114. *D. intermedia.* Quodammodo formam majorem magis latifoliam simulat *D. polygaloidis*, sed stipulae lineares. — Minas Geraes et St. Paul: Martius, Lund, Riedel, Guillemin n. 319, Sello, Burchell n. 4114, 4129, 4528.

115. *D. brachyloba*, caules minute obscure fulvo-puberuli. Stipulae vix 1 mm. lg. Folia 12—15 cm. lg., 5—9 mm. lt., subglabra. Corolla 7 mm. lg. — In prov. Bahia: Blanchet, n. 2571, Raben n. 229.

116. *D. Selloana*, tota puberula et olivaceo-nigricans. Stipulae 3 mm. lg. Foliorum limbus 12—15 mm. lg., 1½—3 mm. lt. Corolla 5 mm. lg. — In Brasilia orientali: Sello.

117. *D. cacuminis*, tota hirto-puberula. Petioli 1—2½ mm. aequantes, stipulis 2—3-plo longiores. Foliorum limbus 5—12 cm. lg., 2—7 mm. lt. Corolla 4 mm. lg. — In cacumine montis Itambe in prov. Minas Geraes: Martius.

118. *D. leiophylla*, tota glabra et laevigata. Stipulae ½ mm. lg. Folia 1½ cm. lg., 2½—3 mm. lt. Corolla 8 mm. lg. — Serra do Lapa: Riedel n. 1079.

119. *D. revoluta* tota glabra. Stipulae 2½—3 mm. lg. Folia 3½—4 cm. lg., statu sicco subtus revoluto 2½—4 mm. lt. Baccae 3½ mm. lt., 2½ mm. lg. — Serra d'Ourada: Pohl n. 1568.

120. *D. verticillata*, subglabra. Folia 12—16 mm. lg., 2—3 mm. lt. Flores evoluti 12 mm. lg. — St. Paul, ad Rio Pardo: Riedel n. 599.

121. *D. aspalathoides*, similis *Psyllocarpo thymbroidi*, dense fasciculatim foliosa. Stipulae 1—1½ mm. lg. Limbus foliorum 3—4 mm. lg., circ. ⅔—¾ mm. latus. Baccae 2 mm. lg. — Prov. Bahia ad Villa do Rio das Contas: Martius.

(Continuatur.)

Mechanik der Wachsthumsrichtungen von Keimlingswurzeln.

Von Dr. Carl Kraus in Triesdorf.

Die nachfolgend aufgeführten Sätze stützen sich auf das Studium der Wachsthumsrichtungen, welche die Wurzeln verschiedener keimender Samen unter folgenden Bedingungen einschlugen: Samen waren aufgehängt an Fäden in sehr feuchter Atmosphäre (in einem bedeckten Gefässe mit Wasser am Boden) und zwar bei ver-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0440-6

schiedener Richtung der Keimlinge gegen die Horizontalebene (ausgeführt mit Victoriaerbsen und Phaseolen); Samen lagen auf dem Boden eines Gefässes im Wasser, dessen Tiefe aber nur ausreichte, um eben einen ganz geringen Theil der Samen zu benetzen (angestellt mit Victoriaerbsen), ebenfalls bei verschiedener Stellung des Keimlings; Samen wurden in den bekannten Nobbe'schen Keimapparat exponirt, theils am erhöhten Rande desselben theils am Grunde liegend (Erbsen, Phaseolen, Föhren,) bei verschiedener Richtung des Keimlings. Hiebei waren theils Samen mit völlig unverletzten Keimlingen verwendet, theils solche, an denen entweder das Würzelchen oder das Knöspchen oder auch beide verletzt worden waren. Ferner wurde das Wachsthum von Erbsen und Ackerbohnen (*Vicia Faba minor*) an vertikalen, horizontalen und schiefen Flächen eines sehr feucht gehaltenen Stückes Töpferthon beobachtet, auch wieder bei verschiedener Stellung des Keimlings, dann bei verschiedener Entfernung von der feuchten Fläche. Die horizontalen und schiefen Flächen befanden sich theils unterhalb der Samen, theils oberhalb derselben. Dieselben Versuche wurden auch unter Benützung feuchtgehaltener, wohlgeebneter Gartenerde ausgeführt. Sämmtliche Samen wurden nach 24stündigem Einquellen in Wasser den Versuchsbedingungen ausgesetzt; Lichteinfluss blieb ausgeschlossen. Alle Versuche sind mehrmals wiederholt.

