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

Ueber Darwin's „Bewegungsvermögen der Pflanzen".*)

Von

Professor A. Tomaschek.

I. Empfindlichkeit der Keimwürzelchen gegen Feuchtigkeit.

Die Bewegung des Würzelchens, welche durch einseitige Einwirkung der Feuchtigkeit eingeleitet wird, ist gerade die umgekehrte von der durch an einer Seite der Spitze angehängte Gegenstände erregten, indem das Würzelchen in ersterem Falle veranlasst wird sich nach der benachbarten Feuchtigkeitsquelle hinzubiegen. Die Empfindlichkeit gegen eine Verschiedenheit in dem Feuchtigkeitszustande auf beiden Seiten eines Würzelchens hat auch hier ihren Sitz in der Spitze, also wohl in den primitiven Zellen des Vegetationspunktes von wo aus ein bestimmter Reiz auf die oberen Theile der Wurzel überliefert wird.

Die Experimente, auf deren Grundlage Darwin die eben aufgestellten Behauptungen als richtig erwiesen hat, sind nach dem Plane eingerichtet worden, den Dr. J. Sachs zur Demonstration des Hydrotropismus der Keimwurzeln inaugurirte.

Es wurden Siebe mit in feuchten Sägespänen keimenden Samen so aufgehängt, dass der Boden im Allgemeinen unter 40° gegen den Horizont geneigt war. Wenn die Würzelchen nur von Geotropismus beeinflusst worden wären, würden sie aus dem Boden des Siebes lothrecht nach abwärts gewachsen sein, da sie aber durch die benachbarte feuchte Oberfläche angezogen wurden, bogen sie sich nach dieser hin und wurden 50° von der lothrechten abgezogen. Zu diesen Versuchen verwendete Darwin Keimwurzeln von Phaseolus multiflorus, Vicia Faba, Avena sativa und Triticum vulgare. Um zu erweisen, dass gerade die

*) Die folgenden Mittheilungen sind aus einem Vortrage über den bezeichneten Gegenstand entnommen, welchen der Verfasser in der Sitzung am 11. October 1881 des naturforschenden Vereines gehalten hat.

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

Spitze derjenige Theil der Wurzel sei, welcher gegen Feuchtigkeitsdifferenzen empfindlich sich bewährte, wurden die Spitzen der Würzelchen in einer Länge von 1—2$^{mm.}$ mit einer Mischung von Olivenöl und Lampenruss überzogen und zwar zu dem Zwecke um sie gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit unempfindlich zu machen. Es war voraus zu setzen, dass wenn die Spitze der allein empfindliche Theil der Wurzel wäre, die Würzelchen unter den obigen Verhältnissen sich nicht gegen die feuchte Oberfläche des Siebes wenden, sondern dem Einflusse des Geotropismus allein folgend sich lothrecht nach abwärts wenden würden. In der That zeigte der Augenschein in einzelnen Versuchsreihen einen eklatanten Erfolg, denn es war, wie Darwin bemerkt (p. 157)*), bei Anwendung von Avena sativa unmöglich die Würzelchen mit den schwarzen eingeölten Spitzen aus dem Boden des Siebes vorspringen und alle die mit nicht eingeölten Spitzen, der Zahl nach mindestens 40—50 dicht an den Boden des Siebes anhängen zu sehen, und dann noch zu zweifeln, dass die Einölung eine grosse Wirkung hervorgebracht hatte.

In den meisten Fällen hingen die Würzelchen mit eingeölter Spitze senkrecht oder beinahe senkrecht herab. Die feuchte Luft auf einer Seite hatte nicht oder nur unbedeutend auf sie eingewirkt, obgleich der ganze obere Theil frei exponirt war.

Da ein Fettüberzug sich in vielen Fällen einigen Pflanzen sehr schädlich erwies, so dass z. B. bei den Cotyledonen von Phalaris und Avena, welche der einen Seite entlang mit Fett bedeckt wurden, das Wachsthum dieser Seite vollkommen unterbrochen oder bedeutend aufgehalten wurde, lag es nahe zu erfahren welchen Einfluss das Einölen der Spitze der Würzelchen auf das Gesammtwachsthum der Wurzel ausüben würde, denn es war zu befürchten, dass wenn das Einölen der Spitze der Würzelchen einen den obigen Erfahrungen gleich hemmenden Einfluss auf das Gesammtwachsthum der Würzelchen hervorrufen würde, diese Störung der Wachsthumsfähigkeit der eigentliche Grund der Verhinderung hydrotropischer Bewegungen sein müsste. Darwin hat bei anderer Gelegenheit Versuche über die Wachsthumsfähigkeit von Wurzeln mit bis auf 2$^{mm.}$ Längenausdehnung eingeölter Spitze unternommen. Bei einem Versuche mit Wurzeln von Phaseolus multiflorus bemerkte Darwin dass der terminale Theil von 8 Controlexemplaren (ohne eingeölter Spitze) in 24 Stunden in der Länge von 10$^{mm.}$ bis zu einer mittleren Länge von 24·3$^{mm.}$ zugenommen hatte, während die mittlere Längenzunahme der Würzelchen mit eingeölter Spitze 20·7$^{mm.}$ in derselben Zeit betrug.

