

- Fig. 17. (Hom. Imm.  $\frac{1}{18}$ . Zeiss. Ocul. 2). *Spirochaete dentium*, vermuthlich Fragmente längerer Schraubenfäden, aus dem Zahnbelag des Menschen, mit Fuchsin gefärbt.
- Fig. 18, 19. (Hom. Imm.  $\frac{1}{18}$  Zeiss. Ocul. 2). Schraubenstücke aus dem Zahnbelag des Menschen mit Fuchsin gefärbt, die Gliederung (bei Fig. 18 in Kurzstäbchen, bei Fig. 19 in Coccen) zeigend.
- Fig 20. ( $\frac{1}{18}$  Ocul. 4). *Spirochaete dentium*, eine Gliederung in Fragmente von verschiedener Länge zeigend.

### 31. G. Krabbe: Zur Frage nach der Funktion der Wurzelspitze.

Eingegangen am 24 Mai 1883.

In seinem letzten Werke hat Darwin, sich anlehnend an die von Ciesielski<sup>1)</sup> im Jahre 1871 constatirte Thatsache, dass ihrer Spitze beraubte Wurzeln nicht mehr auf die Schwerkraft reagiren, die Behauptung ausgesprochen, die Wurzelspitze empfangt von der Schwerkraft einen Reiz und leitet denselben nach rückwärts auf entferntere Gewebepartien, wo die Wirkung des Reizes in einer geotropischen Krümmung der Wurzel zum Ausdruck gelange. Diese auf Grund von Ciesielski's und eigenen umfangreichen Beobachtungen ausgesprochene Ansicht Darwin's hat eine Anzahl von Arbeiten veranlasst, die sich mit demselben Gegenstande beschäftigen. Trotzdem aber wird kaum Jemand, der sich nicht auf eigene Untersuchungen stützen kann, im Stande sein, sich ein Urtheil über die von Darwin behauptete Funktion der Wurzelspitze zu bilden. Gruppirt man die Stimmen, so kann man jedem, der sich für Darwin ausgesprochen hat, einen Gegner gegenüber stellen. Und was das Eigenthümliche bei der Sache ist, es bestehen nicht bloß in Bezug auf Erklärung und Deutung der Beobachtungen Differenzen, man ist auch in Betreff des rein Thatsächlichen keineswegs einig. Dies Letztere ist um so mehr zu verwundern, da die Versuche, die in dieser Angelegenheit erforderlich sind, gerade nicht zu den schwierigsten der experimentellen Pflanzenphysiologie gehören. Die nach Darwin erschienenen Arbeiten haben somit die Frage nach der Funktion der Wurzelspitze, anstatt sie zu lösen oder präciser zu fassen, nur noch verwickelter gemacht.

1) Untersuchungen über die Abwärtskrümmung der Wurzel in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, Bd. I. Heft II. S. 1 ff.

Im December 1882 nahm ich daher die immer noch nicht in befriedigender Weise gelöste Frage nach der Function der Wurzelspitze in Angriff. Geleitet wurde ich bei meinen Untersuchungen von dem Bestreben, unter präciserer Fragestellung das rein Thatsächliche in bestimmterer Weise, als es bisher geschehen ist, festzustellen. Weiter aber als bis zur Constatirung von Thatsachen ist zur Zeit in Bezug auf geotropische Erscheinungen nicht zu kommen; eine befriedigende Erklärung der bei geotropischen Erscheinungen sich abspielenden Vorgänge im Innern der Wurzel wird nicht eher gegeben werden können, als bis man tiefer, als jetzt, in die Verhältnisse des lebenden Plasmas eingedrungen ist. Aus diesem Grunde werde ich auch auf die Darwin'sche Krümmung, obgleich ich umfangreiche Versuche nach dieser Richtung angestellt habe, nicht näher eingehen, da hier im Grossen und Ganzen über die Thatsachen selbst alle Beobachter einig sind; dass aber die bisher gegebenen Erklärungen der Darwin'schen Krümmung ungenügend sind, darüber wird wohl niemand, der die betreffenden Abhandlungen studirt, im Zweifel bleiben. Ich kann mich daher in der folgenden kurzen Mittheilung meiner Ergebnisse auf die Erörterung zweier Punkte beschränken; es soll einmal die Funktion der Wurzelspitze, und dann die von Darwin erörterte Beziehung der Circumnutation zum Geotropismus in Discussion gezogen werden.

