

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2—4 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XIV. Band.

15. September 1894.

Nr. 18.

Inhalt: **Herbst**, Ueber die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung von Vorzügen in der tierischen Ontogenese. — **Haacke**, Die Formenphilosophie von **Hans Driesch** und das Wesen des Organismus (Fortsetzung). — **Lang**, Zur Frage der Knospung der Hydroiden. — **Seelmann**, Beschleunigte Färbung der Blutkörperchen. — **Walther**, Bionomie des Meeres. Beobachtungen über die marinen Lebensbezirke und Existenzbedingungen.

Ueber die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung von Vorgängen in der tierischen Ontogenese. I.

Von **Curt Herbst**.

Einleitung.

Eine Beobachtung, welche ich während meiner Untersuchungen über den Einfluss der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwicklung der Tiere machte [23], brachte mich auf die Vermutung, dass Richtungsreize bei dem Zustandekommen ontogenetischer Prozesse höchstwahrscheinlich eine bedeutende Rolle spielen. Ich habe in der letzten Zeit eingehend über diese Frage nachgedacht, und da ich glaube, dass die Resultate, zu denen ich hierbei gekommen bin, in vielfacher Hinsicht fördernd und zu experimentellen Untersuchungen anregend wirken können, so habe ich mich entschlossen, in drei aufeinander folgenden theoretischen Schriften zu zeigen, was sich eventuell im Verlauf der Ontogenese mittels der Reizphysiologie verständlich machen ließe. Ich werde hierbei zwei Hauptgruppen von Reizen unterscheiden, die hier kurz charakterisiert werden mögen.

Die erste Gruppe wird von den „Richtungsreizen“ repräsentiert, d. h. von denjenigen äußeren Anstößen, welche entweder die Richtung eines freibeweglichen Organismus oder die eines wachsenden Organes beeinflussen. Wir werden hierbei dem Sprachgebrauch der meisten Botaniker folgen und im ersteren Falle von Heliotaxis, Geotaxis reden,

während wir im anderen die Worte Heliotropismus, Geotropismus etc. verwenden werden¹⁾).

Die zweite Gruppe von Reizen, deren Wirksamkeit bei ontogenetischen Vorgängen ich im folgenden wahrscheinlich zu machen versuchen will, ist durch das Verhalten der Ranken von *Ampelopsis hederacea*, des wilden Weines, charakterisiert, welche bei längerer Berührung mit einem festen Körper an ihren Spitzen breite Haftpolster entwickeln. Hier wird also durch die Berührung ein Gestaltungsprozess ausgelöst, der qualitativ anders geartet ist als der, welchen die Ranke vor der Berührung zeigte. Wir werden deshalb diese zweite Gruppe mit dem Namen formative Reize belegen.

Die zwei Hauptteile unsrer Untersuchung ergeben sich nach dem Gesagten von selbst.

I. Hauptteil.

Die Bedeutung der Richtungsreize für die kausale Auffassung ontogenetischer Vorgänge.

Da ich nicht bei allen Lesern dieser Schrift die Bekanntschaft mit den Thatsachen der Reizphysiologie voraussetzen kann, so halte ich es für geraten, zunächst die hauptsächlichsten hierher gehörigen Thatsachen zusammenzustellen. Ich werde mich dabei nicht auf das Tierreich beschränken, sondern auch zahlreiche Thatsachen aus dem Pflanzenreich anführen. Sind es ja gerade die Botaniker, welche zuerst und am erfolgreichsten die Erforschung dieses Gebietes der Physiologie in Angriff genommen haben.

Es braucht wohl nicht erst besonders betont zu werden, dass ich nur die hauptsächlichsten Punkte zur Sprache bringen und unmöglich eine erschöpfende Darstellung unsrer Kenntnisse von den Richtungsreizen geben kann. Der erste Teil ist ohnehin schon als einführender Abschnitt zu lang ausgefallen, so dass ich lange schwaukte, ob ich ihn überhaupt veröffentlichen solle. Wenn ich mich nun schließlich doch dazu entschlossen habe, ihn so, wie er ist, der Oeffentlichkeit zu übergeben, so geschah dies einmal in der Hoffnung, dass die Zusammenstellung für manchen eine willkommene Gabe sein dürfte, und zweitens deswegen, weil ich eine genaue Kenntnis der Richtungsreize zum Verständnis der theoretischen Betrachtungen im 2. Teil für unerlässlich halte.

