

Weiterer Forschung wird die Frage anheimgestellt, ob die an *Euglenen* und *Chlamidomonas* gefundene Erscheinung auch bei anderen Organismen sich wiederfindet. Der Vortheil, den eine derartige Empfindlichkeit gewähren muss, liegt auf der Hand. Werden die Algen durch Sand und Erde verschüttet, durch undurchsichtige Körper bedeckt und dem Lichte entzogen, so wird die Alge durch die Schwerkraft nach oben getrieben und ihr die Möglichkeit geboten, weiter zu assimiliren.

Vielleicht ist die Geotaxis auch bei der Entstehung der sogenannten Wasserblüthen wirksam, die ja auch durch die Ansammlung grosser Algenmassen an der Oberfläche des Wassers zu Stande kommen. Es kann dies jedoch nur durch Experimente entschieden werden, denn eine derartige Ansammlung an der Oberfläche könnte z. B. auch dann stattfinden, wenn die Algen sich dem Lichte zu bewegen und nun an der Oberfläche adhärirend die Wasserblüthe bilden würden. Ebenso können sich Algen am Grunde von Tümpeln und Lachen ansammeln und doch für die Schwerkraft empfindlich sein, wenn sie z. B. durch Gallerthüllen untereinander zusammenhängend am Boden haften. Also auch hier entscheidet nur das Experiment.

Breslau, pflanzenphysiolog. Institut
der Universität.

11. Julius Wiesner: Note über die angebliche Function der Wurzelspitze beim Zustandekommen der geotropischen Krümmung.

Eingegangen am 21. Februar 1884.

Die Ansicht Ch. Darwin's über die Function der Wurzelspitze beim Zustandekommen des Geotropismus ist in physiologischen Kreisen allgemein bekannt geworden. Es soll, der Darwin'schen Hypothese zufolge, die Schwerkraftswirkung an geotropisch sich krümmenden Wurzeln gar nicht dort erfolgen, wo wir den Effect erblicken; vielmehr soll die Schwerkraft auf die Wurzelspitze einen Reiz ausüben, welcher nach der Zone stärksten Wachsthums übertragen wird, in der dann die Abwärtskrümmung sich vollzieht.

Dieser Behauptung bin ich zuerst entgegengetreten; und zwar in meiner Schrift: Das Bewegungsvermögen der Pflanze, Wien, 1881. Ich ging von dem sehr naheliegenden Gedanken aus, dass ihrer Spitze be-

raubte Wurzeln nur deshalb eine schwache oder gar keine geotropische Abwärtskrümmung zeigen, weil sie in Folge der Verletzung¹⁾ nicht mehr normal sind, vielmehr in einem Zustande verminderter Reactionsfähigkeit sich befinden. Ich constatirte die Verminderung der Wachstumsfähigkeit gekappter Wurzeln und suchte aus dieser Thatsache im Vereine mit zahlreichen anderen verwandten, denen zufolge die Eignung der Organe zu paratonischen Nutationen mit steigender Wachstumsfähigkeit innerhalb gewisser noch nicht ermittelter Grenzen zunimmt und umgekehrt, den verminderten Geotropismus ihrer Spitze beraubter Wurzeln zu erklären. Die von mehreren Seiten mir zugemuthete Behauptung, es bestehe eine strenge Proportionalität zwischen Geotropismus und dem Grade des Wachstums habe ich niemals ausgesprochen, vielmehr durch zahlreiche Versuche bewiesen, dass eine gekappte Wurzel noch beträchtlich wachsen könne, ohne dabei selbst in günstigster Lage geotropisch zu werden.

Seit dem Erscheinen meines eben genannten Buches ist eine ganze Flut von Schriften und Abhandlungen erschienen, welche sich mit der angeblichen geotropischen — wohl auch mit der Gehirnfuction — der Wurzelspitze ausschliesslich oder nebenher beschäftigen. Ein Theil der Autoren stimmt Darwin zu, ein anderer Theil acceptirte meine, zum mindesten nüchternere Anschauungsweise.

Ich habe es bisher unterlassen, die Einwürfe meiner Gegner zu bekämpfen, wohl aber nicht aufgehört, in Verbindung mit einigen meiner Mitarbeiter, besonders mit meinem Assistenten, Herrn Dr. Molisch, und dem Eleven des pflanzenphysiologischen Instituts, Herrn Rich. v. Wettstein, die Wachstums- und die dieselben begleitenden Bewegungserscheinungen der Wurzeln auf das Eingehendste zu studiren. Einige der von uns unternommenen Untersuchungen wurden bereits abgeschlossen und veröffentlicht²⁾. Meine den Geotropismus der Wurzeln und die Darwin'sche Krümmung betreffende Arbeit ist nunmehr auch beendigt und wird in kürzester Frist dem Drucke übergeben werden.