*) Das Bewegungsvermögen etc. übersetzt von J. V. Carus 1881.

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

Bei einer anderen Gelegenheit wurde der ganze wachsende Theil (mit Einschluss der eigentlichen Spitze) von 6 Würzelchen gemessen, und es fand sich, dass er in 23 Stunden von $10^{mm.}$ bis zu einer mittleren Länge von $17{\cdot}7^{mm.}$ zugenommen hatte, während der entsprechende Theil der Controlexemplare bis zu $20{\cdot}8^{mm.}$ zugenommen hatte (p. 458). Aus diesen so wie anderen in gleichem Sinne ausgeführten Versuchen konnte nun abgeleitet werden, dass der Oelüberzug nur in unbedeutendem Grade das Wachsthum des terminalen Theiles beeinflusse, dies um so mehr, als hiedurch nicht einmal die Spitze wirklich verletzt wurde; denn Würzelchen, deren Spitze in einer Längenausdehnung von $2^{mm.}$ eingeölt waren (p. 461) fuhren während 7 Tagen zu wachsen fort und waren dann nur ein wenig kürzer als die Controlexemplare. Wurden Würzelchen mit eingeölter Spitze durch längere Zeit, also mehrere Tage, in feuchter Luft erhalten, so wird das Fett in die feinsten netzförmig verbundenen Fädchen und Punkte mit schmalen vollständig rein gehaltenen Stellen der Oberfläche zwischen ihnen ausgezogen (p. 158). Darwin hält es nun für wahrscheinlich, dass solche Stellen im Stande sind Feuchtigkeit zu absorbiren und so lässt sich erklären, dass bei verschiedenen Versuchen einige Würzelchen nach einem Verlaufe von 1 oder 2 Tagen nach dem Siebe hingedrückt wurden. Die verminderte Wachsthumgeschwindigkeit kann allerdings der durch Bedeckung der Spitze bewirkten geringeren Feuchtigkeitsmenge zugeschrieben werden. Da aber noch hinreichende Wachsthumsgeschwindigkeit zurückbleibt, so kann das Nichteintreten hydrotropischer Krümmungen im Falle des Einölens der Spitze nur in Folge eines Reizes erfolgen, der von der nicht bedeckten Spitze ausgehen muss, wenn eine hydrotropische Krümmung stattfinden soll.

Die Einwendungen Dr. J. Wiesner's*) gegen die Auslegung der von Darwin gemachten Versuche fussen hauptsächlich auf dieser herabgesetzten Wachsthumsgeschwindigkeit im Falle der Einölung der Spitze, indem er annimmt, dass durch diese herabgeminderte Wachsthumsgeschwindigkeit auch die hydrotropische Krümmungsfähigkeit vermindert oder aufgehoben werde, nicht durch den Mangel der Induction von Seite der Spitze respective der Zellen des Vegetationspunktes.

Da aber Wiesner aus seinen eigenen Versuchen den Bestand einer directen Proportionalität von Längenwachsthum und hydrotropischer Krümmungsfähigkeit selbst zu bezweifeln bemüssigt ist (Wiesner p. 133) so glaube ich dass seine Einwendungen nicht unwiderlegbar sind und

*) Das Bewegungsvermögen etc. von Dr. J. Wiesner. Wien 1881.

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

wenigstens dermalen kaum geeignet erscheinen die Gründlichkeit der von Darwin gemachten Schlüsse zu erschüttern.

Auch den Würzelchen mit eingeölter Spitze wird durch die höher liegenden Zellen und zwar durch deren osmosische Thätigkeit hinreichend Feuchtigkeit zugeführt, um deren Wachsthumskraft in gehöriger Energie zu erhalten, doch nur durch den Reiz, der durch die einseitige Feuchtigkeitsquelle in der Wurzelspitze erregt wird, wird die hydrotropische Krümmung in der höher liegenden Wachsthumsregion inducirt. Dass auch in den höheren Theilen der Würzelchen Feuchtigkeit aufgenommen wird, ergibt sich aus dem Grunde, weil sich daselbst Wurzelhaare ausbilden, welche offenbar die Befähigung haben die atmosphärische Feuchtigkeit aufzunehmen. Allerdings ist durch die Beobachtungen Darwin's eine physiologische Eigenthümlichkeit der Zellen des Urmeristems des Vegetationspunktes entdeckt worden, welche bis jetzt kaum beachtet wurde. Da aber diese Urzellen dem Ursprunge aus dem Protoplasma näher liegen, ist es leicht begreiflich, dass sie ererbte Eigenschaften besitzen, welche später bei ihrer Weiterentwickelung durch Anpassung an bestimmte Verrichtungen verloren gehen.

