

Neue Litteratur.

Charles Darwin (assisted by **Francis Darwin**). **The Power of Movement in Plants.** 8. 592 pp. Mit zahlreichen Holzschnitten. London (Murray) 1880.

Charles Darwin (mit Unterstützung von **Francis Darwin**). **Das Bewegungsvermögen der Pflanzen.** 506 pp. Aus dem Engl. übersetzt von **J. Victor Carus**. Mit 196 Holzschnitten. Stuttgart (E. Schweizerbart) 1881.

Wir berichten hier über ein Werk, welches eine große Fülle experimenteller Untersuchungen enthält und geeignet ist, in hohem Maße anregend zu wirken, wenn man auch hervorzuheben genöthigt ist, daß die den Versuchsergebnissen beigefügten Erklärungen und Erläuterungen, sowie die biologischen Erörterungen zwar außerordentlich geistreich sind, aber keineswegs eine exacte, mechanische Richtung der Klarlegung physiologischer Vorgänge befördern, sondern eher zu hemmen geeignet sind.

Der Grundgedanke, der sich durch das ganze Werk hindurchzieht, besteht in dem Bestreben, mehrere große Gruppen von Bewegungserscheinungen bei Pflanzen auf eine gemeinsame Grundlage, auf eine einheitliche Urbewegung zurückzuführen. Als solche Urbewegung bezeichnet *Darwin* die Erscheinung, daß das freie Ende wachsender Organe eine andauernde Bewegung zeigt, welche in einem Kreise oder einer Ellipse oder anderen Figuren vor sich geht oder richtiger, da währenddessen der betreffende Pflanzentheil auch in die Länge wächst, eine unregelmäßige Schraubenlinie beschreibt. Man kennt solche Bewegungen längst bei den Stengeln von Schlingpflanzen unter dem Namen der rotirenden oder revolutionären Nutation (vergl. *Sachs*, Lehrb. 4. Aufl. p. 827); sie beruht darauf, daß eine in Form einer Schraubenlinie ansteigende Linie oder Kante des Stengels bevorzugt wächst und deshalb convex wird. *Darwin* behauptet nun auf Grund seiner Versuche, daß diese Form der Nutation bei wachsenden Pflanzentheilen allgemein verbreitet sei, wenn sie auch oft nur in geringem Maße stattfindet und nur bei Vergrößerung und genauer Verfolgung der Stellungsänderung der Spitzen zu erkennen sei, und nicht allein dies, sondern nach *Darwin* ist diese Urbewegung, welcher er den Namen Circumnutation giebt, auch die Grundlage der Fähigkeit der Pflanzen zu suchen, die verschiedensten, ihren Bedürfnissen entsprechenden Bewegungen auszuführen, indem sich diese Bewegung je nach Umständen entsprechend modifizirt: die Bewegungen der Schlingpflanzen, Epinastie und Hyponastie, Nachtstellung der Blätter, heliotropische und geotropische Krümmungen u. s. w. entstünden durch Modifikation der Circumnutation. Es mögen auch in Kürze die wichtigsten Gesichtspunkte der zum Nachweis der Circumnutation eingeschlagenen Methode angeführt sein.

Die Versuchspflanzen befanden sich in einem Raume, der durch eine horizontale, über den Pflanzen befindliche, dann durch eine vertikale Glasplatte abgegrenzt war. An den zu beobachtenden Theilen befanden sich als Zeiger feine

Glasfäden mit winzigen Siegellackknöpfchen, deren Stellung unter Zuhilfenahme fixer Punkte in ihrer Nähe auf den Glasplatten durch Punkte angemerkt wurde. Wenn diese Punkte nachher durch Linien verbunden wurden, erhielt man winkelige Figuren, deren eine große Zahl abgebildet ist. *Wiesner* nennt diese und ähnliche Methoden, die Bewegung wachsender Pflanzentheile graphisch darzustellen, Diagramm-Methoden. Nach *Darwin* entsprechen diese Diagramme den Figuren, welche entstehen würden, wenn die Spitzen selbst ihre Bewegung, nur vergrößert, auf den Glasplatten verzeichnet hätten.

Mit Hilfe dieser Methode erhielt *Darwin* bei Keimpflanzen Figuren, welche auf Circumnutation der Wurzeln, Hypocotyle¹⁾ und Cotylen deuten. Ist diese Bewegung auch bei Wurzeln im Boden selbst durch die Erde verhindert, so wird sie doch bei obenaufliegenden Samen das Einbohren der Wurzeln erleichtern, es auch denselben möglich machen, Löcher, Spalten u. dergl. zum Eindringen aufzufinden. Die Hypo- und Epicotyle circumnutiren vor dem Hervorbrechen aus dem Boden, während desselben und nach demselben. Die in verschiedener Hinsicht für die zarten Stengelchen vortheilhafte hakenförmige Krümmung, mit der Hypo- resp. Epicotyle dikotyler Sämlinge meist erscheinen, sei das Resultat modificirter Circumnutation, unter gesteigertem Wachsthum der Oberseite. Die Circumnutationen des Hakens vor dem Durchbrechen der Erde müssen in feuchten, weichen Böden das Hervorbrechen befördern. Die Spitzen der gerade gewordenen Stengel setzen weiter die Circumnutation unter Beschreibung oft sehr complicirter Figuren fort. Die Circumnutation der Cotylen zeigt sich in beständigem Auf- und Abwärtsbewegen, meist einmal, bisweilen öfter innerhalb 24 Stunden. Aber die Bewegung geschieht nicht genau in der Vertikalen, sondern die Spitzen beschreiben schmale Ellipsen, mit meist vertikaler großer Axe. Besonders deutlich zeigt sich Circumnutation in den vertikalen Cotylen der Gramineen, denen von *Pinus pinaster* u. s. w. Meist tritt Abends Hebung, selten Senkung ein. Im Dunkeln setzt sich die Circumnutation der Cotylen fort, aber die normale Anordnung der Bewegungen in Bezug auf den Wechsel von Tag und Nacht wird gestört oder geht ganz verloren. — Aber auch ältere Pflanzen zeigen Circumnutation: so die Stengel einer ganzen Reihe von Pflanzen, auch Blütenstiele und Ausläufer, ferner ist sie bei Blättern eine ganz gewöhnliche Erscheinung und über das ganze Gewächsreich verbreitet.