Bemerken will ich noch, dass meine Culturen entweder im feuchten Raume oder in Sägemehl ausgeführt wurden. Weiteres über diesen Punkt zu sagen, wäre mehr als überflüssig, da die betreffenden Culturmethoden fast in jeder Abhandlung beschrieben sind.

Die Untersuchungen wurden im botanischen Institut der Universität Berlin ausgeführt und fühle ich mich gedrungen, Herrn Professor Dr. S. Schwendener für das meiner Arbeit dargebrachte Interesse meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

## I.

### Die Funktion der Wurzelspitze.

Ciesielski giebt für die Thatsache, dass Wurzeln nach der Entfernung ihrer Spitze nicht mehr auf die Schwerkraft reagiren, eine Erklärung, deren Unzulänglichkeit so sehr auf der Hand liegt, dass wir mit der Erörterung derselben weiter keine Zeit zu verlieren brauchen. Bald nach dem Erscheinen des Darwin'schen Buches <sup>1)</sup> über das Bewegungsvermögen der Pflanzen, in welchem der Geotropismus der Wurzeln in eingehender Weise untersucht wird, veröffentlichte Wiesner eine Arbeit <sup>2)</sup>, in welcher das Verhalten amputirter Wurzeln der Schwerkraft gegenüber von ganz anderen Gesichtspunkten aus betrachtet wird.

1) Das Bewegungsvermögen der Pflanzen von Charles und Francis Darwin, übersetzt von J. Victor Carus. Stuttgart 1881.

2) J. Wiesner, Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Wien 1881.

Wiesner stellt die Behauptung auf und sucht dieselbe durch das Experiment zu stützen, dass die Wurzeln durch das Abtragen der Spitze in ihrem Längenwachsthum beeinträchtigt werden. Aus dieser Herabsetzung der Wachsthumintensität in Folge der Amputation soll nach Wiesner das Verhalten decapitirter Wurzeln der Schwerkraft gegenüber genügend erklärt werden können. Wurzeln, die nach Entfernung ihrer Spitze noch hinreichend wachsen, sollen auch noch die Fähigkeit zu geotropischen Krümmungen besitzen, und nur Wurzeln, deren Wachsthum stark vermindert ist, sollen sich nicht mehr geotropisch krümmen.

Es möge mir gestattet sein, diese Ansicht Wiesner's etwas näher zu prüfen. Meine Bedenken, wie ich gleich im Voraus bemerke, richten sich hauptsächlich gegen zwei Punkte; ich komme einmal in Bezug auf das rein Thatsächliche mit Wiesner in Conflict, und dann kann ich auch unter der Annahme, die Versuche Wiesner's seien richtig, die Folgerungen, die dieser aus seinen eigenen Experimenten gezogen hat, nicht anerkennen. Zur besseren Orientirung möge hier der erste Versuch Wiesner's<sup>1)</sup> Platz finden. Zu dem Versuche wurden Maiskeimlinge verwandt. A bedeutet anfängliche Länge der Wurzel, Z 24 Zuwachs nach 24, Z 48 nach 48 Stunden.

„Die Wurzeln wurden in einer Länge von 1 mm geköpft, wobei der Vegetationspunkt stets abgetragen wurde, da derselbe weniger als 0,5 mm vom Wurzelende entfernt ist.“

a) Unverletzte Keimlinge.

	A.	Z. 24.	Z. 48.
α) 19 mm . . .		80 pCt.	246 pCt.
β) 24 „ . . .		71 „	169 „
γ) 26 „ . . .		86 „	271 „
δ) 32 „ . . .		77 „	199 „
		Mittel 77,5 pCt.	221 pCt.

b) Geköpfte Keimlinge:

	A.	Z. 24.	Z. 48.
α') 17 mm . . .		58 pCt.	99 pCt.
β') 25 „ . . .		69 „	103 „
γ') 27 „ . . .		3 „	5 „
δ') 28 „ . . .		34 „	34 „
		Mittel 41 pCt.	60,2 pCt.

