© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Mittheilungen.

23. Hans Molisch: Ueber die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachsthumsrichtung durch Gase (Aërotropismus).

(Vorläufige Mittheilung.)

Eingegangen am 28. März 1884.

Das Bewegungsvermögen der Wurzel hat seit Langem die Aufmerksamkeit der Physiologen in Anspruch genommen. Aus den vielfachen Untersuchungen über Wurzelbewegungen geht hervor, dass die Reaktionsfähigkeit dieses Organs äusseren Kräften gegenüber eine ausserordentliche ist — ja man kann, ohne Gefahr zu laufen der Uebertreibung geziehen zu werden, behaupten, dass kein Organ der Pflanze hinsichtlich seiner Bewegungen von so vielen äusseren Faktoren beeinflusst wird, wie gerade die Wurzel. Durch die folgenden Zeilen wird das Gesagte vom Neuen bestätigt werden, denn ich werde zeigen, dass auch Gase gleich der Schwerkraft, dem Licht etc. die Wurzel zu ganz bestimmten Wachsthumsbewegungen veranlassen können.

Obwohl meine Untersuchungen über den eben bezeichneten Gegenstand noch keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen und auch keineswegs als abgeschlossen zu betrachten sind, so haben sie doch schon solche Resultate ergeben, die zur Veröffentlichung reif sind. Dies soll nun hier in knappen Umrissen geschehen, eine ausführliche von Tafeln begleitete Publikation meiner diesbezüglichen Beobachtungen wird später in den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien erscheinen.

I.

Ueber eigenthümliche Krümmungsbewegungen von Zea-Wurzeln im Wasser.

Befestigt man junge etwa 3—5 Tage alte *Zea*keimlinge derart oberhalb eines Wasserniveaus, dass die Wurzeln derselben unter verschiedenen Winkeln (z. B. unter 45°) den Wasserspiegel gerade mit der äussersten Spitze treffen und sorgt man ferner dafür, dass die über dem Wasser befindlichen Keimlingstheile sich im finsteren und dunstgesättigten Raum befinden, so kann man folgendes beobachten: die Wurzeln dringen zuerst geotropisch ins Wasser ein und vollführen dann, die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

geotropische Krümmung oft ganz ausgleichend und von der Schwerkraft augenscheinlich gar nicht beeinflusst, unter Wasser entweder ganz unregelmässige, nach den verschiedensten Richtungen orientirte Krümmungen oder sie wenden sich wieder aufwärts, erreichen den Wasserspiegel und wachsen nunmehr viele Centimeter entweder gerade oder in einer undeutlich ausgesprochenen sehr flachen Wellenlinie an der Grenze zwischen Luft und Wasser weiter.[1]) Auch der Fall kommt gar nicht selten vor, dass ein und dieselbe Wurzel zuerst unter Wasser unregelmässige Krümmungen ausführt und dann erst dem Wasserspiegel zueilt, um an demselben horizontal weiter zu wachsen. Mitunter erhebt sich die Wurzel sogar über die Wasseroberfläche, dringt bis zu mehreren Centimetern schief in die feuchte Luft vor und wächst dann im flachen Bogen wieder dem Wasser zu.

Die vorhin erwähnten unregelmässigen Krümmungen, welche *Zea*wurzeln im Wasser aufweisen, sind oft von auffallender Art: halbkreis-schleifen-schrauben-knieförmige sind gar nichts Seltenes. Diese Krümmungsbewegungen treten nur dann auf, wenn die Wurzeln sich nicht sehr tief unter der Wasseroberfläche befinden; operirt man mit längeren etwa 10 *cm* langen Wurzeln und taucht man sie möglichst tief ein, so wachsen sie zumeist in der ihnen gegebenen Richtung weiter, Krümmungen, wie wir sie soeben beschrieben, beobachtet man unter diesen Umständen nur in den seltensten Fällen. Desgleichen unterbleiben sie, gleichgültig ob die Wurzeln sich in höheren oder tieferen Wasserschichten befinden, sobald man die Wurzelspitze in einer Ausdehnung von 1 *mm* durch einen möglichst queren Schnitt abträgt.