1) Da die Wortmann'sche Theorie der Reizkrümmungen hinfällig geworden ist, so erscheint mir das Auseinanderhalten beider Erscheinungsreihen — wenigstens zur Zeit — als vollkommen begründet.

I. Teil. Die Richtungsreize im Tier- und Pflanzenreich.

A. Spezielles.

a) Ueber die Wirkung des Lichtes.

α) Auf das Wandern freibeweglicher Organismen. Phototaxis [Heliotaxis] ¹⁾.

Bringt man einen Tropfen Wasser mit *Euglena viridis* auf einen Objektträger und stellt den Spiegel des Mikroskops so ein, dass nur ein Teil des Tropfens von diffusem Tageslicht beleuchtet wird, so sieht man, wie sich bald alle Geißelschwärmer an der beleuchteten Seite ansammeln. Das Licht wirkt für *Euglena* wie eine Falle, so bemerkt treffend Engelmann [16]. Stahl [63], welcher ebenfalls mit *Euglena* experimentierte, konnte feststellen, dass sich die Euglenen mit der Längsaxe ihres Körpers in der Richtung der Strahlen einstellen und zwar bei schwächerem Lichte so, dass sie ihr vorderes Ende der Lichtquelle zu, ihr hinteres davon abwenden. Er zieht hieraus den Schluss, dass es sich bei dem Einfluss des Lichtes auf die Bewegung der Schwärmer „bloß um Richtungsverhältnisse handelt, welche von der rotierenden Bewegung selbst unabhängig sind“. Dies trat besonders deutlich bei denjenigen Individuen hervor, welche nicht auf die Lichtquelle zuschwammen, sondern an dem Objektträger oder an einem anderen im Tropfen anwesenden Körper festsaßen. „Die Längsaxe dieser Euglenen fiel, wie bei den freischwimmenden, annähernd mit der Richtung des Lichtstrahls zusammen“.

Ebenso wie *Euglena* verhielten sich nach den ausgedehnten Untersuchungen von Strasburger [66] eine große Menge Schwärmsporen und Flagellaten schwächerem Lichte z. B. diffusem Tageslichte gegenüber „positiv photo- resp. heliotaktisch“. Es mögen hier nur die Schwärmsporen von *Botrydium granulatum* und die Flagellate *Chilomonas* genannt werden. In ausgezeichneter Weise erwiesen sich nach den Versuchen Verworn's [68] die Fäden der Oscillarie *Glaucothrix gracillinia* positiv phototaktisch. Auch *Navicula brevis*, eine Diatomee, sammelt sich nach den Angaben desselben Forschers an der Lichtseite des Tropfens an. Hierbei stellte er auch die bereits früher durch Cohn, Strasburger, Borodin u. a. bekannt gewordene Thatsache fest, dass die stärker brechbaren Strahlen d. h. die blauen, indigo-farbigen und violetten in höherem Grade die Bewegungsrichtung beeinflussen, als die schwächer brechbaren d. h. die roten, gelben und grünen. Der Unterschied kann so groß sein, dass sich manche Organismen in Licht, welches eine Lösung von Kupferoxydammoniak durch-

1) Ich werde mich bei der Darstellung der phototaktischen und heliotropischen Erscheinungen an die Auffassung anlehnen, welche von den meisten Forschern vertreten wird, und die neue Ansicht von Oltmanns [48] außer Acht lassen, da mir dieselbe weiterer Aufklärung zu bedürfen scheint. Ebenso werde ich nicht auf die Unterscheidung von phototaktischen und unterschieds-empfindlichen Tieren eingehen, welche Loeb [37] neuerdings eingeführt hat.