Da die in der zu veröffentlichenden Arbeit vollständig beantwortete Frage über die angebliche Function der Wurzelspitze ein actuelles Interesse darbietet und auch in diesen Berichten³⁾ ventilirt wurde, so

1) l. c. p. 209.

2) So die Arbeit über den Hydrotropismus von Molisch (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Bd. 88. 1883), ferner dessen Untersuchung über das Längenwachsthum intacter u. decapitirter Wurzeln (diese Berichte, 1883, Bd. I, Heft 8); sodann die von Wettstein ausgeführte Untersuchung über die Wachstumsgesetze der Wurzeln (vorgelegt der kais. Akad. d. Wiss. am 14. Febr. 1884).

3) Die in diesem Berichte (Band I, Heft 5) erschienene Abhandlung Krabbe's („Zur Frage nach der Function der Wurzelspitze“) könnte ich wohl mit Stillschweigen übergehen, da dieselbe gar keine irgendwie durch thatsächliche Beobachtungen be-

will ich in der vorliegenden Notiz das Hauptergebniss meiner diesbezüglichen Untersuchungen in Kürze vorläufig mittheilen.

Die von Darwin behauptete Reizfunction der Wurzelspitze durfte nur als eine unerwiesene Hypothese angesehen werden. Dass derselben von mehreren Seiten ein grösserer Werth, von einigen sogar die Bedeutung einer Thatsache beigelegt wurde, beruht auf einem logischen Fehler, wie ich gleich zeigen werde. Wenn ich von der Wurzel die Spitze abtrage und finde, dass sich die erstere geotropisch krümmt, so kann ich mit Bestimmtheit sagen, dass die Anwesenheit der Spitze zur geotropischen Krümmung nicht erforderlich ist. Wenn ich aber finden sollte, dass nach Entfernung der Spitze die geotropische Krümmung sich nicht einstellt, so folgt daraus noch nicht, dass der Geotropismus von der Spitze ausgehe, und noch weniger, dass die Spitze durch die Schwerkraft gereizt werde und den Reiz auf die wachsende Region übertrage. Da nämlich durch die Abtragung der Spitze die Wurzel verletzt wurde, so muss doch, wenn letztere auf ihre Reactionsfähigkeit geprüft

legte Ergebnisse, sondern bloss unerwiesene Behauptungen (l. c. p. 233 zusammengefasst) enthält. Da indess der Autor in seiner Abhandlung erklärt, meine Beobachtungen ständen im Widerspruche mit den seinen, so könnte es zu Missdeutungen führen, wenn ich den gegen mich erhobenen Vorwurf an dieser Stelle unbeantwortet liesse. Ich fand, dass decapitirte Wurzeln im feuchten Raume schwächer wachsen, als intacte. Krabbe giebt die Retardation des Wachstums gekappter Wurzeln zu, sagt aber, selbe sei nicht so gross als die von mir angegebene. Wie gross ist aber die Retardation nach seinen Beobachtungen? Darüber ist in seiner Abhandlung kein Wort zu finden. Selbst eine Angabe über das Medium, in welchem die Wurzeln cultivirt wurden, fehlt. Die Retardation des Wachstums gekappter Wurzeln variirt — ganz abgesehen von dem nur durch eine sehr grosse Zahl von Beobachtungen zu eliminirenden Einfluss der Individualität der Keimlinge — nach den Versuchsbedingungen, wie meine baldigst zu veröfentlichenden Untersuchungen lehren werden, ferner auch dem Entwicklungszustand der Wurzeln so ausserordentlich, dass mehrere unabhängig von einander arbeitende Beobachter, selbst wenn ihre Endergebnisse im Wesentlichen übereinstimmen, in der zahlenmässigen Begründung ihrer Resultate voraussichtlich von einander abweichen werden. Obgleich nun zwischen Krabbe's und meinen in Rede stehenden Angaben nur ein gradueller Unterschied besteht, sagt er doch, dass ich in Betreff der Frage über das Wachstum decapitirter und intacter Wurzeln nicht nur mit ihm, sondern mit allen jenen, die mit amputirten Wurzeln gearbeitet haben (Sachs, Darwin, Kirchner) in Widerspruch gerathe. Nun haben aber die Genannten behauptet, dass die Decapitation das Wachstum der Wurzel nicht beeinträchtige. Mithin wäre Krabbe der Wahrheit näher gekommen, wenn er gesagt hätte, seine Beobachtungen ständen im Widerspruche mit denen von Sachs etc. und stimmen, wenn auch nicht dem Grade, so doch dem Wesen nach mit meinen überein. — Was die von Krabbe gegen mich gerichteten kritischen Bemerkungen anlangt, so gebe ich dieselben dem objectiven Urtheil der Leser anheim und bemerke nur noch, dass die von ihm vorgenommene Umrechnung meiner Beobachtungen auf einer unrichtigen Voraussetzung beruht, indem er mir eine Form der procentischen Berechnung zumuthet, welche in meinem Buche gar nicht enthalten ist.