Was die durch Modifikation der Circumnutation d. h. durch Vergrößerung der letzteren Urbewegung in einer bestimmten Richtung entstehenden Bewegungsformen betrifft, so wird unterschieden eine Modifikation aus angeboren und aus äußeren Ursachen. Zur ersten Abtheilung wird die revolute Nutation der Schlingpflanzen, dann die Epi- und Hyponastie gerechnet, zur letzteren die Schlafbewegung der Blätter, die heliotropischen und geotropischen Krümmungen. Schlafbewegungen finden sich bei Cotylen²⁾ und Laubblättern, wie im Einzelnen und eingehend beschrieben wird. Als Nutzen dieser Bewegungen führt *Darwin*

¹⁾ *Darwin* verwendet als abgekürzte Bezeichnung für epi- und hypocotyles Glied die Ausdrücke „der Epicotyl, der Hypocotyl“. Diese empfehlen sich durch ihre Kürze und wurden auch bereits von *Wiesner* (s. das folg. Ref.) acceptirt.

²⁾ Nottizen über die Schlafbewegung von Cotylen siehe auch in der Abhdlg. des Ref. diese Zeitschrift Bd. III. pag. 28, 29.

an, daß sich die Blätter so stellen, daß sie sich durch Strahlung möglichst wenig abkühlen. Es sei ihnen schädlich, wenn sie verhindert werden, die normale Nachtstellung einzunehmen. Bei den heliotropischen Krümmungen bestehe die Modifikation der Circumnutation darin, daß die allseitige Krümmung bei einseitiger Beleuchtung in der Einfallsebene des Lichts zu einer einseitig überwiegenden werde; es brauche nur eine bereits bestehende Bewegung in einer bestimmten Richtung (hier der Einfallsebene des Lichts) vergrößert zu werden. Ähnliches wird auch für geotropische Krümmungen ausgesprochen. Erwähnt mag sein, daß *Darwin* den *Frank'schen* Transversalheliotropismus und -Geotropismus wieder aufgreift und unter dem Namen Diaheliotropismus resp. Diageotropismus die oft bestrittene Existenz desselben behauptet.

Den interessantesten und gewiß auch, nach den seit dem Erscheinen des Werks geschehenen Popularisierungen seines Inhalts zu schließen, für den Laien oder überhaupt den nicht speziell mit Pflanzenphysiologie Beschäftigten bestechendsten Theil bildet der Abschnitt von der Modifikation der Circumnutation der Wurzeln durch einseitige Berührung oder anderweitige Reizung der Spitzen. Die Wurzelspitze ist nach *Darwin* gegen Berührung und andere Reize empfindlich und zwar so, daß sich der Reiz von ihr auf ältere Regionen überträgt und in diesen eine Krümmung auslöst. Wurden an frei wachsenden Wurzeln kleine Stückchen steifen Papiers oder sehr dünnes Glas u. s. w. seitlich an der konischen Spitze befestigt, oder wurde eine feine Scheibe auf einer Seite der Spitze weggeschnitten oder mit Höllenstein betupft, so krümmten sich die Wurzeln in einer (morphologisch) unteren Region auf eine Länge von 6—12 mm nach der nichtbehandelten Seite. Die empfindliche Stelle der Spitze beschränkt sich auf 1—1,5 mm. Wird sie gereizt, so vollzieht sich die Krümmung in der stärkstwachsenden Stelle innerhalb 6—8, fast immer innerhalb 24 Stunden. Nach einiger Zeit gewöhnt sich die Wurzel an den Reiz der aufgeklebten Objekte und wächst in der gewöhnlichen Weise abwärts. *Darwin* erörtert, daß diese Empfindlichkeit der Spitze den Wurzeln bei ihrem Wachstum im Boden insoferne vortheilhaft sein wird, als sie hiedurch von härteren Gegenständen abgelenkt und zum Wachstum in der Richtung des geringsten Widerstands veranlaßt werden. Nach den Versuchen vermögen die Spitzen selbst zwischen härter und weicher zu unterscheiden. Es ist aber außerdem nach *Darwin* die Wurzelspitze allein gegen die Gravitation empfindlich und erst von ihr aus überträgt sich diese Wirkung auf die unteren, wachsenden Regionen, von denen alsdann die Krümmung ausgeführt wird. Horizontal gestellte, der Spitze beraubte Wurzeln krümmen sich nicht mehr abwärts; erst einige Tage später, wenn sich die Spitze ersetzt hat, tritt dies ein. Die Zerstörung einer Länge von 1—1,5 mm reichte bei der Mehrzahl der Pflanzen aus zur Verhinderung einer Krümmung. Hat die wachsende Region durch vorgängige Horizontalstellung bereits einen Einfluß von der Spitze her empfangen, so kann auch Beseitigung der Spitze die Krümmung nicht mehr verhindern. Wie *Darwin* überhaupt aus seinen Versuchen Parallelen zwischen Pflanzen und Thieren zu schöpfen und zu begründen strebt, so gilt dies insbesondere für die Wurzeln, deren Spitze nach *Darwin* den Reiz des Drucks empfindet, zwischen härteren und weicheren Gegenständen unterscheidet, Feuchtigkeitsdifferenzen wahrnimmt, Licht und Schwerkraft