drungen hat, genau so verhalten, wie bei gewöhnlichen Tageslicht, während Licht, welches durch eine Lösung von doppeltchromsaurem Kali gegangen ist, wie Dunkelheit wirkt¹⁾. Es können selbstverständlich nicht alle Fälle von positiver Phototaxis angeführt werden, erwähnen müssen wir jedoch, dass diese Erscheinung auch bei höheren Tieren nachgewiesen worden ist. In auffälliger Weise ist z. B. *Hydra viridis* positiv phototaktisch. Schon Trembley beobachtete dies in einem Gefäß, welches er in ein Mufffutorial gestellt hatte, das nur an einer Seite ein Loch aufwies. Wurde dieses Futeral mit der Oeffnung nach dem Fenster zugekehrt, so sammelten sich die grünen Polypen an der Seite des Glases an, welche sich der Oeffnung gegenüber befand. Mit den phototaktischen Erscheinungen bei Insekten hat sich in neuerer Zeit in ausgedehnter Weise Loeb [33] beschäftigt. Nach seinen Untersuchungen erwiesen sich z. B. die Raupen von *Porthesia chrysoorrhoea*, die Blattläuse und die geschlechtsreifen Ameisen positiv phototaktisch. Der stärker brechbare Teil des Spektrums war auch hier wirksamer als der schwächer brechbare. Die Tiere verhielten sich also auch in dieser Hinsicht ganz so wie die oben erwähnten einzelligen Organismen.

Als wir oben von der positiven Phototaxis der Flagellaten und Schwärmsporen sprachen, war es immer nur schwächeres Licht, welches die Bewegung zur Lichtquelle hin bewirkte. Lässt man aber auf die Stelle des Tropfens, an welcher sich die Algen angesammelt haben, direktes Sonnenlicht fallen, so kehren die Schwärmer um, und begeben sich jetzt nach dem nicht beleuchteten Teile des Tropfens. Durch Steigerung der Lichtintensität sind also dieselben Organismen, welche vorher positiv phototaktisch waren, negativ phototaktisch geworden (Strasburger). Dieselbe „Stimmung“ auf eine bestimmte Lichtintensität, die positive Phototaxis im Gefolge hat und nach oben nicht überschritten werden darf, falls nicht die entgegengesetzte Richtungsbewegung ausgelöst werden soll, zeigen nach Stahl [63] auch die Desmidiaceen und Diatomeen. Negativ phototaktisch zeigen sich selbst für gewöhnliches Tageslicht die Plasmodien von *Aethalium septicum* vor ihrer Reife. Plasmodien, welche im Dunklen an die Oberfläche der Lohe gekrochen sind, kriechen bei Beleuchtung wieder in das Substrat hinein. Dasselbe Verhalten zeigen die Plasmodien, welche auf eine nasse Glasplatte gekrochen sind; wird nämlich eine Stelle

1) Die Beobachtungen von Engelmann [16], welche dieser Regel scheinbar widersprechen, erklären sich daraus, dass es sich hierbei um gar keine direkte Lichtwirkung handelt. Die untersuchten Tiere (*Navicula* und chlorophyllhaltige Ciliaten [*Stentor viridis*, *Bursaria* etc.]) sammelten sich nämlich bei Sauerstoffmangel in demjenigen Teil des Spektrums an, in welchem die Chlorophyllkörner und parasitären Algen, die sie enthielten, am meisten Sauerstoff produzierten.

der letzteren beleuchtet, so kriechen sie an die dunkleren Stellen derselben (Stahl und Baranetzky).

Unter den Diatomeen hat Verworn [68] eine typisch negativ phototaktische Form entdeckt; es ist dies eine nicht näher bestimmte *Stauronöis*-Art. Dieselbe zeigte sich auch im Halbdunkel negativ phototaktisch.

Bei höheren Tieren beobachtete Loe b [33] negative Phototaxis bei den Larven des Mehlkäfers (*Tenebrio molitor*) und bei den Muscidenlarven. Letztere sind noch besonders aus dem Grunde interessant, dass sie keine Augen besitzen und trotzdem auf Lichtreize reagieren. Es ist Graber [19] gewesen, welcher diese wichtige Thatsache zuerst am Regenwurm und an geblendeten Tritonen und Periplaneten festgestellt hat.

β) Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Wachstumsrichtung. Heliotropismus.

Der Einfluss einseitiger Beleuchtung auf die Wachstumsrichtung pflanzlicher Organe ist so augenfällig, dass es nicht nötig ist, ausführlich darauf einzugehen; kann ja jeder täglich im Zimmer an den Pflanzen des Blumentisches die betreffenden Erscheinungen beobachten.

Am exaktesten lässt sich der richtende Einfluss des Lichtes auf die von Sachs [60] angegebene Weise demonstrieren. Wir bringen einen Topf mit jungen Keimpflanzen der Bohne in einen lichtdichten Kasten, welcher nur an einer Seite durch ein Loch beleuchtet wird. Auf letzteres ist nach außen ein Rohr aufgesetzt, das vorn von einer mit einem Spalte versehenen Platte verschlossen ist.

