eingegangen am 17. Dezember 1887.

Vor längerer Zeit — ich hatte eben KLEBS' „Beiträge zur Morphologie und Biologie der Keimung“ gelesen — machte mich mein Enkel HANS LORENZ im Walde auf einen *Bicuiba*-Sämling aufmerksam. Derselbe passte in keine der von KLEBS für die Dicotylen aufgestellten Abtheilungen, denn weder bildeten sich, wie in dessen erster Abtheilung, die Keimblätter, aus dem Samen hervortretend, zu Laubblättern aus, noch auch blieben sie, wie in der zweiten Abtheilung, unter der Erde; sie wurden vielmehr durch ein ungewöhnlich langes Hypocotyl mit dem Samen hoch in die Luft emporgehoben. Um mir den Verlauf der Keimung näher anzusehen, sammelte ich in diesem Sommer eine Anzahl *Bicuiba*-Samen und theile hier mit, was ich fand.

Unsere *Bicuiba*, ein hoher Urwaldsbaum, ist ein Gattungsgenosse der Muskatnuss; wie diese von der sogenannten Muskatblüthe, ist der Same der *Bicuiba* von einem zerschlitzen Mantel umgeben; derselbe ist fleischig, von nicht üblem Geschmack (doch wie die Samen selbst,

1) In Kew als „*Myristica Biculyba* Schott (?)“ bestimmt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Wortmann Julius

Artikel/Article: [Einige weitere Versuche über die Reizbewegungen vielzelliger Organe. 459-468](#)