Ungeachtet ich nun die Ueberzeugung hatte, dass Darwins Versuche vollkommen geeignet sind zu jenen Schlüssen zu führen, welche dieser grosse Naturforscher machte, so sann ich doch darüber nach, dem als Beweis zu Grunde gelegten Experimente eine solche Form zu geben, in welcher es directe auf die von Darwin aufgestellten Sätze über die hydrotropischen Krümmungen hinweisen sollte.

Vor Allem erkannte ich, dass Darwin zum Behufe der Nachweisung der Empfindlichkeit der Wurzelspitze gegen Berührung und Druck eine Methode gefunden habe, die sich mit einigen Modificationen ganz gut zur Nachweisung der Einleitung hydrotropischer Krümmungen durch die Spitze der Wurzel benützen lässt, es also durchaus nicht nothwendig erscheint zur Sachs'schen Methode der Nachweisung hydrotropischer Krümmungen zu greifen. Ich dachte, dass es mir, indem ich das Verfahren nach dem oben erwähnten Muster einrichtete, gelingen könnte ohne Vornahme der Einölung oder Cauterisirung der Spitze die Betheiligung derselben bei der Einleitung hydrotropischer Krümmungen direct nachzuweisen. Wir dürfen eben nicht vergessen, dass die Einwendungen Wiesner's gegen obiges Verfahren der Einölung oder Cauterisirung der Spitze gerichtet sind, die er als Ursache eines abnormen Zustandes der Würzelchen bezeichnet, welcher das Zustandekommen der hydrotropischen Krümmungen verhindert (Wiesner p. 134).

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

Ich befestigte demnach, und zwar ohne Klebmittel, kleine wohlbefeuchtete Schwammstückchen (Badeschwamm) oder Rehleder unmittelbar seitlich an der Spitze der Keimwürzelchen zunächst von Vicia Faba und Lathyrus sativus*). Die feuchten Schwamm- oder Ledertheilchen, welche an Grösse den von Darwin verwendeten Cartonabschnitten nahezu gleichkamen, wurden vorsichtig angelegt, adhärirten gut ohne Anwendung eines Klebmittels. Die präparirten Bohnen wurden wie gewöhnlich mit dem Hilum abwärts angestochen, an der Innenseite der Korkstöpsel von Glasgefässen gehängt. Diese Glassgefässe wurden jedoch nicht, wie gewöhnlich, zur Hälfte mit Wasser gefüllt, sondern es wurden bloss die Wände auf der Innenseite anfänglich befeuchtet. Allerdings musste die Luft in den Glasgefässen trockener bleiben, als dies der Fall war, wenn die Gefässe zur Hälfte mit Wasser gefüllt wurden. Zu Folge dieses Umstandes war zu erwarten, dass die in den Gefässen eingeschlossenen Würzelchen in Folge des geringeren Feuchtigkeitsgrades der sie umgebenden Luft allerdings nur langsam wachsen würden. Dass übrigens auch unter den bezeichneten Umständen die Würzelchen nicht welken sondern langsam fortwachsen würden, darüber war ich schon aus früheren Versuchen orientirt, ich wusste, dass z. B. ein angefeuchteter Tuchlappen in einem kleinen hermetisch verschlossenen Gefässe durch ein ganzes Jahr hindurch feucht blieb, konnte also auch voraussetzen, dass auch die Feuchtigkeit in den bezeichneten Gefässen durch längere Zeit ungehindert circuliren würde. Indem ich mir ferner Dr. J. Wiesner's Versuch vor Augen hielt, aus dem hervorging, dass an die konische Abdachung der Wurzelspitze vorsichtig angedrückte, also ohne Klebmittel adhärirende Holzstückchen oder Sandkörnchen in keinem Falle ein Abkehren der wachsenden Wurzelregion von der Berührungsstelle bewirkten, so glaubte ich auch in dem von mir projectirten Versuche, in welchem an der Wurzelspitze Schwämmchen oder Lederstückchen nur mittelst einer Flüssigkeitsschichte adhäriren, die Darwin'sche Krümmung nicht erwarten zu müssen. Ebensowenig könnte eine allenfällige hydrotropische Krümmung mit der sogenannten krallenförmigen Krümmung der Wurzelspitze verwechselt werden, da die letztere nur bei tiefer gehenden Verletzungen der Wurzelspitze, die in unserem Versuche ausgeschlossen blieben, einzutreten pflegt (Darwin p. 124). In dem projectirten Versuche hatte ich also nur zweierlei Erfolge zu erwarten. Entweder die befeuchteten an der konischen Abdachung der Wurzelspitze angebrachten feuchten Schwammstückchen haben gleich

*) Die Wurzelspitzen von Lathyrus sativus zeigen nach meinen Beobachtungen nur sehr geringe Reizbarkeit gegen Druck und Berührung.