So leicht es ist, diese eigenthümlichen Nutationen an *Zea*wurzeln hervorzurufen, so schwierig ist es, die Ursachen derselben aufzufinden. Sobald man auf die Ursachen dieser Krümmungen eingeht, ist es zweckmässig zu unterscheiden, zwischen den sich im Wasser vollziehenden ganz unregelmässigen Nutationen und dem mehr minder horizontalen Verlauf an der Oberfläche des Wassers. Die Ursache dieser beiden Erscheinungen ist meiner Ansicht nach verschieden. Warum die Wurzel unter Umständen im Wasser in so auffallender Weise nutirt, darüber lässt sich vorläufig nichts Bestimmtes aussagen. Es liegt zwar die Vermuthung nahe, dass Bakterien (auch Pilze und Infusorien finden sich mitunter vor), die sich nach und nach in der Umgebung der abgestossenen und durch Schleimmasse zusammengehaltenen Wurzelhaubenzellen anhäufen, die Wurzel in irgend einer Weise beeinflussen und hierdurch Krümmungen veranlassen, allein man wird in dieser Vermuthung nicht bestärkt, sobald man erwägt, dass die eigenthümliche Wachsthumsweise der *Zea*wurzel sich oft bereits nach einem halben Tag

1) Dieselbe Erscheinung lässt sich auch an Erbsen- und Gerstenwurzeln allein in minder schöner Weise beobachten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einstellt, also zu einer Zeit, wo eine erhebliche Ansammlung von Bacterien gewiss noch nicht stattgefunden hat.

Was dagegen den horizontalen Verlauf der *Zea*wurzel an der Grenze zwischen Luft und Wasser anlangt, so halte ich dafür, dass der hohe Sauerstoffgehalt der obersten Wasserschichten und der der angrenzenden Atmosphäre die Wurzel bestimmt am Wasserspiegel weiter zu wachsen. Die obersten Schichten einer mit Luft in Berührung stehenden Wassersäule werden zuerst mit Sauerstoff gesättigt sein. Hier wird auch der von der Wurzel verathmete Sauerstoff aus der Luft rasch und leicht ersetzt werden können, ganz im Gegensatze zu den tieferen Schichten, da dieselben von der Sauerstoffquelle verhältnissmässig weit entfernt sind und die Diffusion der Gase durch Flüssigkeiten eine äusserst langsame ist.

Da die Wurzel, sobald sie von unten emporwachsend in den Bereich des Wasserniveaus gelangt, ihre Richtung aufgiebt und nun horizontal weiter wächst, so kam ich auf die Vermuthung, dass sie des grösseren Sauerstoffgehaltes wegen weder ihrer früheren Richtung noch der Richtung der Schwere folgt, sondern am Wasserspiegel weiter wächst. Wäre diese Vermuthung richtig, dann müsste die Wurzel für Sauerstoffdifferenzen empfindlich sein. Dieser Gedanke ist der Ausgangspunkt der folgenden Untersuchungen gewesen, denn er hat mich bestimmt, die Frage zu prüfen, ob die Wurzel durch räumlich ungleichmässige Vertheilung des Sauerstoffs und anderer Gase zu Krümmungsbewegungen veranlasst werden kann oder nicht.