werden soll, vor allen constatirt werden, welche Veränderungen sie durch die Decapitation erfahren hat. In unserem speziellen Falle muss doch die erste Frage die sein, ob die Entfernung der Spitze nicht eine Herabsetzung der geotropischen Empfänglichkeit zu Folge haben müsse.

Diese Frage hat sich Darwin gar nicht vorgelegt; er schritt vielmehr sofort zur Aufstellung seiner Hypothese. Weder er noch seine Anhänger erbrachten aber den Beweis, oder haben es durch den Versuch selbst auch nur wahrscheinlich gemacht, dass die Wurzelspitze den geotropischen Reiz empfangt, und noch weniger den, dass die Wurzelspitze diesen Reiz aufnehme und weiterleite. Es ist übrigens nach unseren anderweitigen Erfahrungen über reizbare Organe gar nicht einmal wahrscheinlich, dass ein aus Urmeristem bestehendes Gebilde wie die Vegetationsspitze der Wurzel Bewegungsreize aufzunehmen im Stande sei. —

Ich glaubte bei meinem Versuche, den verringerten, beziehungsweise aufgehobenen Geotropismus decapitirter Wurzeln zu erklären, vorsichtiger als Darwin und seine Anhänger vorgegangen zu sein, indem ich prüfte, ob die bei Abtragung der Spitze eintretende Verletzung nicht eine Herabsetzung, beziehungsweise Vernichtung der Fähigkeit zum Geotropismus in dem betreffenden Organe herbeiführen müsse.

Was ich im „Bewegungsvermögen“ über die in Folge der Decapitation eintretende Retardation des Längenwachthums von in feuchter Luft und feuchten Substraten wachsenden Wurzeln aussagte, ist durch die früher genannten umfassenden Untersuchungen von Molisch bestätigt worden, denen gegenüber die spärlichen Beobachtungen anderer Forscher gar nicht in's Gewicht fallen, weil bei Versuchen, welche auf den Vergleich verschiedener Individuen beruhen, die durch die Individualität der Versuchspflanze bedingte Störung nur durch ausgedehnte Versuchsreihen eliminirt werden kann.

Ausser den ca. 400 Keimlingen, mit denen Molisch operirte, weisen unsere Aufzeichnungen über das Wachsthum intacter und decapitirter, in feuchten Medien¹⁾ gezogener Wurzeln, noch Daten über

1) Werden die Wurzeln constant in Wasser gezogen, so wachsen die decapitirten, namentlich im Anfange, beträchtlich stärker als die intacten. Diese merkwürdige Thatsache lehrt, wie genau bei Versuchen über das Längenwachsthum decapitirter und intacter Wurzeln vorgegangen werden muss. Sorgt man nicht für constant (absolut) feuchten Raum, arbeitet man z. B. nach der bekannten Sachs'schen Methode, bei welcher die Wurzeln der im feuchten Raume wachsenden Pflanzen zeitweilig mit Wasser besprengt werden, so erhält man werthlose, unvergleichbare Resultate. Ueber die aus Nichtberücksichtigung der angedeuteten Verhältnisse entspringenden und anderweitigen Fehler, in welche einige Beobachter verfielen, werde ich in der angekündigten Abhandlung mich ausführlich aussprechen. Es wird aber jetzt schon klar sein, dass es z. B. für das Resultat gar nicht gleichgültig ist, ob man innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen bei steigender oder fallender Temperatur den Versuch durchführt und dass überhaupt diese Art von Versuchen gar nicht so

mehrere Hunderte von Keimlingen auf, welche meine früheren Angaben bestätigen.