Wie aus dieser Versuchsreihe Wiesner's zu ersehen ist, erreichte der Zuwachs der unverletzten Keimlinge in einem Zeitraum von 24 Stunden fast das Doppelte von dem der amputirten Wurzeln, und dieses Verhältniss hatte sich nach Verlauf von 48 Stunden noch mehr zu Gunsten der unverletzten Keimlinge gestaltet. Eine derartige Ver-

1) S. 102.

minderung der Wachstumsintensität geköpfter Wurzeln, so lange die Amputation, wie in den Wiesner'schen Experimenten, nicht über einen Millimeter hinausging, ist mir niemals zu beobachten gelungen. Wiesner geräth mit diesem Resultate nicht nur mit mir, sondern mit allen, die mit amputirten Wurzeln experimentirt haben, in Widerspruch. Auf eine specielle Mittheilung meiner diesbezüglichen Experimente kann ich daher verzichten und zwar um so mehr, als noch in jüngster Zeit Kirchner<sup>1)</sup> durch viele Versuche zu einem anderen Ergebniss als Wiesner gelangt ist. Nur will ich betonen, dass die Frage, ob und in welcher Weise das Längenwachsthum der Wurzeln durch das Abtragen ihrer Spitze beeinträchtigt wird, für die Entscheidung des vorliegenden Gegenstandes von gar keinem Belang ist. Für die Untersuchung des Geotropismus decapitirter Wurzeln genügt es zu wissen, dass diese, so lange die Amputation die Länge von 2 mm nicht überschreitet, noch wachsen und zwar so viel, dass sie sich recht gut geotropisch krümmen können, wenn überhaupt Neigung dazu vorhanden ist.

Allein, wie bereits hervorgehoben, meine Bedenken richten sich nicht bloß gegen die Wiesner'schen Thatsachen, ich kann auch die Richtigkeit der Folgerungen, die Wiesner aus seinen Experimenten zieht, nicht zugeben. Nach Mittheilung der obigen Versuchsreihe sagt nämlich Wiesner von den amputirten Wurzeln: „Von den geköpften krümmten sich die relativ stark wachsenden  $\alpha'$  und  $\beta'$  deutlich geotropisch, ohne dass während der Versuchsdauer eine Regeneration der Spitze eingetreten wäre, die beiden anderen nicht.“

Zunächst ist nicht recht einzusehen, wie mit der unter  $\gamma'$  aufgeführten Wurzel irgend etwas bewiesen werden kann, denn ein Zuwachs von 3 pCt. ist gleich Null zu setzen. Nun kann man doch von einer Wurzel, die überhaupt nicht wächst, bezüglich ihres geotropischen Verhaltens auch nichts aussagen. Entweder  $\gamma'$  oder die anderen Wurzeln oder alle zusammen befanden sich in einem krankhaften Zustande, denn die Differenz in der Zuwachsgröße zwischen  $\gamma'$  und den übrigen Wurzeln liegt ohne Zweifel ausserhalb der Grenzen individueller Schwankungen.

Doch abgesehen hiervon, giebt überhaupt die Wiesner'sche Angabe der Zuwachsgröße kein zutreffendes Bild von dem wirklich stattgefundenen Wachsthum der verschiedenen Wurzeln. Die von Wiesner in Prozenten angegebene Längenzunahme der verschiedenen Wurzeln ist offenbar auf die ganze Wurzellänge bezogen, und diese Berechnung ist doch nur dann einigermaßen richtig, wenn zu einer Versuchsreihe Wurzeln von gleicher Länge genommen werden. Da das Längenwachsthum der Wurzeln fast nur an der Spitze in einer Strecke von

---

1) O. Kirchner, Ueber die Empfindlichkeit der Wurzelspitze etc. Stuttgart 1882.