Oeffnet man nach einigen Stunden den Kasten wieder, so wird sich zeigen, dass sich die Sprosse sämtlicher Keimlinge in der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen nach der Oeffnung hingekrümmt haben. Sie haben sich also als positiv heliotropisch erwiesen. Als Grund für diese Krümmung wird gewöhnlich angegeben, dass die vom Lichte abgewandte Seite stärker gewachsen ist als die demselben zugekehrte. Dies ist jedoch nach den neuesten Untersuchungen von Kohl [31] ungenau, wie wir später sehen werden.

Aendern wir nunmehr den Versuch dahin ab, dass wir vor die Oeffnung des Rohres eine parallelwandige Glasflasche mit einer Lösung von Kupferoxydammoniak bringen, so wird sich zeigen, dass sich die Sprosse ebenso verhalten wie bei gewöhnlichem Lichte. Stellen wir dagegen eine Flasche mit einer Lösung von doppelchromsaurem Kali, welche nur die roten, gelben und einen Teil der grünen Strahlen durchlässt, vor die Oeffnung, so reagieren die Keimstengel in keiner Weise: sie wachsen in derselben Richtung weiter wie vorher. Dasselbe tritt ein, wenn wir schließlich noch eine 3. Flasche mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin, welche sämtliche ultraviolette Strahlen absorbiert, vor die Oeffnung bringen. Das Resultat unsrer 3 Versuche ist also

dieses, dass hauptsächlich die sichtbaren blauen und violetten Strahlen eine Aenderung der Richtung wachsender Pflanzenorgane herbeiführen.

Stellen wir nunmehr Keimpflanzen von *Sinapis alba*, welche sich in einem Glasgefäß mit Nährlösung befinden, in den dunklen Kasten, so werden wir nach einiger Zeit bemerken, dass sich die Wurzeln von der Lichtöffnung weggekrümmt haben und in Richtung der Strahlen nach der entgegengesetzten Wand der Dunkelkammer gewachsen sind. Die Keimwurzeln der jungen Senfpflanzen haben also im Gegensatz zu den Sprossachsen, welche sich auch hier der Lichtquelle zugewendet haben, eine negativ heliotropische Krümmung ausgeführt.

Neben den beiden, bis jetzt erwähnten Arten von Heliotropismus gibt es nun aber noch eine dritte, welche von Frank [18] als Transversal-, von Darwin [4] als Diaheliotropismus bezeichnet worden ist. Derselbe offenbart sich z. B. an bilateralen Laubblättern, welche immer so orientiert sind, dass die Lichtstrahlen annähernd senkrecht auf die Blattoberfläche fallen. Auch der Thallus vieler Lebermoose hat das Bestreben, seine Oberfläche senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen zu stellen. An einfach angestellten Experimenten kann man sich leicht vor der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen.

Bei festsitzenden Tieren wurde eine Aenderung der Wachstumsrichtung durch einseitig einfallende Lichtstrahlen zuerst von Driesch [8] beobachtet. Derselbe stellte Stücke von *Sertularella polyzonias* L. in verschiedener Lage in ein Aquarium, von dessen Glaswänden 3 mit schwarzem Papier verklebt waren. Das Licht fiel nur durch die eine der beiden schmalen Glasscheiben, welche dem Zimmerfenster zugewandt war, in das Aquarium ein.

Driesch machte nun zunächst an den so aufgestellten Stücken die merkwürdige Beobachtung, dass dieselben an Stelle von Polypen Stolonen produzierten; und diese Stolonen erster Ordnung erwiesen sich sämtliche in ausgesprochener Weise negativ heliotropisch. Die von diesen erzeugten Tochterstolonen, die Stolonen zweiter Ordnung, wuchsen dagegen stets dem Lichte entgegen, sie wurden also zunächst positiv heliotropisch. Dieser positive Heliotropismus verwandelte sich jedoch ebenfalls in negativen, nachdem sich vom Stolo ein Tochterstolo dritter Ordnung abgezweigt hatte.

Während bei Driesch durch geeignete Stellungen ein Einfluss der Schwerkraft auf die Wachstumsrichtung der Stolonen ausgeschlossen wurde, sind die von Loeb [34] an *Serpula uncinata* und einer nicht näher bestimmten *Sertularia*-Art beobachteten heliotropischen Aenderungen der Wachstumsrichtung¹⁾ nicht einwandfrei.