empfindet, und diese Eindrücke auf die tieferen Theile übertragend hier Bewegungen auslöst. In der Spitze sei das Centrum für alle diese durch äußere Einflüsse bewirkten Bewegungen und man könne ohne Uebertreibung sagen, daß die Spitze der Wurzel fungire wie das Gehirn eines niederen Thiers; das Gehirn befinde sich am vorderen Ende des Körpers, es empfangt die Eindrücke von den Sinnesorganen her und leite die verschiedenen Bewegungen¹⁾. — Wie für die Schwerkraft, wird auch für das Licht eine Uebertragung der Lichtwirkung behauptet. Bei Versuchen mit den Cotylen von *Phalaris canariensis* und *Avena sativa* krümmte sich bei Einwirkung seitlichen Lichts zuerst der oberste Theil, von da aus gegen die Basis fortschreitend. Wird das Licht vom oberen Theil der Cotylen ferngehalten, so unterbleibt trotz einseitiger Beleuchtung die Krümmung des unteren Theils: die Spitze nimmt den Lichtreiz auf, überträgt ihn auf die unteren Parthien und veranlaßt hier Krümmung. Auch bei jungen Keimlingen von Kohl bestimmt Beleuchtung der oberen Hälfte des Hypocotyls die heliotropische Krümmung der unteren Hälfte u. s. w. Die Nützlichkeit dieses Verhaltens bestehe darin, daß die Pflanzen den kürzesten Weg zum Lichte finden. Demnach finde auch bezüglich des Lichts, ähnlich wie bei den Thieren, eine Lokalisierung des Empfindungsvermögens und Uebertragung des Reizes auf andere, durch diesen Reiz zur Bewegung veranlaßte Theile statt. C. K.

J. Wiesner. Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Eine kritische Studie über das gleichnamige Werk von *Ch. Darwin* nebst neuen Untersuchungen. Mit 3 Holzschnitten. Wien 1881 bei *Alfred Hölder*. 212 S.

Bei der großen Zahl neuer Gesichtspunkte und frappirender Thatsachen und Auslegungen, welche in dem eben besprochenen Werke *Darwin's* enthalten sind und bei dem großen Aufsehen, welches dieses Werk in weiten Kreisen erregt hat, mußte es als dankenswerthe Aufgabe erscheinen, sowohl die experimentellen Ergebnisse an sich als auch deren Tragweite einer sachgemäßen Kritik zu unterwerfen. Verf. vorliegender Schrift hat sich großes Verdienst erworben, indem er die Darlegungen *Darwin's* einer durch eigene Versuche gestützten eingehenden Kritik unterzog. Wir werden sehen, daß gerade die merkwürdigsten Facta bei sich an das Nächste haltender Betrachtung in einem ganz anderen, mit dem bisherigen Stande der physiologischen Wissenschaft in innigem Einklang stehenden Lichte erscheinen. Mit Rücksicht auf den weiteren Leserkreis, in welchem das Werk *Darwin's* bekannt geworden ist, wurde der Plan der Schrift derart ausgedehnt, daß auch Nichtphysiologen die objective Auffassung der betreffenden Vorgänge ermöglicht sein sollte. In Folge dessen mußten dem Buche verschiedene Ausführungen einverleibt werden, welche dem Physiologen aus dem allgemeinen Bestande seiner Wissenschaft geläufig sind. Es mag gleich hier bemerkt sein, daß auch Verf. den Gehalt des *Darwin'schen* Werks an originellen, fruchtbringenden und anregenden Ideen und Beobachtungen anerkennt und dem Werke das Zeugniß giebt, was für ein wissenschaftliches Werk das Beste ist: daß der Verf.

¹⁾ Bei den Stengeln, mit welchen Ref. operirte (*Botanisches Centralblatt* Bd. VII. Nr. 3), muß das „Gehirn“ anderswo gewesen sein als in der Spitze, da erstens dieselben erst nach Abkappen der Spitze auf die Schwerkraft reagirten, zweitens erst dann die für ihre Existenz günstigste Krümmung zum Lichte annahmen, nachdem ihre Spitze bei fortgesetztem Wachstum vom Lichte verkümmert war.

es erreicht und verstanden hat, durch Beobachtungen und Ideen zu neuen Forschungen lebendige Impulse zu geben.

Es dürfte am Besten sein, die Kritik in derselben Reihenfolge zu besprechen, welche in vorausgehenden Referate über *Darwin's* Werk eingehalten wurde.