Durch weiter fortgesetzte Untersuchungen wurde constatirt, dass jede Wurzel durch die Decapitation eine Herabsetzung ihres Turgors erfährt, sowohl im Augenblick des Anschnittes, wie sich von selbst versteht, als auch später, wie schon aus dem alsbald aus der Schnittwunde austretenden Wassertropfen zu ersehen ist, wie ich aber auch anderweitig festgestellt habe. Da aber jede Wurzel in ihrer geotropischen Reactionsfähigkeit herabgesetzt wird, sobald deren Turgor sinkt, wie sich leicht durch schwach gewelkte oder schwach plasmolytisch gemachte Wurzeln zeigen lässt, so folgt, dass eine decapitirte Wurzel weniger geotropisch sein muss als eine intacte.

Auf eine nähere Begründung dieser Angaben wie auf andere von mir constatirte Veränderungen, welche die Wurzeln kurz nach der Decapitation erleiden und die alle der geotropischen Krümmung abträglich sind, kann ich hier nicht näher eingehen, sondern muss auch hier auf meine später erscheinende Abhandlung verweisen. Nur das eine muss ich noch zum Verständniss des Folgenden bemerken, dass decapitirte Wurzeln nach wenigen Stunden häufig unregelmässige Krümmungen annehmen, welche die Prüfung auf Geotropismus desto mehr erschweren, je mehr von der Wurzelspitze entfernt wurde oder je geringer der Turgor der Wurzel geworden ist.

Die geotropische Empfindlichkeit decapitirter Wurzeln ist im Ver-
gleiche zu der intact gebliebener unter sonst gleichen Verhältnissen eine geringe und kann bei starker Decapitation bis auf Null sinken. In Folge dieses Umstandes muss auf das Sorgfältigste experimentirt werden, um den zumeist nur in schwachem Grade vorhandenen Geotropismus zu constatiren. Da aber namentlich stark decapitirte Wurzeln¹⁾ unregelmässige, d. h. nach den verschiedensten Richtungen gehende Krüm-

einfach und so leicht durchführbar sind, als dies von einem Beobachter in diesen Berichten behauptet wurde.

1) Die Strecke, bis zu welcher eine Wurzel decapitirt werden kann, ohne ihren Geotropismus einzubüssen, lässt sich nicht durch allgemein gültige Zahlen ausdrücken, sondern hängt von der Art der Versuchspflanze und von deren Entwicklungsstufe ab. Es lässt sich aber auch nur beiläufig so viel sagen, dass, je weiter die Zone des stärksten Zuwachses von der Spitze entfernt liegt, desto weiter in der Regel die Decapitation unbeschadet ihres Geotropismus sich treiben lässt. Die gewöhnlichen Versuchspflanzen (Keimlinge von Mais, Bohnen, Erbsen etc.) lassen bei einer Decapitation bis etwa zu 1 mm den Geotropismus häufig noch gut erkennen, darüber hinaus bis etwa 2 mm nehmen die anderweitigen Krümmungen so überhand, dass sich an derartigen Objecten die geotropische Krümmungsfähigkeit direct nicht mehr nachweisen lässt. Und doch wurde behauptet, die Wurzelspitze der Keimlinge sei in einer Strecke bis zu 2 mm reizbar! (Diese Berichte, Bd. I, p. 233).

mungen annehmen, so ist man häufig Täuschungen ausgesetzt, indem sich durch den Augenschein nicht entscheiden lässt, ob die Abwärtskrümmung Folge des Geotropismus ist oder mit den genannten irregulären Krümmungen zusammenfällt. Bei Anwendung einer grossen Zahl von nur schwach decapitirten Wurzeln wird man unter Beobachtung aller Vorsichten immerhin eine so grosse Zahl von Wurzeln nach abwärts gewendet finden, dass der Schluss berechtigt erscheint, es liege hier Geotropismus vor. Da die Mehrzahl der nach abwärts gewendeten Wurzeln relativ starke Zuwächse aufweist, so gewinnt der genannte Schluss an Sicherheit.

Immerhin lässt diese Beweisführung vieles zu wünschen übrig, da sie nur bei einer grossen Zahl von Beobachtungen und grosser Sorgfalt zum Ziele führt und auch nicht zu einem zwingenden Schluss leitet: weil immer der Einwand, die Abwärtskrümmung sei noch kein absoluter Beweis für den Geotropismus, erhoben werden darf. Freilich lässt sich dieser Einwand durch die Zahl der Beobachtungen abschwächen und das Resultat befestigen; ein derartiges Beweisverfahren leidet aber an Mangel an Anschaulichkeit und zwingender Kraft.