Bevor ich jedoch an die Schilderung der diesbezüglichen Versuche gehe, muss ich noch kurz den Ciesielski'schen Versuch[1]) besprechen, wonach eine nur mit einer Kante horizontal aufs Wasser gelegte *Zea*wurzel in einer sehr deutlichen Wellenlinie an der Oberfläche weiter wachsen soll. Ich habe zu wiederholten Malen diesen Versuch, und zwar ganz so, wie ihn Ciesielski angiebt, eingeleitet, habe aber niemals die Wurzel eine so prägnante Wellenlinie bilden sehen. Es ist allerdings richtig, dass eine in der angegebenen Weise aufs Wasser gebrachte Wurzel sich aufwärts erhebt[2]) und dann geotropisch abwärts wachsend das Niveau wieder erreicht. Damit ist zwar schon der erste Wellenberg geschaffen, allein von nun an wiederholt sich dieses Spiel gewöhnlich nicht mehr, da die Wurzel, wofern sie nicht ins Wasser eindringt, an der Grenze zwischen Luft und Wasser oft so lange gerade

---

1) Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel, in Cohn's Beitr. zur Biologie d. Pflanzen. I. Bd. II. Heft. p. 25.

2) Dass diese Aufwärtskrümmung eine einfache Turgorkrümmung ist, zeigte zuerst Sachs (Arbeiten des Würzburger Institutes. Bd. I, 3. Heft, p. 397). — Einen schlagenden Beweis dafür, dass diese Krümmung auf einer einseitigen Erhöhung des Turgors und nicht auf Wachsthum beruht, brachte auch Wiesner. Vergl. Bewegungsvermögen der Pflanzen. Wien 1881. p. 32.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

weiter wächst, bis sie meist in Folge des allzugrossen Eigengewichtes tiefer hinabsinkt. Höchst wahrscheinlich ist es auch hier wieder der Sauerstoffreichthum der obersten Wasserschichten und der der atmosphärischen Luft, welcher den horizontalen Verlauf der Wurzel am Wasserspiegel bedingt.

II.

Versuche mit Sauerstoff.

Es sollte zunächst die Frage entschieden werden, ob eine Wurzel, welcher an zwei entgegengesetzten Seiten verschiedene Mengen von Sauerstoff geboten werden, von ihrer normalen Wachsthumsrichtung abgelenkt wird oder nicht. Um diese Bedingung herzustellen, verfuhr ich gewöhnlich auf folgende Weise.

Ein cylindrisches, ziemlich weithalsiges Glasgefäss (700 cm^3 Inhalt 6 *cm* Oeffnungsweite) wurde in der pneumatischen Wanne mit reinem Sauerstoffgas gefüllt und sodann möglichst rasch mit einer Platte aus Hartkautschuck verschlossen. Die Platte besass 1—2 Oeffnungen in Form von (2 *cm* hohen, 1,5—2 *mm* breiten und ebenso tiefen) Spalten, welche die Aufgabe hatten, die Verbindung zwischen dem Innern des Glasgefässes (Sauerstoff) und der atmosphärischen Luft zu vermitteln. — Bevor die Füllung und der Verschluss des Gefässes hergestellt wurden, suchte ich aus einer grossen Zahl von im Sägemehl (vertikal) gezogenen *Zea*- oder *Pisum*keimlingen solche heraus, deren Wurzeln etwa 1,5—3 *cm* lang und möglichst gerade waren. Die Mayskörner und die Cotylen der Erbsen wurden in nasse Baumwolle eingehüllt und mittelst Stecknadeln auf einem am Glashalse angesiegelten Kork derart befestigt, dass die Wurzeln in einer Ausdehnung von 6—10 *mm* ganz knapp vor den Spalten hingen[1]). Es ist wohl kaum nothwendig zu bemerken, dass besonders die letzte Operation sehr rasch ausgeführt werden muss, da sonst zuviel Sauerstoff durch die Spalten hinausdiffundiren und die Sauerstoffdifferenzen in der Umgebung der Wurzel demgemäss zu gering ausfallen würden.

Sobald die Keimlinge in der angegebenen Weise befestigt waren, legte ich das Glasgefäss auf einer glasirten Thonschale so horizontal nieder, dass die Spalten der Hartkautschuckplatte vertikal standen. Unmittelbar vor denselben befanden sich, die Spitzen nach abwärts gerichtet, die Wurzeln. Ueber das Glasgefäss stürzte ich eine an ihrer Innenseite mit nassem Filterpapier ausgekleidete grosse Glasglocke (Inhalt $6\frac{1}{2}$ *l*) und sperrte das Ganze durch eine dünne Wasserschicht ab. Die Versuche verliefen bei Ausschluss von Licht; die Temperatur betrug in der Mehrzahl der Fälle 19—20° C.