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

den ähnlich befestigten Sandkörnchen in Wiesner's Versuch gar keine Wirkung, oder aber es werden ungeachtet des langsamen Wachsthums durch den Reiz der einseitig angebrachten Feuchtigkeitsquellen wirklich hydrotropische Krümmungen inducirt. In Folge der getroffenen Massregel, dass die Würzelchen in einem mässig feuchten Raume eingeführt wurden, war wohl der zuletzt bezeichnete Fall des Eintretens hydrotropischer Krümmungen mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erwarten, da doch zu der unbedeckten Seite der Wurzelspitze bei weitem weniger Feuchtigkeit gelangen konnte, als zu jener, welche mit dem feuchten Schwämmchen in Berührung stand.

Der Erfolg der nach obigem Plane durchgeführten Versuche rechtfertigte in entsprechender Weise die gehegten Erwartungen. Die Krümmungen traten in der über der Spitze ligenden wachthumsfähigen Region (4 bis 10$^{mm.}$ von der Spitze entfernt) ein und waren gegen die einseitig wirkende Feuchtigkeitsquelle, gegen die Schwämmchen hin gerichtet. Höhere Temperaturen von 20^0 bis 24^0 C. beschleunigten das Eintreten der hydrotropischen Krümmung sehr, so dass sich dieselben gewöhnlich bereits nach 4 oder 6 Stunden zeigte.

II. Paratonische Nutationen im Sinne Darwin's.

Durch die Entdeckung der Reizbarkeit der Keimwurzeln ist Licht auf die Natur der paratonischen Nutationsbewegungen geworfen worden. Auch diese letzteren Bewegungen obgleich sie erst durch das fortschreitende Wachsthum zur Geltung gelangen, sind als Reizbewegungen aufzufassen, welche insbesondere durch die Spitze der Wurzel eingeleitet werden, wenn diese durch die Schwere, Feuchtigkeit oder vielleicht auch von anderen äusseren Einflüssen*) einseitig tangirt wird. Wir wollen uns zunächst mit der Zergliederung geotropischer Wurzelbewegungen im Sinne Darwin's befassen.

Bei Würzelchen mehrerer und wahrscheinlich aller Pflanzensämlinge ist die Empfindlichkeit für Gravitation auf die Spitze beschränkt, welche einen Einfluss auf den benachbarten oberen Theil der Wurzel überleitet und diesen veranlasst, sich nach dem Mittelpunkt der Erde zu wenden (D. p. 488). Darwin folgert diese Behauptung aus Experimenten, welche lehren, dass horizontal gelegte Keimwurzeln sich nur dann geotropisch krümmen, wenn ihre Spitzen unverletzt bleiben. Wird jedoch die Spitze sammt dem verborgenen Vegetationspunkt sorgfältig abgenommen oder durch Aetzen mit Höllenstein zerstört, so

*) Licht, Wärme; Chemismus.

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

wird, obgleich der geotropisch krümmungsfähige um einige Millimeter von der Spitze entfernte Theil, der ungeachtet dieser Verletzung, mit einer Geschwindigkeit zu wachsen fortfährt, so dass seine Länge häufig in einem Tage verdoppelt wird (D. p. 466), dennoch an den operirten Wurzeln in dem bezeichneten Zeitraume keine oder nur sehr unbedeutende geotropische Krümmung eintreten. Berücksichtigt man nun dass horizontal ausgestreckte Controlwürzelchen immer vom Geotropismus beeinflusst werden und nach 8 oder 9 Stunden etwas nach abwärts gebogen werden; dass der hauptsächlichste Sitz der Krümmung in einer Entfernung von $3^{mm.}$ bis $6^{mm.}$ von der Spitze liegt; dass die Spitze nur in einer Entfernung von $1^{mm.}$ höchstens $2^{mm.}$ abgenommen oder zerstört wurde; dass geköpfte oder cauterisirte Wurzeln durch 24 Stunden und einige sogar zweimal so lange horizontal bleiben oder sich höchstens in dieser Zeit nur wenig krümmen*); dass die so behandelten Würzelchen gut zu wachsen fortfuhren und zwar insbesondere dem Theile entlang, welcher sich am meisten biegt; so kann man nicht umhin anzunehmen, dass die geotropische Krümmung der Wurzel die Folge eines Reizes ist, welcher von der Spitze auf den benachbarten Theil übergeleitet wird (D. p. 458), der aber nicht entstehen kann, wenn die Spitze abgenommen oder getödtet worden ist.