Was zunächst die dort an die Spitze gestellte Grundidee von der Circumnutation als Urbewegung betrifft, so zeigt Verf., daß dieselbe nicht die von *Darwin* behauptete allgemeine Vorbereitung besitzt. Schon die von *Darwin* angewandte Methode ist unsicher, weil sie einerseits keine genaueren Resultate geben kann, andererseits mit einigen groben Fehlern behaftet ist, welche zu ganz irrthümlichen Vorstellungen über die Bewegung der Pflanzentheile führen kann. So z. B. zeigt diese Methode das gerade Wachstum nicht als solches an, und wenn sich etwa die Spitze der Pflanze nach aufwärts und vorne bewegt hat, so giebt das Diagramm, als Zeichnung einer schiefen Projektion, an, die Spitze sei zuerst nach rückwärts und dann nach vorne gegangen. Jedenfalls ist dieser Fehler der Methode ein Hauptgrund, weshalb *Darwin* kein völlig gerade aufwärts sich bewegender (wachsener) Pflanzentheil vorgekommen ist und er zu dem Ausspruch verleitet wurde, daß alle wachsenden Theile circumnutiren. Die vom Verf. angewandte Diagrammmethode gestattete jeden Punkt genau zu zeichnen und die wahre Richtung des sich bewegenden Pflanzentheils zu bestimmen. Indessen fand diese Methode nur für derbere Organe Anwendung, für zartere wurde, zur Vermeidung aller Störungen, unter dem Mikroskop beobachtet. — Die zur speziellen Prüfung angestellten Untersuchungen erstreckten sich: *a. auf Wurzeln*. Nach *Darwin* wischen Wurzeln, welche auf der Oberfläche einer zum Horizont geneigten, mit einer Rußschicht überzogenen Glasplatte hinabwachsen, nicht in gerader, der Hauptwachstumsrichtung entsprechender Richtung den Ruß ab, sondern sie erzeugen wellige Zeichnungen auf dem Ruß oder es entstehen Unterbrechungen im Abwischen, wenn sich nämlich die Spitze von der Platte abgehoben hat, woraus auf Circumnutation der Wurzeln geschlossen wird. Nach Verf. findet aber ganz gerades Wachstum statt, wenn die Platte mit Bärlappsamen (Sporen) in dünner Schicht bestreut wird, und das Verhalten auf der Rußschicht erklärt sich aus einer durch den Ruß bewirkten Beschädigung der überaus empfindlichen Wurzelspitze, in Folge deren die *Darwin'sche* Krümmung (Näheres hierüber unten) eintritt. Wenn wirklich die Wurzeln circumnutirten, so müßte dies in Schwingungen von nicht direkt, sondern nur mikroskopisch erkennbarer Kleinheit geschehen. Aber alle Versuche führten zu folgenden Schlüssen: 1. Vertikal nach abwärts gerichtete Wurzeln wachsen unter günstigen Vegetationsbedingungen häufig durch lange Strecken vollkommen gerade. 2. Solche Wurzeln weichen aber durch kürzere oder längere Zeit während dieses Wachstums von der vertikalen Richtung ab, wobei sie hin- und herschwingen. Der Ausschlag nach der Seite vollzieht sich wohl nicht genau in einer Ebene, und beträgt, wenn die von der Wurzelspitze zurückgelegte Weglänge in's Auge gefaßt wird, nur sehr kleine, durch das freie Auge kaum wahrnehmbare Strecken. Aber auch derbe Wurzeln machen, nach den mittelst der Lupe gewonnenen Resultaten und nach den Spuren zu urtheilen, welche sie in einer zarten, auf einer Glasplatte befindlichen Bärlappschicht hinterlassen, nur ganz unmerkliche seitliche Bewegungen. 3. Wenn man auf die Orientirung der zum Versuche benutzten, vertikal aufgestellten Wurzeln

nicht Rücksicht nimmt, so findet man gewöhnlich, daß die Wurzelspitze nach einer Seite hin stärker als nach der anderen schwingt. Stellt man aber die Wurzeln so auf, daß die Nutationsebene dem Gesichtsfeld parallel läuft, so tritt dies meist mit größter Schärfe hervor, und man beobachtet nicht selten, daß die Wurzelspitze aus der Vertikalen nach einer Seite hin sich bewegt, dann in die vertikale Lage zurückkehrt, worauf sich das Spiel noch mehrmals wiederholen kann. Aus diesem Verhalten, ferner aus dem zeitweilig völlig geraden Wuchs der Wurzeln läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit abnehmen, daß die sog. Circumnutation der Wurzeln eine combinirte Bewegung ist, einerseits durch spontane Nutation, andererseits durch Geotropismus hervorgerufen, die abwechselnd das Uebergewicht gewinnen oder sich gegenseitig völlig aufheben. Doch spielen bei den von Darwin beobachteten Bewegungen der Wurzeln noch andere Momente mit, nämlich in dem nicht vollkommen gleichen Bau der Wurzeln begründete Störungen und wahrscheinlich auch Zugwachsthum. 4. Es ist die unterhalb der Spitze gelegene, am stärksten wachsende Partie der Wurzel, von welcher deren schwingende Bewegungen ausgehen. — **b. Versuche mit Stengeln** ebenfalls nach der Diagramm-Methode und nach direkter mikroskopischer Beobachtung. Diese Versuche ergaben: 1. Es giebt Stengel, deren Vegetationsspitze bei Ausschluß des Lichts und bei aufrechter Stellung gerade aufsteigt. Das Emporwachsen geschieht aber begreiflicherweise nicht mit mathematischer Genauigkeit. Es zeigt sich häufig ein unregelmäßiges Hin- und Herschwanen im Raum. Die nach den Seiten erfolgenden Bewegungen sind aber ganz klein und betragen gewöhnlich nur einige Hundertel- bis Zehntelmillimeter. Will man diese Bewegungen als Circumnutation bezeichnen, dann beruht dieselbe hier nur auf Störungen des geraden Wuchses, hervorgerufen durch kleine Unregelmäßigkeiten im anatomischen Bau der Organe, welche bald diese, bald jene Seite im Längenwachsthum begünstigen. 2. Die Stengel mit undulirender Nutation¹⁾ zeigen außer der aufsteigenden noch andere Bewegungen. Bei Ausschluß des Lichts erfolgt diese Bewegung entweder in einer Vertikalebene (Nutationsebene) und dann in dieser entweder nur in einem Sinne, oder schwingend hin und her; oder aber dieses Schwingen in der Nutationsebene wird durch seitliche Störungen mehr oder weniger verdeckt. Es zeigt sich hier ein allmählicher Uebergang von der undulirenden zur revolutiven Nutation. Hin- und hergehende Bewegungen kommen auch bei solchen Stengeln vor, welche unterbrochene Nutation²⁾ zu erkennen geben. 3. Läßt man auf Stengel mit gerade emporsteigender Spitze Licht oder Schwerkraft einseitig einwirken, so streben sie, abgesehen von den fast nie fehlenden Störungen, gerade dem Lichte