etwa 10 mm stattfindet, so wird die Berechnung der Zuwachsgrösse verschieden langer Wurzeln, auf die ganze Wurzellänge bezogen, für die längeren Wurzeln einen viel geringeren Werth ergeben als für die kürzeren. Zeigen z. B. zwei Wurzeln, von denen die eine 10, die andere 20 mm lang ist, innerhalb einer bestimmten Zeit dieselbe Längenzunahme, so wird die auf die ganze Wurzellänge bezogene procentische Berechnung für die letztere nur einen halb so grossen Werth ergeben als für die erstere. Um daher bei der Vergleichung ungleich langer Wurzeln eine einigermassen zutreffende Vorstellung von ihrer Längenzunahme zu bekommen, ist es nothwendig, den Zuwachs sämtlicher Wurzeln auf eine bestimmte Länge zu beziehen. Nimmt man z. B. die Länge von 10 mm zum Ausgangspunkt der procentischen Berechnung des Zuwachses verschiedener Wurzeln in einer bestimmten Zeit, dann ergeben die Wiesner'schen Versuchsreihen wesentlich andere Werthe. Ich lasse die nach diesen Gesichtspunkten ausgeführte Berechnung der Zuwachsgrössen für die erste von Wiesner mitgetheilte Versuchsreihe mit geköpften Wurzeln hier folgen. Der Zuwachs nach 24 Stunden ist für uns genügend.

b) Geköpfte Keimlinge.

A.	Z. 24.
$\alpha'$ ) 17 mm . . . . .	98 pCt.
$\beta'$ ) 25 „ . . . . .	172 „
$\gamma'$ ) 27 „ . . . . .	8 „
$\delta'$ ) 28 „ . . . . .	95 „

Wie man sieht, stimmen  $\alpha'$  und  $\delta'$  in der Grösse ihres Zuwachses, den sie nach 24 Stunden erreicht haben, fast genau überein. Während dieser Zeit hat sich  $\alpha'$ , wie Wiesner angiebt, geotropisch gekrümmt,  $\delta'$  aber ist gerade geblieben. Wir haben hier also zwei Wurzeln mit dem gleichen Maasse von Zuwachs, unter gleichen Bedingungen cultivirt und in gleicher Weise amputirt, aber mit einem geotropisch ganz verschiedenen Verhalten; die eine hat auf die Schwerkraft reagirt, die andere aber nicht, wie ist dies nun zu erklären? Dieses ganz verschiedene Verhalten von  $\alpha'$  und  $\delta'$  gegenüber der Schwerkraft würde auch dann ganz unerklärt bleiben, wenn das von Wiesner angegebene Zuwachsmass der verschiedenen Wurzeln der Wirklichkeit genau entspräche. Da  $\delta'$  sich um 34 pCt., d. h. um ein Drittel ihrer ganzen Länge gestreckt hat, so hätte doch aus diesem Grunde recht gut eine geotropische Krümmung erfolgen können. Die Folgerungen, die Wiesner aus seinen Experimenten zieht, fallen daher in sich zusammen und somit auch die Einwände, die von ihm gegen die Darwin'schen Behauptungen erhoben werden.

Fast gleichzeitig mit der Wiesner'schen Arbeit erschien von

Detlefsen<sup>1)</sup> eine Abhandlung, in der unter anderem auch die uns hier beschäftigende Frage in Discussion gezogen wird. Detlefsen theilt zur Begründung seiner von Darwin abweichenden Ansicht eine Versuchsreihe mit 12 Eichenwurzeln mit, deren Spitze in einer Länge von 2 mm weggeschnitten war. Nach Verlauf von 24 Stunden war von diesen Wurzeln eine gerade geblieben, 6 hatten sich nach unten, eine nach oben und 4 seitwärts gekrümmt. Es will mir nicht recht einleuchten, wie man aus einer derartigen Versuchsreihe mit so unregelmässigem Wachsthum der einzelnen Wurzeln irgend einen Schluss auf den Geotropismus decapitirter Wurzeln herleiten kann, und wenn dennoch, dann müsste doch auch die regelmässig gewachsene, gerade gebliebene Wurzel Berücksichtigung finden und deren Verhalten erklärt werden.