Bemerkt sei noch, dass die Versuche fortgesetzt und auch auf verwandte Erscheinungen ausgedehnt werden. Ausführlichere Mittheilungen als sie in Nachstehendem enthalten sind, bleiben vorbehalten.

1. Die Wachsthumsrichtung der Keimlingswurzeln resultirt aus der Zusammenwirkung von Turgor, Zellwandbeschaffenheit und Gravitation. Je energischer der Turgor um so mehr prägt sich die ursprüngliche Richtungslage der Wurzel aus, umsomehr tritt der Einfluss äusserer Umstände zurück, vorausgesetzt aber, dass der Turgor in allen Zellen ringsum gleich ist oder gleiche Wirkung entfalten kann. Bei Multilateralität wächst eine Wurzel anfangs, soweit und so lange der Turgor der Einwirkung der Schwerkraft entgegenzuwirken vermag, aufrecht, horizontal oder unter beliebigem Winkel gegen den Horizont geneigt geradeaus fort. Sind aber die Druckgrössen ringsum nicht gleich, so treten Krümmungen ein und zwar um so ausgiebiger, je höher der Turgor. Diese ungleiche Druckvertheilung kann schon bei der Entwickelung des Keimlings begründet worden sein, wenn z. B. die Wände der einen Seite dichtere Struktur, etwa näher an einanderlie-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0441-2

gende Moleküle besitzen, was diese Seite dem Drucke weniger nachgiebig macht als die gegenüberstehende; diese befindet sich in einer weit ausgiebigeren „beständigen, durch Einlagerung neuer Moleküle unterstützten Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze ihrer Wände", was zu einer Krümmung gegen die andere Seite führen muss. Diese Krümmungen und Biegungen oder schraubigen Drehungen können nach den verschiedensten Richtungen vor sich gehen auch nach abwärts, sie können zu einem Eindringen in den Boden führen, ohne dass die Schwerkraft Ursache davon ist. Sehr häufig führen solche Krümmungen dazu, dass sich selbst Wurzeln, die vermöge der Richtung des Keimlings gerade abwärts wachsen könnten, aus der Richtung der Schwerkraft entfernen. Ein weiterer Fall solcher von der Schwerkraft unabhängiger Wurzelkrümmungen nach abwärts besteht darin, dass eine Wurzel schon bei ihrer Entstehung, wenn auch vielleicht unbedeutend von der geraden Richtung sich entfernte, was die Angriffsrichtung des Saftdruckes verändert und ähnlich wie in 4 auseinander gesetzt ist, zu Krümmungen führen muss.

Besonders deutlich zeigt sich der Zusammenhang zwischen Turgor und Wachsthumsrichtung bei Keimlingen, in deren Wurzeln durch Verletzung der Spitze der Turgor gesteigert ist. Theils wachsen sie gerade fort in beliebiger ihnen gegebener Richtung, theils krümmen sie sich in den verschiedensten Ebenen und zwar oft gleichsinnig zum Samen bei verschiedenen Lagen der Keimlinge, oft rollen sie sich vollständig ein, wobei die Oberseite faltig zusammengedrückt wird. Frei aufgehängt wachsende Keimlinge zeigen den Widerstreit zwischen Gravitation, ungleichseitigem Längenwachsthume, das zu Krümmungen in verschiedenen Ebenen führt, und Turgor, welcher die ursprüngliche Richtung einzuhalten strebt.