¹⁾ Ueber undulirende Nutation vergl. *Wiesner*, diese Zeitschrift Bd. I. pag. 469. — *Wiesner* hat mit diesem Namen eine bei fast allen Keimstengeln und zahlreichen Laubstengeln vorkommende Nutationsform bezeichnet, welche sich in einer S-förmigen Krümmung des betreffenden Organs äußert und darauf beruht, daß das obere Ende eines wachsenden Stengels an der einen Seite, eine tiefer liegende Parthie an der entgegengesetzten Seite stärker wächst, während sich zwischen diesen Regionen eine indifferente, ringsum gleich wachsende Zone befindet.

²⁾ Als unterbrochene Nutation bezeichnet *Wiesner* den zickzackförmigen Bau vieler Stengel, in Folge dessen jedes Internodium eine andere Lage gegen die Axe der Pflanze einnimmt.

zu oder erheben sich gerade. Macht man aber derartige Versuche mit Pflanzen, deren Stengel in undulirender Nutation begriffen sind, so sieht man, wie die spontanen und paratonischen Bewegungen einander entgegenarbeiten. Es kommt dann entweder fortwährend zu hin- und hergehenden Bewegungen, oder es stellen sich zeitweilig oder von einem bestimmten Zeitpunkte an Bewegungsrichtungen ein, welche sich als Resultirende der den einzelnen Ursachen entsprechenden Bewegungen zu erkennen geben. Ein schief aufgestellter, einseitig beleuchteter, undulirend nutirender Pflanzentheil bewegt sich in drei im Raume gelegenen Richtungen. Stellt man einen solchen Pflanzentheil so auf, daß Licht, Schwere und spontane Nutation in eine Ebene zu liegen kommen, so bewegt sich der Pflanzentheil, abgesehen von den Störungen, in dieser Ebene. — Bei undulirend nutirenden Stengeln ist es fast unmöglich, zu entscheiden, in welchem Theile des Organs die Bewegung selbst eines bestimmten Punkts zu Stande kommt, und es ist eine Täuschung, wenn man die Bewegung, die man z. B. durch die Diagramm-Methode bekommt, als an Ort und Stelle hervorgerufen ansieht. Stengel mit ausgesprochen undulirender Nutation wachsen im oberen Theil der hinteren und im unteren Theil der vorderen Seite verstärkt, welche beiderlei entgegengesetzte Bewegungen auf einen Punkt einwirken und ihn öfter so verschieben, daß er durch die tiefere Region nach hinten bewegt wird, durch jene, in der er sich befindet, nach vorne. — **c. Versuche mit Blättern.** Diese ergeben: 1. daß es Blätter giebt, welche, an senkrechten Stengeln stehend, bei Ausschluß von Licht vollkommen gerade weiter wachsen; 2. daß sehr viele Blätter in Folge von Ungleichheiten im Längenwachsthum kleine hin- und hergehende Bewegungen zeigen, welche identisch sind mit den bereits bei den Stengeln angeführten Wachstumsstörungen. 3. Die Hauptbewegung der Blätter erfolgt in einer durch den Mediannerv gehenden Vertikal-ebene. Stehen die Blätter schief, so stellen sich sehr starke Abweichungen von der Vertikalbewegung ein. Noch deutlicher treten die hin- und hergehenden Bewegungen dann ein, wenn das Licht die Richtung der Lothlinie und die Mediane des Blattes kreuzt. — **d. Versuche mit Pilzen,** dem einzelligen *Pilobolus* und *Mucor racemosus*. Es zeigte sich keine Spur einer Circumnutation¹⁾, obwohl diese Pilze Heliotropismus und Geotropismus zeigen.