---

1) Bei Verwendung von Erbsen wurde der Keimling stets so fixirt, dass die Ebene der Sachs'schen Krümmung parallel war der Platte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bei dieser Versuchsanstellung musste sich offenbar die dem Spalte zugewandte Wurzelhälfte in einer sauerstoffreicheren Atmosphäre befinden, als die entgegengesetzte. Die Sauerstoffdifferenz zwischen der einen und der anderen Seite musste im Laufe der Zeit eine immer geringere werden und endlich, sobald auf dem Wege der Diffusion ein vollständiger Ausgleich stattgefunden, auf Null sinken. In Uebereinstimmung mit dieser Erwägung steht auch das Verhalten der Wurzeln. Diese wenden sich meist schon innerhalb der ersten 2 Stunden etwas hinein, werden aber alsbald gerade und wachsen sodann von der sauerstoffreicheren Atmosphäre weg. Nach 5—6 Stunden, mitunter noch früher, gewinnt der Geotropismus, offenbar weil die Sauerstoffdifferenz schon zu gering geworden ist, die Oberhand und bringt das Wurzelende wieder in die Vertikale zurück. Hierbei wird die durch den Sauerstoff hervorgerufene Krümmung gewöhnlich weniger deutlich, manchmal sogar ganz ausgeglichen, sodass die Wurzel nach 24 Stunden wieder gerade ist. Die Wurzeln krümmen sich also zuerst etwas in den Spalt hinein, werden gerade und wachsen endlich vom Spalt, beziehungsweise vom Sauerstoff weg. Dies ist die Regel. Es kann jedoch die anfängliche Zukrümmung zum Sauerstoff hinein eine so bedeutende sein, dass die Wurzel durch die Oeffnung in das Gefäss hineingelangt und bei ihrem ferneren Streben, die sauerstoffreiche Luft zu fliehen, die Spalte nicht mehr findet und im Gefässe gewissermassen gefangen bleibt.

Die anfängliche Zukrümmung hat offenbar ihren Grund in dem retardirenden Einfluss der an Sauerstoff überreichen Atmosphäre auf das Längenwachsthum der konkaven Seite. Erst wenn der Sauerstoffgehalt an der dem Spalte zugewendeten Seite auf eine gewisse Grenze herabsinkt, stellt sich auffallenderweise an der anfänglich konkaven Seite ein beschleunigtes Wachsthum ein, wodurch sie nunmehr konvex wird.

Bei den geschilderten Versuchen war stets eine Wurzelhälfte von einer Luftschichte umspült, die mehr Sauerstoff enthielt als die atmosphärische Luft. Es entsteht nun weiter die Frage, wie sich eine Wurzel verhalten würde, wenn sie mit einer Seite an die atmosphärische Luft, mit der entgegengesetzten dagegen an eine sauerstoffarme beziehungsweise stickstoffreiche Atmosphäre grenzen würde? Wenn die Ansicht, die oben über den horizontalen Verlauf der *Zea*wurzeln an einem Wasserspiegel geäussert wurde, richtig ist, dann müsste die Wurzel auf Sauerstoffnoth reagiren und die sauerstoffarme Luft fliehen. Dies geschieht nun in der That. Als ich die geschilderten Versuche dahin abänderte, dass ich das Gefäss nicht mit Sauerstoff füllte, sondern mit einer alkalischen Lösung von Pyrogallussäure [1]) ver-

---

1) Es wurden in der Regel 2 *g* Pyrogallussäure in 80 cm^3 KOH von der Dichte 1,05 aufgelöst.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sah, um der in dem Glasgefäss befindlichen atmosphärischen Luft den Sauerstoff möglichst zu entziehen, krümmten sich die Wurzeln anfänglich gleichfalls etwas hinein, wurden jedoch nach 2 und mehr Stunden gerade und wuchsen sodann von der sauerstoffarmen Seite weg. —