Ueber die einzelnen von Darwin mit besonderer Vorsicht unternommenen Versuche können wir hier nicht berichten und müssen diesfalls auf den Text des Buches hinweisen. Darwin hat sich von dem Fortwachsen der geköpften oder cauterisirten Wurzeln jedesmal durch

---

*) Die geotropische Krümmung trat erst dann wieder ein, wenn die Wurzelspitze regenerirt wurde. Bei 4 Würzelchen, an denen die Spitzen in einer Länge von $1{\cdot}5^{mm.}$ abgeschnitten worden waren, wurden neue Wurzelkappen- und neue Vegetationspunkte nach einem Verlaufe von 3 Tagen 20 Stunden wieder gebildet und als diese horizontal gelegt wurden, wirkte Geotropismus auf sie ein. Bei einigen anderen Gelegenheiten trat diese Regeneration der Spitze und die wiedererlangte Empfindlichkeit innerhalb einer etwas kürzeren Zeit ein. Man muss daher Würzelchen, deren Spitzen amputirt waren, von 12 bis 48 Stunden nach der Operation beobachten (D. p. 449).

Obwohl wir nun die Art und Weise der Regeneration der Spitze der Zeit nach nicht kennen, auch nicht direct erforscht ist an welcher Zellenpartie der Wurzelspitze die bewusste Reizbarkeit gebunden ist und in welcher Zeit diese eben sich wieder zu ersetzen beginnt so muss doch die Möglichkeit zugestanden werden, dass die allmälige Erneuerung jener empfindlichen Zellen, insbesondere bei Würzelchen von besonders kräftiger Vegetation, wenigstens theilweise in kürzerer als in der oben bezeichneten Zeit von 12 bis 48 Stunden beginne und daher

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

Augenschein überzeugt, hielt jedoch directe Messungen oder wenigstens die Mittheilung derselben im Allgemeinen nicht für nothwendig. Da jedoch die Einwendungen Dr. Wiesner's, wie wir später noch erfahren werden, hauptsächlich gegen die unveränderte Wachsthumsfähigkeit der Wurzel nach deren Dacapitation gerichtet sind, wollen wir, um insbesondere die dabei gehandhabte Methode kennen zu lernen, einige Angaben von Darwin's vorgenommenen Messungen hier folgen lassen:

Solche Messungen wurden von Darwin nur an Würzelchen mit ringsherum symmetrisch cauterisirten Spitzen mitgetheilt.

I. Versuche mit Vicia Faba.

1. Versuch p. 455. Es wurden die Spitzen von 3 Würzelchen cauterisirt; nach Verlauf von 23 Stunden 30 Minuten (12·7 bis 13·3° C. Temperatur) waren diese 3 Würzelchen noch immer horizontal, während die 3 Controlexemplare innerhalb 8 Stunden unbedeutend und in 23 Stunden 30 Minuten stark geotropisch waren. An allen 6 Würzelchen war in einer Entfernung von $10^{mm.}$ von ihren Spitzen als sie zuerst horizontal gestellt worden waren, ein Zeichen gemacht worden. Nach Verlauf der 23 Stunden 30 Minuten war dieser terminale ursprünglich $10^{mm.}$ lange Theil an den cauterisirten Exemplaren bis zu einer mittleren Länge von $15·7^{mm.}$ gewachsen. Die Controlexemplare waren factisch weniger gewachsen. Dieser Umstand war nach der Meinung Darwin's in dem betreffenden Versuche bloss zufällig, denn, sagt Darwin, die Würzelchen von verschiedenem Alter wachsen mit verschiedenen Ge-

---

von diesen eben erst gebildeten Zellen auch in kürzerer Zeit ein Anstoss auf die benachbarten Theile überliefert werden könnte ehe sich die Spitze vollständig regenerirt hat. So wäre es hieraus erklärlich, dass bei den bezeichneten Versuchen auch innerhalb der Zeit von 24 Stunden in einzelnen Fällen schwache geotropische Krümmungen sich äusserten (Vergl. D. p. 464), welche Dr. Wiesner, von der in manchen Fällen, ungeachtet der Operation noch zurückbleibenden Wachsthumsfähigkeit der Wurzel allein ableitet, während er annimmt, dass in der Regel nach Wegnahme der Spitze die Wachsthumsfähigkeit der Wurzel derart herabgesetzt wird, dass nur hiedurch die Fähigkeit zu geotropischen Krümmungen verloren geht. (Vergl. W. p. 106). Was die auf D. S. 449 angegebenen Fälle anbelangt, auf welche Dr. Wiesner als solche hinweist wo Darwin den Geotropismus selbst zugeben musste, so sind es zwei. Im ersten Falle wurde eine geköpfte horizontal ausgestreckte Wurzel erst nach 47 Stunden deutlich geotropisch und zwar nachdem ihre Spitze nur in einer Länge von $0·5^{mm.}$ abgeschnitten war, im zweiten Falle wurde eine andere Wurzel nach 22—23 Stunden nur unbedeutend geotropisch.