In Gegensatz zu Wiesner und Detlefsen stellt sich Kirchner<sup>1)</sup> in seiner Abhandlung „Ueber die Empfindlichkeit der Wurzelspitze.“ Allein die Experimente, auf die Kirchner seine Ansicht stützt, sind fast dieselben, wie bei Wiesner und Detlefsen. Auf Seite 10 der betreffenden Abhandlung werden zwei mit decapitirten Wurzeln angestellte Versuchsreihen mitgetheilt, von denen die eine 36 $\frac{1}{2}$  pCt., die andere sogar 50 pCt. geotropisch gekrümmte Wurzeln aufzeigt. Es ist geradezu überraschend, wenn Kirchner sich schliesslich auf Grund dieser und ähnlicher Experimente, sich beugend vor dem Gewichte der Thatsachen, der Darwin'schen Ansicht anschliesst.

Wie aus dem Mitgetheilten hervorgeht, ist von Allen, welche das Verhalten decapitirter Wurzeln der Schwerkraft gegenüber untersucht haben, eine und zwar die wichtigste Frage gar nicht gestellt worden.

Mit der Constatirung des Faktums, dass viele ihrer Spitze beraubte Wurzeln der Schwerkraft gegenüber indifferent geworden sind, obgleich sie noch wachsen, ist zugleich constatirt, dass bei diesen Wurzeln die Schwerkraft direkt nicht auf die ganze wachsthumfähige Zone der Wurzel, sondern nur auf einen von der Spitze an gerechneten Theil derselben einzuwirken vermag. — Nachdem dies festgestellt war, musste sich doch unabweisbar die Frage aufdrängen: warum zeigen in diesem Punkte nicht alle Wurzeln dasselbe Verhalten? Warum krümmen sich von in gleicher Weise decapitirten Wurzeln die einen geotropisch, die andern nicht? Wie gross ist mit anderen Worten der empfindliche Theil der Wurzel, der den Reiz empfangende und weiterleitende Wurzelkopf.

Diese Frage hat sich auch Darwin nicht gestellt und es ist zu verwundern, dass er es nicht gethan hat, da er ausdrücklich von Wur-

---

1) E. Detlefsen, Ueber die von Ch. Darwin behauptete Gehirnfunction der Wurzelspitze. Arb. d. bot. Institut in Würzburg. Bd. II. Heft 4.

2) O. Kirchner, Ueber die Empfindlichkeit d. Wurzelspitze etc. Stuttgart 1882.

zeln spricht, die nach Amputation ihrer Spitze geotropische Krümmungen zeigen. — Es liegt auf der Hand, dass beim gegenwärtigen Stand der Dinge an einen erfolgreichen Versuch zur Aufklärung der beim Geotropismus sich abspielenden inneren Vorgänge in der Wurzel nicht eher gedacht werden kann, als bis diese Frage definitiv gelöst ist.

Die Beantwortung der gestellten Frage ist nun allerdings keineswegs leicht und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil die Reizbarkeit der Wurzel nicht an morphologisch scharf umgrenzte Gewebepartien geknüpft ist, wie etwa bei den reizbaren Gewebepolstern von *Mimosa pudica* u. s. w. Darwin und andere, die nach ihm über den vorliegenden Gegenstand geschrieben haben, gebrauchen zwar sehr oft, wenn sie von dem empfindlichen Theil der Wurzelspitze sprechen, den Ausdruck Vegetationspunkt. Allein sie gerathen hiermit gewissermassen mit sich selber in Widerspruch; denn wenn von Wurzeln, von denen ausdrücklich angegeben wird, dass ihr Vegetationspunkt weggeschnitten sei, sich einige geotropisch krümmen, so beweist diese Thatsache, dass die Reizbarkeit der Wurzelspitze nicht auf den Vegetationspunkt — wenigstens nicht in allen Fällen — beschränkt ist. Ausserdem lässt sich ja auch das punctum vegetationis selbst gerade bei denjenigen Wurzeln, die gewöhnlich zu geotropischen Untersuchungen Verwendung finden, nicht auf bestimmte Zellen begrenzen, und Wurzeln mit erkennbaren Scheitelzellen sind aus verschiedenen Gründen für die hier erforderlichen Versuche nicht zu gebrauchen. Nach alledem ist klar, dass die Antwort auf die oben gestellte Frage nur approximativ ausfallen kann.