Auch bei diesen Versuchen ist die Sauerstoffspannung an den beiden opponirten Wurzelhälften am Beginne eine sehr grosse. Der Sauerstoffmangel auf der dem Spalte näheren Seite ist so gross, dass diese im Längenwachsthum gegenüber der anderen Seite zurückbleibt und daher konkav wird. Erst später, wenn der Sauerstoffgehalt auf der nunmehr konkaven Seite eine gewisse Höhe erreicht, wächst diese Seite, trotzdem sie noch immer weniger Sauerstoff zur Verfügung hat als die entgegengesetzte, auffallend stärker, wodurch die Wurzel in sauerstoffreichere Luftschichten gelangt.

Da sich die oben ausgesprochene Vermuthung, dass Wurzeln gegen Sauerstoffdifferenzen empfindlich seien, in dem Sinne, dass sie sich von einer sauerstoffarmen [1]) Luft wegkrümmen, als richtig herausgestellt hat, so erscheint es auch ganz begreiflich, warum *Zea-* und andere Wurzeln unter Umständen Tage lang an der Grenze zwischen Luft und Wasser horizontal weiter wachsen.

III.

Versuche mit Kohlensäure.

Nach den im vorhergehenden Abschnitte erwähnten Thatsachen war es nicht unwahrscheinlich, dass auch andere Gase, besonders solche, welche in grösserer Menge geboten auf die Pflanze schädlich einwirken, die Wurzel gleichfalls zu bestimmten Richtungsbewegungen veranlassen. Um diesen Gedanken zu prüfen, führte ich zuvörderst eine grosse Zahl von Experimenten mit CO_2 aus. Von diesem Gas weiss man, dass es Keimlingen gegenüber sich nicht indifferent verhält, sondern denselben geradezu schädlich ist. So wirken nach den Untersuchungen von Böhm [2]) schon 2 pCt. CO_2 in Luft retardirend auf das Längenwachsthum von *Phaseolus*wurzeln, 33 pCt. vollständig hemmend.

Bei einer Versuchsreihe [3]) wurde genau so vorgegangen wie bei den Sauerstoffversuchen, bei einer anderen jedoch mit der Modifikation, dass das mit CO_2 gefüllte Gefäss überdies mit einem Gasometer verbunden wurde, der reine (feuchte) CO_2 enthielt. Zu diesem Zwecke war in die Platte luftdicht eine Glasröhre eingepasst, die durch einen Kaut-

1) Die Sauerstoffmenge darf nicht zu klein angenommen werden, weil sonst, wie oben gezeigt wurde, die entgegengesetzte Krümmung erfolgt.

2) Sitzungsber. d. kais. Akad. der Wissensch. Wien. Bd. 68, 1. Abth. 1873.

3) Bei diesen Versuchen wurde unter die Glasglocke ein Gefäss mit KOH gestellt, um eine Anhäufung von CO_2 zu verhindern.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schuckschlauch mit dem Gasometer in Verbindung stand. Jede Minute gingen aus dem letzteren etwa 12 kleine CO_2-Blasen in das Versuchsgefäss. Natürlich musste dafür gesorgt werden, dass die bei den Spalten heraustretende CO_2 sich möglichst rasch auf einen grossen Raum ausbreiten konnte, da sich sonst die CO_2 in der Umgebung der Spalten ansammeln würde, wodurch selbstverständlich keine günstigen CO_2 Differenzen zu Stande gekommen wären. Um also eine zu grosse Anhäufung der CO_2 zu vermeiden, stellte ich das mit den Wurzeln beschickte Gefäss in einen $\frac{1}{2}$ *m* hohen, würfelförmigen Blechkasten, der innen ganz mit nassen Filterpapier ausgekleidet war. Die Wurzel wuchsen in diesem Raume sehr gut und bildeten reichlich Wurzelhaare. Hydrotropische Krümmungen konnten hier, wie überdies direkte Versuche lehrten, nicht störend wirken, da der Raum nahezu vollkommen dunstgesättigt war. Temp. 19—20°.