2. Die Mechanik der Abwärtskrümmung der Wurzeln unter dem Einflusse der Gravitation ist eine verschiedene. Unzweifelhaft ruft die Schwerkraft in einer horizontal gelegten Wurzel eine von oben nach unten zunehmende Concentration der Zellsäfte hervor, ähnlich wie in einer künstlichen Traube'schen Zelle, und diese reichlichere Zufuhr von Stoffen zur Unterseite kann sich in zweifachem Erfolge äussern: entweder wird, wenn die Dehnung durch den Turgor nicht ausreicht, die den Wänden der Unterseite zuströmenden Moleküle zum überwiegenden Flächenwachsthume zu verwenden, die Molekularstruktur der Wände sich ändern in der Richtung, dass die Wände an Dehnbarkeit verlieren

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0442-8

oder es führt die vermehrte Zufuhr auch zu vermehrtem Wachsthum, wenn der Turgor ausgiebig genug ist und im Verhältniss der Stoffzufuhr zunehmen kann. Der erste Fall muss sofort zu einer Abwärtskrümmung führen, mag die wachsende Spitze durch Gegengewichte balancirt werden oder nicht, weil die Oberseite stärker wachsen kann; der zweite Fall dagegen bewirkt eine Aufwärtskrümmung. Tritt dies noch bei jugendlichem Alter der ganzen Keimlingsachse ein, so sieht man deutlich beide Enden nach aufwärts gehen. Aber auch dieser Fall führt zur Abwärtskrümmung, im erwähnten Falle für beide Enden: wenn ein Schlauch mit prallem Inhalte sich nach oben concav wölbt, wird die Oberwand zusammengepresst, wie man an der gefalteten und in Folge des Druckes dort auch mit reichlicheren Haaren besetzten Oberwand einer sich aufwärts krümmenden Wurzel ersehen kann. Daraus ergiebt sich aber ein um so stärkerer Druck auf die Stellen des geringsten Widerstandes, und der Druck trifft zunächst auf die oberseitigen Partien der Enden. Diese Partien werden hiedurch zu überwiegendem Wachsen gebracht, d. h. die Enden krümmen sich nach abwärts. Es ist das mit passenden Vorrichtungen leicht zu demonstriren (am einfachsten mit den Händen). Gewebespannung begünstigt die Aufwärtskrümmung, es reicht aber der Turgor allein schon aus.

Bei mittlerem Turgor wird das Organ mehr oder weniger horizontal bleiben, bei geringerem wird Abwärtskrümmung eintreten. Solange das Gleichgewicht zwischen Auf- und Abwärtskrümmung bleibt, solange wächst das Organ in der ihm zufällig gegebenen Richtung weiter. Es prägen sich also an einem und demselben Organe Erscheinungen, durch die gleichen Ursachen hervorgerufen, ganz verschieden aus je nach der Stärke des Turgors. Beizufügen ist, dass die durch die Schwerkraft unmittelbar oder mittelbar veranlassten Wurzelbiegungen nicht gerade auch in der Vertikalebene sich zu äussern brauchen; dass ferner die Aufwärtsbiegungen nicht schroff einzutreten brauchen, sondern auch mehr oder weniger hinausgedehnt sein können.

In ähnlicher Weise entspricht den Krümmungen, welche durch andere Ursache als durch die Schwerkraft hervorgerufen sind, eine Krümmung im entgegengesetzten Sinne.