1) *Spirographis* wendet sich nach Loeb in auffälliger Weise der Lichtquelle zu. Wir haben es hier jedoch nur mit einer heliotropischen Krümmungsbewegung und nicht mit einer Aenderung der Wachstumsrichtung zu thun.

Loeb legte einen Block, der ausschließlich aus parallelen Wurm-
röhren bestand, so auf den Boden eines von oben beleuchteten Aqua-
riums, dass die Längsaxen der Röhren horizontal lagen. „Nach 6 Wochen
war der Block mit aufwärts gekrümmten Röhren übersät, während
nicht eine einzige Röhre in der ursprünglichen Richtung weiter ge-
wachsen war“. Die Würmer waren also allerdings in der Richtung
der Lichtstrahlen der Lichtquelle zugewachsen, da aber die Strahlen-
richtung zugleich mit der Richtung der Schwerkraft zusammenfiel, so
ist der Versuch nicht beweisend.

Ebenso steht es mit den Versuchen an *Sertularia*. Die Stöcke
waren nahe an ihrem unteren Ende abgesehritten und verkehrt in den
Sand gesteckt worden. Das Licht fiel schräg von oben ein. An dem
nach oben gekehrten Schnitende wuchs nach einiger Zeit ein Stolo
und ein Polypensymphodium — von Loeb kurz „Spross“ genannt —
hervor. Letzteres wuchs schräg nach oben nach dem Fenster hin,
während sich der Stolo schräg nach unten richtete. Da in diesem
Falle die Richtung der Lichtstrahlen wieder annähernd mit der Rich-
tung der Schwerkraft übereinstimmte, so ist auch hier wenigstens ein
Mitwirken der letzteren nicht ausgeschlossen, was übrigens Loeb
selbst erwähnt.

b) Ueber die Wirkung der Schwerkraft.

a) Auf das Wandern freibeweglicher Organismen. Geotaxis.

In gleicher Weise wie die Lichtstrahlen wirkt auch die Schwerk-
kraft richtend auf die Bewegung der Organismen. Fr. Schwarz [62]
war der erste, welcher an den Flagellaten *Euglena* und *Chlamydomonas*
geotaktische Erscheinungen konstatieren konnte und zwar erwiesen
sich die betreffenden Algen negativ geotaktisch d. h. sie bewegten
sich in der Richtung der Schwerkraft von dem Erdmittelpunkte weg.
Aderhold [1] wies darauf zwar nach, dass die Versuche von Schwarz
nicht durchweg einwandfrei waren, konnte aber trotzdem seine An-
gaben bestätigen. Außerdem konnte er auch bei *Haematococcus lacustris*
und den Schwärmosporen von *Ulothrix tenuis* Kg. — hier zwar in
weniger ausgeprägter Weise — negative Geotaxis nachweisen.

In neuerer Zeit hat sich Jensen [27] eingehend mit der Geotaxis
niederer Organismen beschäftigt und bei *Paramaecium aurelia*, *P. bur-*
saria und *Urostyla grandis* ausgesprochenen negativen Geotropismus
nachgewiesen. Er legte ein Hauptgewicht auf die Untersuchung der
Frage, ob das Aufwärtskehren des Vorderendes und das Abwärts-
wenden des Hinterendes und damit die Bewegungsrichtung bei den
gen. Organismen vielleicht einfach dadurch verursacht werde, dass
sich der Schwerpunkt in der Nähe des hinteren Endes befinde. An
konservierten Exemplaren, die durch das Konservationsmittel keine
Formveränderung erfahren hatten, konnte er feststellen, dass dies

nicht der Fall ist; so fielen z. B. die konservierten Euglenen stets mit dem cilientragenden Ende voran nach unten; also gerade entgegengesetzt als sie nach der oben aufgestellten Vermutung fallen sollten.

Das Phänomen des neg. Geotropismus selbst stellt sich Jensen¹⁾ jedoch nicht als unmittelbare Reizwirkung der Schwerkraft vor, sondern er sucht die Ansicht plausibel zu machen, dass sich die sog. negativ-geotaktischen Organismen „von Orten höheren hydrostatischen Druckes nach solchen von geringerem begeben“, während bei der positiven Geotaxis die Bewegung von Orten geringeren nach solchen von höherem Druck gerichtet sein soll. Seine Beweise haben mich jedoch von der Richtigkeit dieser Annahme nicht überzeugen können; wenn auch ihre Wahrscheinlichkeit nicht zu bestreiten ist.