Die meisten Wurzeln wuchsen innerhalb der ersten (2—3 Stunden) schwach in den Spalt hinein, nach 5—7 Stunden wurden sie gerade und krümmten sich sodann sehr deutlich von den Spalten, denen die Kohlensäure entströmte, weg. Nach 20—24 Stunden — so lange dauerte gewöhnlich der Versuch — waren die Wurzeln gewöhnlich sehr auffallend von der Platte weggekrümmt. Es veranlasst demnach, wenn man von der anfänglichen schwachen Zukrümmung absieht, eine in der unmittelbaren Umgebung der Wurzel an zwei opponirten Seiten statthabende CO_2differenz eine Wegkrümmung von der CO_2reicheren Luftschicht. — Dass die Wurzeln (*Zea*, *Pisum*) sich am Beginne des Versuchs gerade entgegengesetzt verhalten und sich schwach in den Spalt hineinkrümmen, hat offenbar seinen Grund in den zu dieser Zeit noch viel zu hohen CO_2gehalt jener Luftschicht, welche die dem Spalte zugewandte Wurzelhälfte umgiebt. Dieser zu grosse CO_2 gehalt retardirt das Längenwachsthum der einen Wurzelseite gegenüber der anderen; indem die der CO_2quelle nähere Seite schwächer wächst im Vergleiche zur entgegengesetzten kommt die Krümmung zu Stande. Für die Richtigkeit dieser Erklärung spricht auf Deutlichste der Umstand, dass eine Wurzel, welche die Zukrümmung schon vollführt hat und dann gerade geworden ist, diese Krümmung neuerdings ausführt, wofern man dieselbe wieder vor das frisch gefüllte Versuchsgefäss bringt. Erst wenn die CO_2menge auf eine (leider nicht bestimmbare) Grenze gesunken ist, wächst die der Spalte zugewandte Seite stärker als die entgegengesetzte, die erstere wird konvex, die letztere konkav. Sobald die Wurzel durch diese Wegkrümmung in eine Region gelangt, wo ungünstige oder gar keine CO_2differenzen herrschen, tritt der Geotropismus wieder in seine Rechte und bringt die Wurzel wieder nach und nach in die lothrechte Richtung zurück.

Auch die anderen Versuche, bei denen das Gefäss einfach mit CO_2 gefüllt wurde, ohne mit dem Gasometer in weiterer Verbindung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zu bleiben, gaben ganz befriedigende Resultate, nur war es bei dieser Art der Versuchsanstellung zumeist nöthig, nach etwa 6 Stunden das Gefäss nochmals mit CO_2 zu füllen, worauf die Wurzeln wieder möglichst rasch vor die Spalten gebracht wurden. Nach 20 Stunden (vom Beginne des Versuchs an gerechnet) war sodann in der Regel eine prägnante Ablenkung zu constatiren. —

Der bequemeren Ausdrucksweise wegen dürfte es sich empfehlen, die interessante und bisher unbekannte Eigenthümlichkeit der Wurzel, bei einseitiger Einwirkung gewisser Gase ganz bestimmte Richtungsbewegungen zu vollführen, mit einem passenden Worte zu bezeichnen. Ich schlage hierfür den Ausdruck Aërotropismus vor und werde von positiven oder negativen Aërotropismus sprechen, je nachdem sich die Wurzel dem wirksamen Gase zuwendet oder von demselben abwendet.

IV.

Versuche mit Leuchtgas, Lustgas, Chlorwasserstoffsäure, Ammoniak, Chloroform, Aether und Chlor.