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

schwindigkeiten und das Wachsthum verschiedener Individuen wird gleichfalls durch unbekannte Ursachen afficirt.

2. Versuch p. 456. Drei Würzelchen, deren Spitzen während 2 oder 3 Secunden mit dem Aetzmittel berührt worden waren, blieben 23 Stunden lang horizontal; der terminal wachsende Theil hatte in dieser Zeit von 10$^{mm.}$ Länge bis zur mittleren Länge von 24·5$^{mm.}$ zugenommen, der der Controlexemplare erreichte die mittlere Länge von 26$^{mm.}$

3. Versuch p. 456. In diesem Versuche stieg die Länge der 3 Controlexemplare nach 24 Stunden von 10$^{mm.}$ bis 21$^{mm.}$, die cauterisirten 3 Exemplare erreichten in derselben Zeit von 10$^{mm.}$ die mittlere Länge von 16·5$^{mm.}$ Zur Ueberraschung Darwin's zeigten hier 2 Würzelchen eine Spur von Geotropismus, sie mussten aber in dem bezeichneten Zeitraume 2mal cauterisirt werden, weil beim ersten Cauterisiren die schwarzen Flecken äusserst minutiös waren.

4. Versuch p. 457. 8 cauterisirte Würzelchen von denen nur 3 im Verlaufe von 24 Stunden vollkommen horizontal blieben, wurden nach dieser Zeit in ihrer Stellung umgekehrt und wiederum mit dem Aetzmittel berührt, nach 48 Stunden zeigte sich noch immer kein Anzeichen von Geotropismus. Vier davon wurden nach 24 Stunden, nachdem sie umgekehrt worden waren gemessen und hatten in dieser Zeit zwischen 8 und 11$^{mm.}$ an Länge zugenommen, die anderen vier wurden 48 Stunden nach der Umkehrung gemessen und hatten um 20, 18, 23 und 28$^{mm.}$ zugenommen. Die Controlexemplare, welche nach der Umkehrung neuerdings in entgegengesetzter Richtung geotropisch wurden, sind der Messung nicht unterzogen worden.

II. Phaseolus multiflorus.

5. Versuch p. 460. Von 9 cauterisirten (die Spitze war weniger als 1$^{mm.}$ afficirt) Würzelchen war nach 24 Stunden nur eines in unbedeutendem Grade geotropisch geworden die andern nicht. Von diesen Würzelchen wurden 6 nach 24 Stunden gemessen und sind in dieser Zeit mehr als doppelt so lange geworden, denn der anfänglich 10$^{mm.}$ lange terminale Theil erreichte im Mittel 20 7$^{mm.}$ Bei den Controlexemplaren war der 10$^{mm.}$ lange terminale Theil bis 26·6$^{mm.}$ gewachsen.

III. Zea Mays.

6. Versuch p. 463. In diesem Versuche waren die Spitzen von 3 Würzelchen von 0·5—0·75$^{mm.}$ geschwärzt; sie blieben alle 4 Stunden lang horizontal, aber nach 8 Stunden 30 Minuten war eines

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

von ihnen, dessen geschwärzte Spitze nur 0·5$^{mm.}$ lang war, etwas geotropisch geworden. Die Controlwürzelchen waren alle schon nach 4 Stunden unbedeutend, nach 8 Stunden stark geotropisch. An den cauterisirten Exemplaren nahm der terminale wachsende Theil von 10$^{mm.}$ Länge während der 8 Stunden 30 Minuten bis zu einer mittleren Länge von 13$^{mm.}$ zu und an den Controlexemplaren bis zu 14·3$^{mm.}$

Diese hier angeführten Messungen Darwins dürften wohl hinreichen, zu beweisen, dass das Längenwachsthum in dem terminalen vorzüglich geotropisch krümmungsfähigen Theil der Würzelchen nach der Cauterisirung noch jene Energie behält, welche ausreichen würde die Wirkung der Schwerkraft zum Ausdruck zu bringen, wenn die Einwirkung derselben durch Tödtung der Spitze nicht verhindert worden wäre.

Die oben erwähnten Einwendungen Dr. Wiesner's stützen sich auf die Behauptung, dass insbesondere decapitirte aber auch cauterisirte Wurzeln nur in Folge stark verminderter Wachsthumsfähigkeit derselben nicht geotropisch seien. Er gründet diese Behauptung auf von ihm und Dr. Molisch gemeinsam ausgeführten Messungen.