Die genaue Analyse der Bewegungen, welche *Darwin* als Circumnutationen bezeichnet, ergiebt als allgemeines Resultat erstens, daß diese Bewegungsweise keine allgemeine Verbreitung im Pflanzenreiche besitzt, indem es Organe von ganz geradlinigem Wuchse giebt; schon deshalb kann diese Circumnutation keine wachsenden Theilen eigenthümliche Urbewegung sein. Zweitens: Wo sich Bewegungen wachsender Theile erkennen lassen, da beruhen sie entweder auf der ohnehin bekannten revolutionen Nutation (so bei Schlinggewächsen, Uebergänge hiezu bei manchen undulirend nutirenden Organen), oder sie lassen sich zurückführen auf Unregelmäßigkeiten im Wachsthum, als Folge nicht vollkommen regelmäßigen Baus der Organe, oder nicht absolut gleicher Wachstums-

¹⁾ Vor Kurzem hat *F. Darwin* Versuche mit den Fruchträgern von *Phycomyces nitens* mitgetheilt (Botanische Zeitung 1881 Nro. 30), in denen dieselben Circumnutation (bei Beobachtung unter dem Mikroskop) zeigten.

fähigkeit der Zellen eines Gewebes oder der Gewebe des ganzen Organs, was sich eben in geringen Störungen im geraden Wachstum der Organe äußert. Diese Störungen hören zeitweilig, oft für längere Zeit, ganz auf, sind gewöhnlich sehr gering und durch Unregelmäßigkeit der Richtung und des Verlaufs gekennzeichnet. Oder endlich: diese Bewegungen sind die combinirte Wirkung verschiedener, spontaner und paratonischer Nutationen, also Combinationsbewegungen und keine Urbewegung, welche in der mannigfachsten Weise zum Ausdruck kommen: bei reiner undulirender Nutation, bei Ausschluß von Licht und bei vertikaler Aufstellung vollzieht sich die Bewegung in einer Ebene; kreuzt das Licht und die Lothlinie die Nutationsebene, so erfolgt eine durch Nutation, Heliotropismus und Geotropismus hervorgerufene, meist sehr complizirte Bewegung. Uebrigens kommen manche der Circumnutationen nicht nur durch verschiedene Bewegungsweisen an einer Stelle, sondern an ganz verschiedenen Stellen eines Organs zu Stande, wie schon oben erwähnt wurde. Die inneren Ursachen der revolutiven Nutation sind uns unbekannt, die Natur der übrigen, von *Darwin* dieser Nutationsform angeschlossenen Bewegungen dagegen ist durch Obiges klargelegt.

Wie im vorausgehenden Referate angeführt, suchte *Darwin* nicht allein seine Circumnutation als allgemein im Pflanzenreiche verbreitet und mit dem Charakter einer Ur- und nicht weiter zerlegbaren Bewegung nachzuweisen, sondern auch von ihr ausgehend anderweitige Bewegungen wachsender Theile auf sie als gemeinsame Basis zurückzuführen. Nach obiger Analyse der sog. Circumnutationsbewegungen aber kann hieron um so weniger die Rede sein, da es ja wachsende Theile giebt, welche überhaupt nicht circumnutiren, gleichwohl aber heliotropisch und geotropisch sind. Die Zurückführung aller Formen von Bewegungen wachsender Pflanzentheile auf Circumnutation als Urbewegung ist demnach unstatthaft. Will man eine solche Einheit bezeichnen, so bildet diese das gerade Wachstum selbst, aus welchem sich durch ungleichseitiges Längenwachsthum, hervorgerufen durch äußere oder innere Ursachen, die verschiedenen Bewegungsformen ableiten lassen.

Wenn wir nun zu den Darlegungen übergehen, welche Verf., durch Versuche gestützt, von der von *Darwin* behaupteten Empfindlichkeit der Wurzelspitze gegen Druck und Schwere und der Uebertragung dieser Reize als Krümmung auslösender Faktoren auf die wachsende Region, dann auch von der Uebermittlung des Lichtreizes von der Spitze aus auf tiefere Regionen des nämlichen Pflanzentheils giebt, so zeigt sich die Sache in wesentlich anderem Lichte. Was zunächst das Unterbleiben geotropischer Krümmung bei Wurzeln nach Abschneiden der Spitze betrifft oder nach Aetzung derselben mit Höllestein, so weist Verf. nach, daß geköpfte Wurzeln in ihrer Wachsthumfähigkeit verlieren und nur mehr nach Maßgabe dieser krümmungsfähig sind. Da hiernach auch ihrer Spitze beraubte Wurzeln immer noch krümmungsfähig sein können, so ist ersichtlich, daß der Geotropismus überhaupt nicht von der Spitze ausgehen