Es ist nun allerdings unter allen Umständen zur Elimination der geotropischen Krümmung die Entfernung wenigstens des grössten Theils des Wurzelmeristems nothwendig, und in sofern lässt sich der reizbare Theil der Wurzelspitze mit dem punctum vegetationis identificiren, wenn man sich nur bewusst bleibt, dass dies nicht immer zutrifft. Denn wie es einerseits Fälle giebt, wo der Wurzelkopf über den Vegetationspunkt hinausgeht, so scheint es andererseits viele Wurzeln zu geben, bei denen bereits der Geotropismus eliminirt wird, auch wenn noch ein Theil des Wurzelmeristems stehen bleibt.

Um sich über die hier obwaltenden Verhältnisse möglichste Klarheit zu verschaffen, empfiehlt es sich, jedesmal das von einer Wurzel weggeschnittene Stück einer mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen, um so feststellen zu können, ob das Wurzelmeristem ganz oder nur theilweise durch den Schnitt entfernt wurde. Zu demselben Zweck kann man auch noch einen Querschnitt von der amputirten Wurzel untersuchen. Aus dem Verhalten der in dieser Weise untersuchten Wurzeln der Schwerkraft gegenüber wird sich dann entscheiden lassen, wie weit ungefähr das empfindliche oder reizbare Gewebe der Wurzelspitze reicht. Mehr aber lässt sich auch trotz mikroskopischer Unter-

suchung nicht erreichen; denn im Falle die Wurzel gerade bleibt, weiss man nur, dass in dem weggeschnittenen Stück der Kopf enthalten ist, es lässt sich aber die abgetragene Spitze nicht so ohne Weiteres mit dem reizbaren Gewebe identificiren. In einer ähnlichen Lage befindet man sich, wenn die Wurzel nach der Amputation noch geotropisch ist. Es muss aber eingestanden werden, dass man durch Versuche, die nach diesen Gesichtspunkten auf möglichst breiter Basis durchgeführt werden, schliesslich der Wahrheit ziemlich nahe kommt. Und so gestatten mir denn meine in dieser Hinsicht angestellten umfangreichen Versuche, zu denen vorwiegend *Vicia Faba*, *Phaseolus multiflorus* und *Pisum sativum* benutzt wurden, auf die oben gestellte Frage folgende Antwort zu geben.

Der empfindliche oder reizbare Theil der Wurzelspitze überschreitet niemals die Länge von 2 mm.

Innerhalb dieser Länge ist die Grösse des reizbaren Gewebes variabel.

Da nun einerseits in einer 2 mm langen Wurzelspitze der eigentlich krümmungsfähige Theil der Wurzel nicht enthalten ist, andererseits derartig amputirte Wurzeln noch fortfahren zu wachsen, so hat Darwin mit seiner Behauptung Recht, dass die Wurzelspitze von der Schwerkraft einen Reiz empfängt und diesen an die Zone maximalen Wachstums übermittelt.

## II.

### Die Beziehung der Circumnutation zum Geotropismus.

Nach Darwin sollen alle Pflanzenorgane während ihres Längenwachstums im Raume Bewegungen ausführen, deren verschiedene Formen unter dem Namen „Circumnutation“ zusammengefasst sind. Aus dieser Circumnutation sucht Darwin alle übrigen Nutationsformen wachsender Pflanzenorgane abzuleiten. Dies ist das eigentliche Ziel, welches Darwin bei allen seinen Experimenten im Auge hat und womit er sich fast auf jeder Seite seiner Arbeit beschäftigt.