3. Es lässt sich nicht bestreiten, dass die Schwerkraft auch direkt dadurch einwirkt, dass sie das Organ als Ganzes herabzieht, wobei die Spitze durchaus nicht plastisch zu sein braucht, natürlich nur in den Fällen, in welchen die Wurzelspitze nicht irgend wie ge-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0443-4

stützt ist; das Herabziehen muss aber das Wachsthum auf der Oberseite begünstigen. Beweisen liesse sich das allerdings nur dann, wenn man diese Ursache isolirt prüfen könnte. Die Schwerkraft wirkt sich eigentlich selbst entgegen, indem sie einerseits das ganze Organ herabzieht, anderseits zu Stoffvertheilungen im Innern Anlass giebt, die zu Aufwärtskrümmungen führen können. Die Wirkung der Schwerkraft auf eine Wurzel, deren Spitze in Quecksilber eindringt, kann verschieden sein: es geht eine Aufwärtskrümmung vorher oder die Dehnbarkeit, welche zum Flächenwachsthum nöthig ist, ist herabgesetzt oder die Wurzel lag nicht direkt am Quecksilberspiegel, so dass sie durch die Schwerkraft aus der Horizontalen gebracht werden kann, wozu gar nicht einmal Wachsen der Keimlingsachse nöthig ist, wenn der Keimling z. B. blos durch die Keimblattstiele in seiner Lage gehalten wird. Die Streckung der Zellen in der neuhergestellten Wachsthumsrichtung führt zu einem kräftigen Einbohren. Es ist somit, wenn es sich um die Art und Weise handelt, wie eine Keimungswurzel in die Unterlage sich eingräbt, ganz abgesehen von den Feuchtigkeitswirkungen, nicht gleichgültig, ob der Keimling dicht an der Unterlage liegt oder in einiger Entfernung davon, wenn es auch nur wie z. B. bei Erbsen ein Theil der Samenhöhe ist. Ist die Unterlage fest, so dass kein Eindringen stattfinden kann, so wird bei geeigneter Lage der Samen durch die Wurzel in der Streckungsrichtung verschoben, z. B. werden Erbsen von der breiten auf die schmale Seite gehoben, auch ein Beweis gegen die Plasticität der krümmungsfähigen Region der Wurzelspitzen.

4. Steht ein Keim ursprünglich so, dass die Wurzel vertikal aufwärts geht, so wird sie doch leicht aus dieser Richtung kommen durch ungleiche Feuchtigkeitsverhältnisse ringsum oder andere Momente, die die Zellwandstruktur beeinflussen, oder durch andere Ursachen, wie durch den Einfluss des Knöspchens veranlasst; die Spitze wird etwas seitwärts gehen, sei es auch fast unmerklich. Der in der vertikalen Richtung (allgemeiner gesagt in der vorausgegangenen Richtung überhaupt) am stärksten wirkende Saftdruck trifft jetzt auf eine andere Zellenpartie, die obere, einseitig, der überwiegende Druck bringt sie zum stärkeren Wachsen, die Spitze krümmt sich nach abwärts, mag die Krümmung vom Samen weg, seitwärts oder vorwärts gehen. Der gleiche Fall tritt natürlich ein, wenn die Wurzel schon ihrer Anlage nach nicht ganz gerade war. Aehnlich beobachtet man bei Zwiebelpflänzchen (Keimlingen), dass ihre ersten Blätter, wenn sie während ihres

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0444-0

Wachsthumes niedergebogen waren, durch Bedeckung mit Erde u. s. w., an der Biegungstelle einen neuen Wachsthumsheerd nach aufwärts erhalten, gleichsam eine neue Spitze bekommen, weil nahezu senkrecht auf die Biegungsebene der Saftdruck wirkte. Die gleiche Betrachtung gilt auch für andere als vertikal aufwärtsgehende Richtung des Würzelchens. Auch diese Formen der Abwärtskrümmungen der Wurzeln werden durch die Schwerkraft nicht veranlasst.

Der Satz, dass in der Richtung, in welcher ein Organ eine Zeitlang gewachsen ist, der Druck am grössten ist, gilt aber auch für die Erklärung der Nutationskrümmungen der Stengel, wobei aber die Ursachen, welche die Abweichung von der Vertikalrichtung ermöglichen, für jetzt unerörtert bleiben sollen. Die Krümmung nach seitwärts oder abwärts wird durch die gemeinsame Wirkung der Gegenkrümmung und der Schwerkraft wieder ausgeglichen.