kann. Vielmehr muß angenommen werden, daß die Schwerkraft direkt jene Zone der Wurzeln angreift, welche sich geotropisch krümmt. Bekanntlich haben die Wurzeln die Fähigkeit, durch die Nähe feuchter Gegenstände zu einer Krümmung nach diesen veranlaßt zu werden, eine hydrotropische Krümmung zu machen. Auch für diese Fähigkeit nimmt *D.* den Sitz in der Spitze an, welche den Reiz empfange. Nach Ueberstreichung der Spitze mit einer Mischung von Olivenöl und Lampenruß oder Cauterisation derselben mit Höllenstein war diese Fähigkeit ganz oder fast ganz verschwunden. Nach Verf. wird aber durch diese Eingriffe das Wachstum der Wurzel vermindert, womit auch die Krümmungsfähigkeit abnimmt. — *Darwin* findet, daß ein leiser, auf die Wurzelspitze einseitig ausgeübter Druck die Wurzel nöthigt, in der wachsenden Region, also entfernt von der Angriffsstelle, eine Krümmung auszuführen, welche sie von dem Orte der Berührung wegwendet. Der Druck, auf welchen die Spitze reagirt, braucht kaum nennenswerth zu sein. Dem gegenüber weist Verf. darauf hin, daß die Wurzelspitzen Fließpapier durchdringen, in Quecksilber eindringen, überhaupt, wie genaue Versuche auf einer sehr empfindlichen Federwaage lehrten, mit erheblichem Druck auf eine Unterlage pressen können, ohne von ihrem Wege abgelenkt zu werden. Auch wenn an die konischen Abdachungen der Wurzelspitzen kleine Holzstückchen und Sandkörnchen vorsichtig angedrückt werden, wo sie dann adhären, tritt keine Wegkrümmung von der Berührungsseite ein. Vielmehr ist die Voraussetzung einer Wegkrümmung Eintritt einer Verletzung der Wurzelspitze. Weingeistige Schellacklösung, einseitige Aetzung u. s. w. führt einseitiges Absterben der Wurzelspitze herbei; die hinter dieser absterbenden Stelle gelegene Parthie der Wurzel wächst nun verstärkt und so entsteht die Wegkrümmung. Einfache Berührung mit einem indifferenten Körper bewirkt nie Wegkrümmung. *Darwin's* Entdeckung gilt sonach in beschränktem Maße. Verf. schlägt für diese durch Verletzung der Spitze veranlaßte Wegkrümmung den Namen *Darwin'sche* Krümmung vor. Der Vergleich der Spitze mit dem Gehirn hinkt demnach bedeutend; die Spitze ist wohl zufolge ihrer Zartheit sehr empfindlich, ihr Absterben hat auch Veränderungen der unverletzt gebliebenen Wurzelregion zur Folge unter Verminderung des Wachstums, aber eine andere Art der Reizübertragung läßt sich nicht wohl festhalten.

Aber auch die von *Darwin* hinsichtlich der Lichtwirkung geltend gemachten Erklärungen und Beobachtungen lassen sich in viel einfacherer Weise und mit sonstigen Thatsachen besser harmonirend erklären. Uebrigens werden die einschlägigen Schlußfolgerungen *Darwin's* zum Theil schon durch die Ergebnisse früherer Untersuchungen des Verf. hinfällig, während zum anderen Theil allerdings deren Unhaltbarkeit erst durch neu angestellte Untersuchungen gezeigt werden mußte. Verf. giebt zunächst eine auszügliche Mittheilung der in seiner Monographie des Heliotropismus¹⁾ niedergelegten Resultate, um so die Basis für die Kritik zu gewinnen. Zuerst war festzustellen, ob sich in der That die

¹⁾ Vgl. hierüber die Referate in dieser Zeitschrift Bd. II. pag. 391; Bd. III. pag. 298; Bd. IV. pag. 64.

heliotropische Wirkung des Lichts auf unbeleuchtete Theile fort-pflanzen kann. *Darwin* fand, daß 1. an in verschiedenen Höhen über dem Boden abgeschnittenen Keimlingen der unter normalen Verhältnissen gegen das Licht sich krümmende untere Theil im Lichte aufrecht bleibt; daß 2. Keimlinge von genügend jungem Alter bei einseitiger Beleuchtung bis auf den Grund sich der Lichtquelle zukrümmen; wird aber die obere Hälfte des Hypocotyls u. dgl. vor Licht geschützt, so unterbleibt diese Krümmung. Verf. zeigt hinsichtlich des ersten Punkts, daß hiedurch nichts bewiesen wird. Die Thatsache ist richtig, die Schlußfolgerung aber unberechtigt, weil so stark verletzte Pflanzen ihre Wachstumsfähigkeit und damit die Fähigkeit zu heliotropischer Krümmung ganz verlieren oder beträchtlich darin geschwächt werden. Zu Punkt 2 lehrt das Studium dieser Versuche, daß die Krümmung, welche die untere Hälfte genügend alter Keimlinge bei Beleuchtung der oberen erfährt, gar nicht heliotropisch ist, sondern Folge der Belastung, mit welcher das heliotropisch vorgeneigte obere Stengelende auf das untere Stengelende wirkt. Läßt man die Keimlinge in entsprechender Weise zur Ausschließung der Schwere rotiren, so unterbleibt in der That diese Krümmung des unteren Theils. Sind die Keimlinge noch jünger und der Hypocotyl seiner ganzen Länge nach noch heliotropisch krümmungsfähig, so krümmt er sich allerdings bis zum Grund auch bei Rotation, aber wenn nur ein Theil des Stengels beleuchtet ist, nur so weit, als das Licht einwirkt. Hiernach ist die Behauptung einer Uebertragung der Lichtwirkung unrichtig. — Die Ansicht *Darwin's*, daß helles Licht stärker Heliotropismus hervorrufe, als schwächeres, rektifizirt Verf. unter Verweisung auf die Monographie dahin, sie sei unvollständig und für sehr empfindliche Organe ungültig. Desgleichen wird richtig gestellt, daß die Stärke der heliotropischen Krümmung nicht im Verhältniß zur dargebotenen Lichtmenge stehe, genauer ausgedrückt: die Intensität des Lichts und die Dauer der Lichtwirkung sei der Größe des heliotropischen Effects nicht proportional, daher wirke hier das Licht als Reiz, ähnlich wie äußere Einflüsse auf das Nervensystem der Thiere wirkten. Diese Schlüsse sind nicht berechtigt. Wenn der heliotropische Effect der Lichtstärke nicht proportional sei, so rühre dies daher, weil die auf Licht- und Schattenseite des Organs herrschenden, das ungleichseitige, zum Heliotropismus führende Wachstum bedingenden Lichtunterschiede den jeweiligen Lichtintensitäten nicht proportional sind; und wenn der heliotropische Effect der Zeitdauer der Beleuchtung nicht proportional sei, so rühre dies von der durch den Verfasser früher nachgewiesenen photomechanischen Induction¹⁾, aber in jedem Falle gebe es ein Lichtminimum, dem eine bestimmte heliotropische Krümmung dennoch proportional sei. Von Parallelen zur Nervenreizung könne keine Rede sein, es sei hiemit Nichts gewonnen, sondern die Sache nur schwieriger und dunkler gemacht. Auch die von *Darwin* angezogene vermeintliche besondere Empfindlichkeit heliotropischer Pflanzentheile gegen Licht-contrasten gebe kein Argument zur Auffassung des Heliotropismus als Reizerscheinung. Die zur Stützung von *Darwin* beigebrachten Erscheinungen beruhten einfach darauf, daß die Pflanzen bei constanter Beleuchtung einen Lichtüberschuß erhalten, keinenfalls aber beweisen sie, daß intermittirendes Licht größeren Effect