Diese Messungen scheinen mir jedoch nicht geeignet, seine oben erwähnte Behauptung zu erweisen. Wiesner und Molisch haben die ganze anfängliche Länge der Wurzeln gemessen und sodann den Zuwachs nach 24 und 48 Stunden in Procenten der Gesammtlänge zur Mittheilung gebracht und zwar vergleichsweise an unverletzten und decapitirten Wurzeln. Solche Messungen klären uns aber nicht einmal über die Geschwindigkeit des Längenwachsthums im terminalen geotropisch krümmungsfähigen Theile der Wurzel vollständig auf, geschweige den über die Wachsthums- und geotropische Krümmungsfähigkeit der Wurzel überhaupt.

Es kann zu ungleichen Zeiten ein grösserer oder kleinerer Theil der Wurzel bereits das Längenwachsthum sistirt haben, während im krümmungsfähigen Theile noch lebhaftes Längenwachsthum fortdauert. Diese in dem terminalen geotropisch krümmungsfähigen Theile der Wurzel nach der Cauterisirung beinahe ungeschwächt fortdauernde Geschwindigkeit des Längenwachsthums tritt bei der von Darwin angewendeten Methode der Messung, wie ich glaube, mit hinreichender Bestimmtheit zu Tage.

Dass übrigens decapitirte oder durch Cauterisirung ihrer Spitze und somit auch ihres Vegetationspunktes verlustig gewordene Wurzeln vor Neubildung ihrer Spitze niemals die volle Länge erreichen können, welche sie in unverletztem Zustande unter gleichen Wachsthums-

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

verhältnissen erreicht haben würden, dass also ihre Länge im Vergleiche mit den unverletzten Exemplaren zurückbleiben müsse, ist, wie ich glaube, selbstverständlich, da ja durch Wegnahme des Vegetationspunktes ein Verlust von Zellen stattfindet, welche zwar bei der Wegnahme der Spitze noch unentwickelt und nicht differenzirt waren, aber nach 24 oder 48 Stunden soweit sich ausgebildet hätten, um einen messbaren Theil der Wurzellänge auszumachen. Dieser Theil der Wurzel, welcher aus dem mit der Spitze in Verlust gerathenen Urmeristma innerhalb der bezeichneten Zeit hervorgehen würde, bedingt mit die geringere Länge decapitirter Wurzeln. Endlich ist das allenfalls verminderte Längenwachsthum nicht der einzige Massstab der Wachsthumsfähigkeit der Wurzeln. In Folge der im Kampfe um das Dasein erworbenen grossen Reproductionskraft scheinen verletzende Eingriffe die Wachsthumsfähigkeit vielmehr zu grösserer Energie anzutreiben, wie sich auch zeigt, dass schon nach kurzer Zeit eine neue Spitze zur Entwickelung gelangt. Ueberdies hat auch Darwin darauf hingewiesen (p. 458), dass eine Berührung der Spitze mit Aetzmitteln sowie einseitige Verletzung derselben weit davon entfernt ist eine Krümmung zu verhindern, sie vielmehr factisch herbeiführt. Würde durch Wegnahme oder Vernichtung des Vegetationspunktes wirklich — was ich jedoch noch nicht für erwiesen halte — in allen Theilen der Wurzel das Längenwachsthum so erheblich herabgemindert oder gar sistirt werden, wie Wiesner annimmt, so wäre dies eine höchst beachtungswerthe Erscheinung und würde neuerdings die physiologische Präponderanz der Wurzelspitze nur noch mehr erweisen, da in diesem Falle ein vorübergehender Starrezustand in Bezug auf das Längenwachsthum eintreten würde, der erst wieder schwindet, wenn sich eine neue Spitze*) bildet. Da also bei horizontal ausgestreckten Würzelchen an denen die Spitze abgeschnitten oder zerstört worden war, der Theil, welcher sich am meisten biegen sollte, viele Stunden oder Tage lang bewegungslos blieb, obgleich er rechtwinkelig dem vollen Einflusse des Geotropismus ausgesetzt war, so müssen wir schliessen, dass die Spitze allein für diese Kraft empfänglich ist und irgend einen Einfluss oder Reiz auf die benachbarten Theile überliefert und sie veranlasst sich zu biegen (D. p. 466). Darwin liefert aber auch directe Belege für eine solche Leistung (D. p. 450). Bohnen von Vicia Faba wurden in zerreiblichen Torf, mit dem Hylum nach abwärts

*) Diese auffallende Reproductionskraft der Würzelchen, welche sich in der baldigen Neubildung der Wurzelspitze äussert, ist im Kampfe um das Dasein gegen die vielen Feinde, welche die Wurzel im Boden findet, allmälig erworben worden.