Das Verhalten der Wurzel (*Zea*, *Pisum*, *Cucurbita*) den genannten Gasen und Dämpfen gegenüber ist im Wesentlichen dasselbe wie bei Kohlensäure. Werden dieselben den Wurzeln in solchen Mengen geboten, bei welchen noch ganz gutes Wachsthum stattfindet, so wenden sie sich anfänglich in den Spalt der Platte hinein, werden dann vertical und wenden sich hierauf meist energisch weg, wodurch sie dem gefährlichen Gas möglichst entrückt werden.

Allerdings kommt es vor, dass eine oder die andere Wurzel nur die erste Krümmung vollführt und an der Innenseite der Platte zurückbleibt. Allein darüber darf man sich wohl nicht wundern, wenn man bedenkt, dass die Wurzel, an der Innenseite des Spaltes angelangt, nur ein wenig seitlich zu wachsen braucht, um an der Platte für die Herauskrümmung einen unüberwindlichen Widerstand zu finden. Eine solche Wurzel hat sich gewissermassen in einer Falle gefangen und vermag nicht mehr den Ausweg zu finden. — Doch ganz abgesehen davon kann ja auch die einem giftigen Gase zugewendete Seite derartig geschädigt werden, dass schon aus diesem Grunde die Wegkrümmung unterbleibt. Will man daher den negativen Aërotropismus der Wurzeln bei diesen Gasen zur Anschauung bringen, so darf man nicht zuviel davon in das Versuchsgefäss hineingeben.

Bei Leucht- und Lustgas braucht man nicht gerade sparsam sein, das Wegwenden der Wurzeln tritt auch dann schön ein, wenn man das Gefäss vollständig mit einem dieser Gase füllt. Anders jedoch bei den übrigen Gasen. Giebt man beispielsweise nur einen einzigen Tropfen konzentrirten NH_3 in das Gefäss, so sterben die vor den Spalten hängenden Wurzeln binnen kurzer Zeit ab. Vermengt man dagegen nur

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

eine Spur ($\frac{1}{4}$ Tropfen) NH_3 mit etwa 25 cm^3 dest. Wasser, so tritt deutlicher negativer Aërotropismus ein.

Auch bei Anwendung von Chlorwasserstoffsäure, Chloroform, Aether und Chlor erwies sich eine Mischung von Wasser mit den genannten Körpern erfolgreich[1]).

Nach den Erfahrungen, die heute über die Darwin'sche Krümmung[2]) vorliegen, war der Gedanke naheliegend, dass die erwähnten Gase die Wurzelspitze einseitig beeinflussen und dadurch die aërotropischen Bewegungen hervorrufen. Zahlreiche Versuche, die ich mit in einer Ausdehnung von 1 *mm* decapitirten Wurzeln anstellte, bestätigten jedoch diese Vermuthung nicht. Als ich Chlor, Kohlensäure und Leuchtgas auf geköpfte **Zea-** und **Pisum**wurzeln einseitig einwirken liess, fand eine zwar schwächere Ablenkung als bei intacten Wurzeln statt, sie war jedoch in der Regel ganz deutlich.

Versuche, welche über die Betheiligung der Spitze beim Aërotropismus Aufschluss geben sollen, müssen in möglichst grosser Anzahl unternommen werden, da geköpfte Wurzeln aus bekannten[3]) und unbekannten Ursachen die mannigfaltigsten Nutationen ausführen. Offenbar treten dieselben mit der aërotropischen Krümmung in Combination und falls sich die letztere nicht mit der nöthigen Energie vollziehen würde, könnten die Nutationen dieselbe geradezu verdecken. Dies ist jedoch keineswegs der Fall, der Aërotropismus behielt im Gegentheil den Nutationen gegenüber die Oberhand.

Im höchsten Grade auffallend ist beim negativen Aërotropismus der Umstand, dass gerade diejenige Wurzelhälfte, welche von dem schädlichen oder giftigen Gase am meisten beeinflusst wird, stärker wächst als die gegenüberliegende. Eine analoge Erscheinung lässt sich bekanntlich auch beim Hydrotropismus der Wurzeln beobachten; auch hier wächst gegen alle Erwartung gerade die stärker transpirirende Wurzelhälfte also die trockenere Seite stärker als die feuchte[4]).