Gegen diese Vorstellung, mit welcher der Hauptinhalt des letzten Darwin'schen Werkes steht und fällt, ist zuerst Wiesner und zwar mit Recht aufgetreten. Allein es scheint mir das Hauptmoment, welches hierbei in Frage kommt, nicht hinreichend hervorgehoben zu sein. Wiesner bemüht sich den Nachweis zu liefern, dass es eine Anzahl Pflanzenorgane giebt, welche keine Spur von Circumnutation zeigen. Existirt aber keine Circumnutation, dann kann es natürlich auch keine modificirte geben. Nachdem dies Wiesner darzulegen versucht hat, drückt er sich in Bezug auf die Darwin'sche Ansicht über die Beziehung der Circumnutation zu den übrigen pflanzlichen Bewegungsformen unter anderem folgendermassen aus: „Von vornherein giebt es kein Argument, welches zu der Annahme zwänge, irgend eine durch



äussere Kräfte veranlasste Nutationsbewegung auf etwas anderes als auf Längenwachsthum zurückzuführen. Es kann mithin nur durch den Versuch entschieden werden, ob z. B. der Heliotropismus als eine blosser Modifikation der Circumnutation aufzufassen ist oder nicht.“

Es ist mir nicht gelungen klar darüber zu werden, in welcher Beziehung diese beiden Sätze zu einander stehen, und wie der zweite aus dem ersten gefolgert werden kann. Wie dem aber auch sei, die im zweiten Satz ausgesprochene Ansicht ist unter allen Umständen als unzutreffend zu bezeichnen; denn die Lösung der Frage, ob Geotropismus u. s. w. als Modification der Circumnutation aufzufassen ist oder nicht, berührt an und für sich das Experiment gar nicht, hängt vielmehr davon ab, ob die durch den Versuch festgestellten Thatsachen in die richtige Beziehung zu einander gebracht werden. Auch unter der Voraussetzung, dass Circumnutation überall an wachsenden Pflanzenorganen vorhanden ist, lässt sich die von Darwin ausgesprochene Ansicht, wonach alle Bewegungsformen des pflanzlichen Organismus aus der Circumnutation hervorgehen sollen, nicht aufrecht erhalten. Um dies zu beweisen, ist es vor allen Dingen wichtig zu wissen, wie Darwin sich die Ableitung der Nutationsformen aus der Circumnutation gedacht hat. Es geht dies mit ziemlicher Klarheit aus einer auf den Heliotropismus sich beziehende Stelle hervor, die ich deshalb auswähle, weil auch Wiesner dieselbe zum Ausgangspunkt seiner Erörterungen gemacht hat<sup>1)</sup>: „Die gewöhnliche Ansicht scheint die zu sein, dass Heliotropismus eine vollständig besondere Art von Bewegung ist, verschieden von Circumnutation. Und es kann geltend gemacht werden, dass in den vorstehenden Zeichnungen Heliotropismus nur in Combination oder als Zusatz zur Circumnutation zu sehen ist. Wenn dies der Fall wäre, müsste angenommen werden, dass ein helles seitliches Licht Circumnutation vollkommen aufhebt; denn eine in dieser Weise exponirte Pflanze bewegt sich in einer geraden Linie nach ihm hin, ohne irgend welche Elipsen oder Kreise zu beschreiben. Wenn das Licht etwas getrübt wird, obschon es schon reichlich hinreicht, die Pflanze zu veranlassen, sich nach ihm hin zu biegen, erhalten wir mehr oder weniger deutliche Belege für eine noch immer fortdauernde Circumnutation. Es muss ferner angenommen werden, dass es nur ein seitliches Licht ist, welches dies ausserordentliche Vermögen, die Circumnutation aufzuheben, besitzt, denn wir wissen, dass die verschiedenen Pflanzen, an denen die obigen Versuche ausgeführt wurden und sämtliche übrigen, welche von uns während ihres Wachstums beobachtet wurden, fortfahren zu circumnutiren, wie hell auch das Licht sein mag, wenn es von oben kommt. Auch ist nicht zu vergessen, dass im Leben einer Pflanze Circumnutation dem Heliotropismus vorausgeht, denn

---

1) l. c. S. 372 und 373.