Um diesen Uebelstand zu beseitigen, habe ich einen Versuch angestellt, welcher wohl von jedem Unbefangenen als beweiskräftig genug angesehen werden dürfte, um die Darwin'sche Hypothese der geotropischen Reizübertragung als Irrweg zu erkennen. Wie in allen den Geotropismus betreffenden Streitfragen ist auch in der vorliegenden nur im Knight'schen Versuch ein *experimentum crucis* zu finden. Ich habe diesen Weg eingeschlagen; mit welchem Erfolge wird sich gleich zeigen.

Keimlinge von Mais, deren Wurzeln eine Länge von 15 bis 20 *mm* hatten, wurden von der Spitze an in Abstände von einem Millimeter in einer Strecke von 10 *mm* zart markirt, in geräumigen durchnässten Thon- bez. Glasgeschirren vertical aufgestellt (mit Nadeln auf angesiegelten Kork befestigt), durch Bedeckung des Bodens der Gefässe mit nasser, festgeklemmter Watte und durch passenden Verschluss für feuchten Raum Sorge getragen. Ein Theil der Wurzeln blieb intact, der andere wurde in einer Strecke von einem Millimeter decapitirt. Die mit den Keimlingen versehenen Gefässe wurden auf einem mittelst Wasserkraft durch einen Schmid'schen Motor getriebenen Centrifugalapparat befestigt und gleichmässig horizontal rotiren gelassen. Jeder Versuch dauerte 6 Stunden. Die Temperatur betrug 16—19° C. Die Fliehkraft wurde gesteigert bis auf 41 *g*. Bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit, welche 20 bis 41 *g* entsprach, kehrte jede Wurzel ihre Spitze genau nach aussen; sowohl die intacten, als die decapitirten. Alle Wurzeln wuchsen während des Versuchs, die intacten stärker als die ihrer Spitze beraubten. Die ersteren krümmten sich stärker als die letzteren, aber

selbst bei diesen ging in einzelnen Fällen die Krümmung so weit, dass die Spitze fast horizontal zu liegen kam. Die Krümmung erfolgte sowohl bei den intacten als decapitirten in den Zonen des stärksten Zuwachses.

Wie es Sachs¹⁾ gelungen ist, den direct kaum nachweislichen Geotropismus von Nebenwurzeln durch den Knight'schen Versuch in zwingendster Weise anschaulich zu machen, so gelang es mir auf demselben Wege den Geotropismus decapitirter Wurzeln unwiderleglich zu beweisen.

Aus den mitgetheilten Thatsachen und Auseinandersetzungen ergibt sich: erstens, dass decapitirte Wurzeln geotropisch sind, mithin die Wurzelspitze zur Hervorbringung des Geotropismus nicht erforderlich ist; zweitens, dass die Decapitation in der Wurzel Zustände hervorruft, welche den Geotropismus beeinträchtigen, mithin eine ihrer Spitze beraubte Wurzel nothwendigerweise geschwächten Geotropismus darbieten müsse.

Damit ist die an sich sehr unbedeutende Erscheinung des häufig bis zur Unkenntlichkeit geschwächten Geotropismus einer durch Decapitation verletzten Wurzel genügend erklärt und der auf dem Verhalten solcher Wurzeln gestützten Reizhypothese der Boden entzogen.

12. J. Brunchorst: Die Function der Spitze bei den Richtungsbewegungen der Wurzeln.

1. Geotropismus.

Eingegangen am 21. Februar 1884.

Die vorliegende Abhandlung ist der erste Theil einer Untersuchung, die ich auf Vorschlag des Herrn Professor Frank in Berlin in seinem Laboratorium vorgenommen habe, um die von Darwin aufgestellte Theorie über die „Gehirnfunktion“ der Wurzelspitze bei den verschiedenen Richtungsbewegungen der Wurzeln zu prüfen. Diese Frage ist, besonders was das Verhalten der Spitze gegenüber der Einwirkung der Schwerkraft betrifft, vielfach behandelt worden, ohne dass sie bisher auch nur was die einfachen Thatsachen betrifft als abgeschlossen

1) Arbeiten des bot. Inst. Bd. I. S. 608.

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): Wiesner Julius Ritter

Artikel/Article: [Note über die angebliche Function der Wurzelspitze beim Zustandekommen der geotropischen Krümmung. 72-78](#)