---

1) Bei Versuchen mit HCl beispielsweise eine Mischung von 10 cm^3 H_2O und 20 Tropfen konzentrirter HCl.
Bei Versuchen mit Chloroform beispielsweise eine Mischung von 50 cm^3 H_2O und 20 Tropfen Chloroform.
Bei Versuchen mit Aether beispielsweise eine Mischung von 10 cm^3 H_2O u. 4 Tropfen Aether.
Bei Versuchen mit Chlor beispielsweise eine Mischung von 40 *cm* H_2O und 1 bis 2 Tropfen gesättigtem Chlorwasser.

2) Vergl. Darwin, Bewegungsvermögen der Pflanzen. Deutsche Uebersetzung. p. 109; ferner Wiesner, Bewegungsvermögen der Pflanzen, p. 139 etc.

3) Darwin, l. c. p. 453.

4) Vgl. darüber meine „Untersuchungen über Hydrotropismus. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien 1883. 1. Abth. Juli-Heft, p. 33.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Meine nächste Aufgabe wird es sein zu prüfen, ob nicht auch oberirdische Pflanzentheile (Keimstengel, Sporangienträger der Mucorincen etc.) durch Gase in ihrer Wachsthumsrichtung beeinflusst werden, ferner ob nicht auch die Bewegungen der Bacterien und Schwärmsporen durch Gase bestimmt werden können. Nach den schönen Untersuchungen von Engelmann[1]) über die active Bewegung der Bacterien zum Sauerstoff und ferner nach den jüngst veröffentlichteu interessanten Angaben Pfeffer's[2]) „über locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize", ist mir eine Beeinflussung der Bacterien und Schwärmsporen durch verschiedene Gase mit Rücksicht auf ihre Bewegungen mehr als wahrscheinlich.

Bevor ich schliesse, fühle ich mich gedrängt, meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Professor Dr. J. Wiesner, für die vielfachen Rathschläge, die er mir bei meiner Arbeit zu ertheilen die Güte hatte, vielmals zu danken.

Pflanzenphys. Institut der k. k. Wiener Universität.

---

24. Paul Terletzki: Ueber den Zusammenhang des Protoplasmas benachbarter Zellen und über Vorkommen von Protoplasma in Zwischenzellräumen.

Eingegangen am 5. April 1884.

Durch Tangl[3]), Gardiner[4]), Hillhouse[5]) und Russow[6]) ist nachgewiesen worden, dass in dem Parenchym verschiedener Pflanzentheile (Endosperm, Pulvinus, Rinde etc.) bei einer Anzahl der ver-

1) Pflüger's Archiv f. Physiologie 1882. Bd. 30 und Bd. 26.
2) Untersuch. aus d. bot. Instit. zu Tübingen. I. Bd. 3. Heft.
3) Tangl, in den Jahrb. f. wiss. Bot. XII. p. 170—190.
4) Gardiner in: Quart. Journ. Micr. Soc. — Oct. 1882.
Roy. Soc. Proc. — Nov. 1882.
Roy. Soc. Proc. — April 1883.
Roy. Soc. Proc. — Dec. 1883.
Ferner in den Arbeiten d. botan. Instituts zu Würzburg. Bd. III. Heft 1. 1884.
5) Hillhouse, Bot. Centralblatt XIV, 3 und 4.
6) Russow, Ueber den Zusammenhang der Protoplasmakörper benachbarter Zellen. — Sitzungsber. d. Dorpater naturf. Gesellsch. — Sept. 1883.
Als zur Literatur über oben genannten Gegenstand gehörig nenne ich noch eine Arbeit von Thomas Hick, On protoplasmatic continuity in the Florideae. („Journal of Botany, british and foreign." Vol. XXII, No. 254 and 255. London. February and March 1884).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Molisch Hans

Artikel/Article: Ueber die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachsthumsrichtung durch Gase (Aerotropismus). 160-169