5. Beobachtungen des Wurzelwachsthums in der Nähe des Erdbodens involviren Abänderungen durch den Einfluss der Feuchtigkeit, und es gilt das überhaupt für alle feuchten Gegenstände in der Nähe der wachsenden Wurzeltheile. Wirkt eine solche Feuchtigkeitsquelle auf eine Wurzel, so treten verschiedene Erscheinungen ein, je nachdem sich die wachsende Stelle an oder dicht an der Feuchtigkeitsquelle befindet; oder je nachdem sie in grösserer (wenn auch noch absolut geringer) Entfernung davorsteht. Ist ersteres der Fall, so wird die anliegende Wurzelseite Feuchtigkeit einzusaugen vermögen, der Turgor wird sich hier erhöhen gegenüber der anderen Seite, die Wurzel krümmt sich weg von der Feuchtigkeitsquelle. Mit der Schwerkraft gleichsinnig wirkend zeigt sich diese Erscheinung, wenn die Feuchtigkeitsquelle sich unterhalb der Samen befindet; liegen die Keimlinge in flacher Wasserschichte, die nur die Unterseite benetzt, so rollen sie sich bei dem einseitig erhöhten Turgor oft energisch aufwärts zusammen. Sehr günstig ist der unebene Boden der Nobbe'schen Apparate, wo sich die wachsende Spitze nicht immer völlig anzuschmiegen vermag; denn jene Erscheinungen, welche Folge sind der Berührung wachsender Wurzelspitzen mit der Unterlage, bedürfen ein gesondertes Studium, da hiebei andere Momente hereingreifen dürften.

Ist aber eine wachsende Wurzel nur in der Nähe einer Feuchtigkeitsquelle, so kann der überwiegende Turgor der einen Seite nicht zu Stande kommen, sondern wenn er zunimmt, erhöht er sich gleichmässiger über den ganzen Querschnitt hin. Dagegen ist

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0445-5

anzunehmen, dass eine Wurzel auf der Seite, welche gegen die Feuchtigkeitsquelle liegt, in Folge der feuchteren Atmosphäre eine andere Struktur der Wände annimmt, welche diese schwächer, nachgiebiger macht. Schon verminderte Wasserabdunstung von dieser Seite muss Verschiedenheiten in der Wandstruktur bewirken. Nun ist aber keine Veranlassung dazu gegeben, dass im Verhältniss der Turgor zunimmt, welcher eben im Fall der Zunahme ein stärkeres Wachsthum ähnlich wie im voraus erwähnten Falle bewirken würde. Diese grössere Nachgiebigkeit bei nicht zunehmendem Turgor stört das Gleichgewicht der Druckkräfte ringsherum zu Ungunsten dieser Seite und wie eine in der Mitte gespaltene Wurzel auf der Schnittfläche concav sich krümmt, so biegt sich auch eine solche Wurzel gegen die Feuchtigkeitsquelle hin. Kommt sie einmal aus der vertikalen Richtung, so begünstigt die Schwerkraft selbst die Aufwärtskrümmung, welcher, wenn die Folgen der Berührung mit den festen Gegenständen sich geltend machen, auch keine Abwärtskrümmung zu folgen braucht, oder es tritt ein Widerstreit ein zwischen den Folgen der Berührung, der Feuchtigkeit und Schwerkraft. In der Nähe der feuchten Erde gehen alle Abwärtskrümmungen der Wurzeln viel energischer vor sich, als wenn keine solche Feuchtigkeitsquelle unterhalb sich befindet. Umgekehrt machen sich die Krümmungen gegen eine feuchte Fläche um so weniger geltend, je feuchter die umgebende Luft ist.