Ueber geotaktische Erscheinungen bei höheren Tieren berichtet Loeb [35]. So erweisen sich z. B. nach ihm die Schmetterlinge, welche eben der Puppenhülle entschlüpft sind, in deutlicher Weise negativ geotaktisch. „Das Tier ist so lange unruhig und ist gezwungen, so lange umherzulaufen, bis es an eine vertikale Wand gelangt, an der es die Längsaxe seines Körpers in die Richtung der Vertikalen mit dem Kopfe nach oben stellen kann“ (S. 53). Einige Zeit nach dem Ausschlüpfen soll jedoch diese Reizbarkeit durch die Schwerkraft schwinden.

Auch Raupen (z. B. *Bombyx neustria*), kleine Käfer (Coccinellen), die Küchenschaben, Cucumarien und *Asterina gibbosa* sollen negativ geotaktisch sein.

β) Ueber die Abhängigkeit der Wachstumsrichtung von der Wirkung der Schwerkraft. Geotropismus.

Besser bekannt als die geotaktischen Bewegungen der Organismen sind — wenigstens im Pflanzenreiche — die Erscheinungen des Geotropismus, welcher neben der Wirkung des Lichtes einen großen Einfluss auf die äußere Gestalt der Pflanzen ausübt.

Legen wir eine Keimpflanze einer Bohne auf feuchte Erde in einem dunklen dampfgesättigten Raum, so sieht man nach einiger Zeit, wie die Hauptwurzel nicht weit von ihrer Spitze eine Krümmung erfährt und sich senkrecht in die Erde einzubohren beginnt. Hätten wir an Stelle des Bohnenkeimlings irgend welche andere Keimpflanzen verwendet, so würden sich die Hauptwurzeln überall positiv geotropisch gezeigt haben.

1) Jensen redet von einer „mystischen“ Wirkung der Schwerkraft, zu der man bei Verwerfung seiner Ansicht seine Zuflucht nehmen müsse. Hätte er Noll's Arbeit [46] gekannt, so würde er sich vielleicht überzeugt haben, dass man an dem Beispiel einer Maschine sehr wohl die positive und negative Geotaxis würde plausibel machen können.

Einen ausgesprochenen positiven Geotropismus besitzen ferner die Luftwurzeln tropischer Aroideen (Philodendron) und die Säulenwurzeln der indischen Feigenbäume, welche anfangs seilartig wie Luftwurzeln von den Seitenästen der Bäume herabhängen, später aber eine beträchtliche Dicke erreichen. Befestigt man eine von diesen strickartigen Säulenwurzeln in horizontaler Lage, so bemerkt man in feuchten Klimaten bereits am anderen Tage, dass die Spitze ihre ursprüngliche Wachstumsrichtung senkrecht nach unten wieder eingeschlagen hat.

An unsrer Keimpflanze, welche wir oben zum Ausschluss heliotropischer Krümmungen in einen dunklen Raum gelegt hatten, sieht man außerdem, wie sich im Gegensatz zur Wurzel der Stengel so lange nach aufwärts krümmt, bis er seine ursprüngliche senkrechte Stellung wieder erlangt hat.

Während also die Hauptwurzeln der Pflanzen positiv geotropisch sind, weisen die aufrecht wachsenden Hauptsprosse negativen Geotropismus auf.

Sollte jemand durch den bloßen Ausschluss anderer richtender Kräfte noch nicht überzeugt sein, dass die senkrechte Aufwärts- und Abwärtskrümmung der Hauptsprosse und -Wurzeln durch den Reiz der Schwerkraft veranlasst wird, so mag er eine Keimpflanze an der horizontalen Axe eines sich langsam drehenden Klinostaten in beliebiger Orientierung befestigen und er wird sehen, dass Spross und Wurzel in der erhaltenen Richtung weiter wachsen. Da durch die fortwährende Drehung immer andere Pflanzenteile der Wirkung der Schwerkraft ausgesetzt werden, und zu dem Zustandekommen der Krümmungen stets einige Zeit erforderlich ist, so kann keine Krümmung der Wachstumsrichtung durch die Schwere ausgelöst werden.