¹⁾ Vgl. hierüber diese Zeitschrift Bd. II. pag. 396.

hervorrufen, als gleich lang wirksames constantes Licht; und wenn vielfach aus dem Boden eben hervorkommende Keimlinge heliotropischer sind, als die an's Licht gewöhnten Sprosse u. s. w., so rührt dies einfach von der im Finstern verstärkten Wachstumsfähigkeit, welche dann stärkere heliotropische Empfindlichkeit zur Folge hat.

Verf. wendet sich auch noch gegen andere Aufstellungen *Darwin's*, welche im vorausgehenden Referate, als nicht zur Hauptsache gehörig, nicht oder ganz kurz berührt wurden. Sie mögen hier angefügt sein.

Darwin behauptet, nicht das Wachstum rufe die als Circumnutationen zusammengefaßten Bewegungen hervor, sondern einseitige Turgorverstärkung; diese sei das Primäre, das Wachstum das Sekundäre. Verf. erörtert, daß das Wachstum von Anfang bis zum Ende aus qualitativ gleichen Processen bestehen müsse, nicht aus hintereinander liegenden Acten, von welchen der erste, von den übrigen unabhängige, die Turgorausdehnung ist, daß die Intussusception und was überhaupt zum Wachstum führt, nicht erst der Turgorausdehnung folge, sondern sie constant begleite. Er führt Versuche an, aus denen hervorgeht, daß durch Verdunstung oder Plasmolyse welk gewordene Pflanzentheile die frühere Höhe der Turgorausdehnung erreichen auch bei so niederen Temperaturen, bei denen von Wachstum keine Rede sein könne, daß die Turgorausdehnung unabhängig vom Wachstum geschehe, indem sie auch ohne Sauerstoffzutritt eintrete u. s. w. Aus Allem ergibt sich, daß die Turgorausdehnung bloß ein Attribut des Längenwachstums ist, nicht aber das allein für das Wachstum in den ersten Stadien maßgebende Moment. Da sich alle Nutationsbewegungen nur so lange vollziehen, als die betreffenden Pflanzentheile in die Länge wachsen, und nur dann eintreten und nur so lange anhalten, als die sämtlichen Bedingungen des Längenwachstums erfüllt sind, so folgt, daß diese Bewegungen als durch ungleichseitiges Wachstum hervorgerufen aufzufassen sind.

Weiter hatte *Darwin* auch die Existenz eines Diaheliotropismus und -Geotropismus (-Transversalhel. resp. Geotropismus) gegenüber den hiegegen geltend gemachten Thatsachen behauptet. Verf. erörtert unter Verweisung auf seine Monographie eingehend, daß er durch die Untersuchungen *Darwin's* keine Verschiebung des derzeit geltenden Standpunkts erkennen könne, sucht aber zugleich eine in der bisherigen Darstellung der „diaheliotropischen“ Erscheinungen gebliebene wesentliche Lücke auszufüllen, indem er die Thätigkeit des Lichts bei diesen zum einfallenden Licht senkrechten Stellungen auf negativen Heliotropismus zurückzuführen sucht. „Der so räthselhafte Diaheliotropismus läßt sich auf ein Zusammenwirken durchweg bekannter Vorgänge zurückführen. In erster Linie ist es das Entgegenwirken von negativem Geotropismus und negativem Heliotropismus, was das Blatt in eine zum Einfall starken Lichts senkrechte Lage bringt. In dieser Lage wird das Blatt festgehalten, weil bei der nunmehr herrschenden stärksten Beleuchtung die Bedingungen für die negativ geotropische Aufrichtung des Blattes die ungünstigsten sind. Weiters werden aber auch noch andere auf Wachstum beruhende Bewegungen des Blattes, z. B. das durch die Belastung eingeleitete Zugwachstum dann am meisten gehemmt, wenn die Beleuchtung die günstigste ist; dies ist aber dann der Fall, wenn das Blatt sich senkrecht zum herrschenden, genauer gesagt, zum stärksten zerstreuten Licht gestellt hat.“

C. K.