Hypocotyle, Epicotyle und Blütenstengel circumnutiren, ehe sie den Boden durchbrechen und jedesmal den Einfluss des Lichtes empfunden haben. Wir sind daher vollständig berechtigt, wie es uns scheint, anzunehmen, dass, wenn nur immer Licht seitlich eintritt, es die Bewegung der Circumnutation ist, welche den Heliotropismus und Apheliotropismus veranlasst oder in denselben verwandelt wird.“

Aus dieser Stelle — und noch vielen anderen — geht, was das Thatsächliche anlangt, hervor, dass die Circumnutation heliotropischer Pflanzentheile, sobald sie dem Einfluss seitlichen Lichtes ausgesetzt werden, wie sich Darwin ausdrückt, modificirt und bei hinreichend starkem Lichte vollständig aufgehoben wird, so dass dann ein derartiger Pflanzentheil sich geradlinig zum einfallenden Licht hinbewegt. Ob diese Behauptungen Darwin's richtig sind oder nicht, kann nur durch neue Experimente geprüft werden. Darwin glaubt experimentell festgestellt zu haben, dass die Circumnutation wachsender Pflanzentheile durch die Schwerkraft und seitlich einfallendes Licht bis zur völligen Suspension beeinflusst werden kann, und für mich liegt gar kein Grund vor, diese Angaben zu bezweifeln. Bei diesen Thatsachen aber müssen wir stehen bleiben. Darwin jedoch kann sich hierbei nicht beruhigen, er bildet sich vielmehr die sonderbare und meiner Meinung nach ganz unbegründete Vorstellung, dass die Circumnutation, wenn sie unsichtbar geworden ist, nicht einfach verschwunden, sondern in eine andere Bewegungsform (Geotropismus u. s. w.) übergegangen sei. Suchen wir uns die hier in Frage kommenden Verhältnisse möglichst klar zu machen. — Wird eine in bestimmter Form circumnutirende Wurzel der Einwirkung der Schwerkraft ausgesetzt, dann kann in Bezug auf die Circumnutation zweierlei eintreten. Die Circumnutation braucht durch die Schwerkraft in keiner Weise beeinflusst zu werden; in diesem Falle fährt die Wurzel, während sie sich geotropisch krümmt, ruhig fort zu circumnutiren. Es ist aber auch denkbar und Darwin behauptet dies, dass durch die Schwerkraft, welche eine seitliche Wurzelbewegung hervorruft, zu gleicher Zeit der der Circumnutation zu Grunde liegende Mechanismus in der Wurzel beeinflusst, ja sogar gänzlich zerstört wird. Der die Circumnutation vermittelnde Apparat ist dann auf eine Zeit lang einfach ausser Funktion gesetzt. Die Ansicht aber, dass in diesem Falle die Circumnutation den Geotropismus veranlasst habe oder in denselben verwandelt sei lässt sich doch offenbar aus den beobachteten Thatsachen nicht ableiten.

Die hier entwickelte Anschauung bleibt selbstverständlich auch dann zu Recht bestehen, wenn es sich herausstellen sollte, dass die Circumnutation keine einfache Bewegung ist, sondern aus einer Anzahl anderer Bewegungsformen die Resultirende darstellt; sie tritt dann einfach als solche mit dem Geotropismus in Combination. Die in den nachstehenden Worten ausgesprochene Ansicht Wiesner's kann ich

daher nicht anerkennen: „So lange man nicht weiss, dass die Circumnutation eine Combinationsbewegung ist, lässt sich allerdings aus dem Versuche Darwin's Ansicht ableiten.“ Uebrigens giebt Wiesner fast unmittelbar nach dieser Aeusserung den Sachverhalt richtig an: „die heliotropische Bewegung tritt mit den übrigen in dem Organe thätigen Nutationsformen in Combination, und giebt unter günstigen Lichtverhältnissen für die Richtung des Organes den Ausschlag.“

---

# 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: 1883

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Krabbe Gustav

Artikel/Article: [Zur Frage nach der Funktion der Wurzelspitze. 226-236](#)