Neben den positiv und negativ geotropischen Organen gibt es aber auch noch solche, welche mit der Richtung der Schwerkraft einen annähernd konstanten Winkel bilden, den sie immer wieder zu bilden suchen, wenn sie durch einen künstlichen Eingriff in eine abnorme Lage gebracht werden. Man nennt derartige Organe dia- oder transversalgeotropische. Ein ausgezeichnetes Beispiel hierfür sind nach Sachs die Nebenwurzeln erster Ordnung von *Vicia faba*. Drehte derselbe den Kasten, in welchem die Keimpflanze wuchs, so um, dass die Spitze der Hauptwurzel nach oben gekehrt war, so krümmte sich dieselbe an ihrer Spitze vertikal abwärts, während die Nebenwurzeln schief nach unten weiter wuchsen und zwar so, dass sie mit der Richtung der Schwerkraft ungefähr denselben Winkel bildeten, den sie vor der Umkehrung gebildet hatten.

Transversalgeotropisch sind ferner die horizontal in der Erde hinkriechenden Rhizome, z. B. die von *Heleocharis palustris*, *Sparganium ramosum* und *Scirpus maritimus*. Bringt man ein Rhizom dieser Pflanzen

bei Lichtabschluss in eine abnorme Lage, so krümmen sie sich so lange, bis die horizontale Lage wieder hergestellt ist (Elfving [12]).

Von oberirdischen Organen sind die Seitenäste der vertikalen Coniferenstämme diageotropisch. Auch sie krümmen sich in ihre gewöhnliche Lage zurück, wenn man sie in eine abnorme Stellung bringt. Unter den Laubbäumen sind ebenfalls diageotropische Seitensprosse verbreitet; hier sei nur an die Seitenäste erster Ordnung des weißen Baumwollenbaumes (white cotton-tree), *Eriodendron attractuosum*, dessen senkrecht vom vertikalen Hauptstamm abstehende, ziemlich weit von einander entfernte Aeste dem Baum einen eigenartigen Habitus verleihen. Von den Kryptogamen seien nur die von Sachs [60] erwähnten Hüte der Hymenomyeeten wegen ihres ausgesprochenen Transversalgeotropismus erwähnt.

Bei festsitzenden Tieren ist der Einfluss der Schwerkraft auf die Wachstumsrichtung von Loeb und Driesch nachgewiesen worden. Ersterer [36, II] wies nämlich in überzeugender Weise nach, dass der Hauptstamm von *Antennularia antennina* negativ, die Stolonen dagegen positiv geotropisch sind. Driesch [9] machte seine Beobachtungen an einer höchst spärlich verästelten, bei Nisida (Golf von Neapel) gefischten, namenlosen *Sertularella*-Form. Dieselbe produzierte gleich der von Driesch in Plymouth untersuchten *Sertularella polyzonias*¹⁾ im Aquarium an Stelle von Polypen Stolonen, von denen sich diejenigen erster Ordnung inbezug auf Licht und Schwerkraft richtungslos verhielten — wenn sich schon im Laufe des Wachsens meist eine Tendenz zu horizontaler Lage geltend machte —, während sämtliche Tochterstolonen an der nach oben gewandten Seite der Primärstolonen entstanden und einen typischen negativen Geotropismus aufwiesen. „Durch wiederholtes Umlegen des Stockes können die Stolonen zu Wendungen veranlasst werden, die sich, da stets nur ein kleiner Bezirk wächst und nur dieser geotropisch ist, dauernd fixieren“.

(Fortsetzung folgt.)

Die Formenphilosophie von Hans Driesch und das Wesen des Organismus.

Von **Wilhelm Haacke.**

(Fortsetzung statt Schluss.)

Nachdem Driesch sich bemüht hat, nachzuweisen, dass das Formenproblem nicht isoliert dastehe, fragt er: „Wie kommt es aber, dass Physik und biologische Morphologie bei dieser Uebereinstimmung doch gar so verschieden in ihrem Wesen sind? In der Physik ist das Naturgesetz mühsam zu ermitteln, gestattet dann aber Deduktionen

1) Die Stolonen dieser Form zeigten sich im Gegensatz zur Neapler Art ausgesprochen heliotropisch. Siehe oben S. 662.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Herbst Curt

Artikel/Article: [Ueber die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung von Vorgängen in der tierischen Ontogenese. I. 657-666](#)