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

eingebracht, und nachdem ihre Würzelchen bis zu einer Länge von $^1/_2$—1 Zoll senkrecht abwärts gewachsen waren, wurden 16 ausgewählt, welche vollkommen gerade waren, und diese wurden auf dem Torf horizontal hingelegt und von einer dünnen Schichte desselben bedeckt. Sie wurden für eine mittlere Zeit von 1 Stunde und 37 Minuten so belassen. Dann wurden die Spitzen in einer Länge von $1{\cdot}5^{mm.}$ abgeschnitten und unmittelbar darauf die Würzelchen senkrecht wieder in den Torf eingelegt. Von diesen Würzelchen wurden 5 dauernd in einem rechten Winkel gebogen, sie wurden in dieser Richtung fixirt und fuhren durch 4—6 Tage fort horizontal fort zu wachsen in jener Richtung, in welcher die Schwerkraft während der mehr als einstündigen horizontalen Lage eingewirkt hatte, bis zu einer Länge von ungefähr 1 Zoll. In dieser Zeit hatten sie neue Spitzen gebildet in Folge dessen sie neuerdings der Richtung der Schwerkraft folgend nunmehr senkrecht nach abwärts weiter wuchsen. Indem sich die decapitirten, anfänglich im unverletzten Zustande horizontal gelegenen Würzelchen auch in der verticalen Lage seitwärts wendeten, gelangte die Wirkung der Schwere, welche auf die betreffenden Würzelchen, während sie noch unverletzt in horizontaler Lage ausgestreckt waren, bereits eingewirkt hatte, als Nachwirkung erst dann zur Geltung, nachdem die Spitzen bereits abgenommen waren. Niemals könnten die betreffenden Würzelchen nach Abnahme der Spitze noch genau in wagrechter Lage weiter wachsen, wenn sie auch dann noch dem Einflusse der Gravitation unterliegen würden, da sie in diesem Falle gezwungen wären längs der resultirenden zweier unter rechtem Winkel aufeinander wirkenden Kräfte namentlich der Nachwirkung und directen Wirkung der Schwerkraft zu folgen und somit mindestens in schiefer Richtung weiter zu wachsen streben würden. Eben deshalb äussert sich auch die Nachwirkung nicht, wenn anfänglich durch einige Zeit wagrecht gelegte Würzelchen später ohne Abnahme der Spitze senkrecht abwärts gerichtet werden, in der obigen Weise. Die höchst sinnreichen Versuche Darwin's bleiben ungeachtet ihrer Einfachheit von dauerndem Interesse. Möge gegen dieselben immerhin der Vorwurf gerichtet worden sein, sie seien zu ungenau und erlaubten keine sichere oder doch nur bedingt richtige Schlussfolge, sie werden nicht so bald durch bessere und schlagendere ersetzt werden, da gegenwärtig das schulgerechte Experimentiren mit organischen Körpern wesentlich noch in der Kindheit liegt. Es erinnert auch jener obige Vorwurf an jenen, der seiner Zeit von Göthe gegen die Versuche Newton's in

---

*) Materialien zur Geschichte der Farbenlehre.

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

der Optik gemacht wurde*): „Er (Newton) bediente sich keines überdachten ausgesuchten Apparates, desswegen er noch in der Optik fast bei jedem Versuche von vorne anfangen muss seine Einrichtungen umständlich zu beschreiben; was ihm gerade gefällig zur Hand liegt wird sogleich mit gebraucht und angewendet, daher seine Versuche voll unnützer Nebenbedingungen, die die Hauptsache nur verwirren". Und doch, welche Bedeutung hat das Experiment mit dem Prisma noch in der heutigen Wissenschaft! Schliesslich kann ich nicht umhin jene Erklärung Darwin's hier in Erwähnung zu bringen in der seine Anschauungsweise über die Wirkung der Gravitation auf die Pflanze sich am entschiedensten ausspricht; sie lautet:

„Die Botaniker scheinen allgemein die Biegung eines Würzelchens nach dem Mittelpunkte der Erde hin als das directe Resultat der Gravitation zu betrachten, von der man glaubt, dass sie das Wachsthum der oberen und unteren Fläche in einer solchen Weise modificirt, dass eine Krümmung in der gehörigen Richtung veranlasst werde. Wir wissen aber jetzt, dass es allein die Spitze ist, welche beeinflusst wird und dass dieser Theil einen Einfluss auf die benachbarten Theile überleitet und verursacht dass dieser sich abwärts krümmt. Die Schwerkraft scheint in keiner directeren Weise auf ein Würzelchen einzuwirken, als sie auf irgend ein niedrig organisirtes Thier wirkt, welches sich fortbewegt, wenn es irgend ein Gewicht oder einen Druck fühlt."

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: 21_1

Autor(en)/Author(s): Tomaschek Antonín

Artikel/Article: Ueber Darwins "Bewegungsvermögen der Pflanzen" 1-13