6. Der Begriff des Geotropismus mag als bequeme Zusammenfassung aller durch die Schwerkraft ausgelösten Biegungen oder Krümmungen vom oder zum Erdcentrum bestehen bleiben, wenn auch die Auslösung in verschiedener Weise geschieht. Dagegen ist zu betonen, dass dem positiven wie dem negativen Geotropismus ganz die gleichen Ursachen zu Grunde liegen, nämlich Zufuhr von Wachsthumsstoffen zur Unterseite durch den Einfluss der Schwerkraft, und dass nur je nachdem die zugeführten Stoffe verwendet werden können, was von der Stärke des Turgors oder der Gewebespannung oder der Zusammenwirkung beider abhängt, Auf- oder Abwärtsbiegung eintritt oder auch Gleichbleiben, wenn Auf- und Abwärtsbiegung einander das Gleichgewicht halten.

Es bestätigt sich sonach, wenn J. Sachs äussert: „Als Hauptergebniss meiner bisherigen Untersuchungen betrachte ich zunächst das, dass die Vorgänge der geotropischen Aufwärtskrümmung wesentlich dieselben, aber in entgegengesetzter Richtung auftretenden sind, wie bei der geotropischen Abwärtskrümmung, dass

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0446-1

demnach die mechanische Erklärung der einen nothwendig auch die der anderen in sich schliessen muss."

Warum aber trotz gleicher Ursachen doch der Stengel aufwärts wächst, das beruht auf historischen, ererbten Grundlagen, die sich in der Organisation jedes Organes ausdrücken. Wenn der Turgor allein schon hinreicht wie in den Grasknoten, ein Organ zum unterseits stärkeren Wachsthume zu bringen, bewirkt dies in anderen Fällen daneben oder vorwiegend die Gewebespannung, wie sie in den differenzirenden Theilen jugendlicher Stengel auftritt, welche diese der Schwerkraft entgegen emporhebt, während geringe Spannungen oder unzureichender Turgor auch Stengel zu horizontalem oder abwärtsgehendem Wuchse bringen können wobei aber diese Umstände nicht fortdauernd gleich zu bleiben brauchen, so wenn sich ein horizontaler Stamm von der Spitze erhebt. Bei einer Wurzel bewirkt gerade der kräftigste Turgor die kräftigste Abwärtskrümmung, und es ist keine ausreichende innere Spannung vorhanden, um sie empor zu heben; es erlischt auch bald an der Krümmungsstelle, vielleicht sogar eher als bei vertikalem Wuchse die Fähigkeit zum Wachsen, dessen Energie hier ja überdies von der leicht vergänglichen Rinde abhängt. Nur ein sehr kräftiger Turgor könnte die Abwärtskrümmung ausgleichen.

Lichenes Brasilienses,
collecti a D. A. Glaziou in provincia brasiliensi Rio Janeiro,

auctore Doct. A. de Krempelhuber.

(Continuatio.)

259. *Graphis annulata* Krph. sp. n.

Thallus maculam pallido-ochraceam, irregularem, continuam et ambitu a linea angusta cinctam efformans; apothecia prominula lirellaeformia, valde numerosa, inter se approximata, vario modo flexuosa et fere intricata, simplicia, raro furcata, epithecio angusto nigricante, utrinque a thallo marginato; sporae 6—8nae, oblongae, vicies—tricies et pluries transversim annulatae (septatae) vel striatae, annulis (vel septis ?) gracilibus anguste approximatis, apicibus utrinque spatium vel loculum vacuum praebentes, incolores, long. 0,030—031; crass. 0,011 mm.; excipulum atrum infra apertum, hypothecium obscuro-fuscum; paraphyses firmae, rectae, valde conspicuae.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03643-0447-7

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: 59

Autor(en)/Author(s): Kraus Carl

Artikel/Article: Mechanik der Wachsthumsrichtungen von Keimlingswurzeln 438-445