

war ebenso groß wie seine Uneigennützigkeit; und die Wissenschaft liebte er um ihrer selbst willen.

Wir können auch unbedenklich auf ihn anwenden, was Renan von Claude Bernard gesagt hat: „Den großen Männern aller Zeiten können wir ruhig die wissenschaftlichen Charaktere anreihen, die einzig und allein auf die Erforschung der Wahrheit hinarbeiten, die dem Geschieke gleichgiltig gegenüberstehen, oft noch stolz sind auf ihre Armut, und über Ehren, die man ihnen bietet, lächeln, die auch gegen Lob wie gegen Schmähung gleichgiltig und sich des Wertes dessen bewusst sind, was sie thun, und dabei glücklich sind, denn sie haben die Wahrheit. Hohe Freude gewährt sicherlich ein fester Glaube an die Gottheit; doch die innere Zufriedenheit des Gelehrten kommt ihr gleich; denn er fühlt es, dass er an einem Werke für die Ewigkeit arbeitet, dass er mit in der Phalanx derer steht, von denen man sagen kann: „Opera eorum sequuntur illos“.

Im Auslande verehrte man in ihm einen der größten Meister der Physiologie. Die englischen und amerikanischen Blätter beklagten bei seinem Tode den unersetzbaren Verlust. In Italien schrieb vor Kurzem Professor A. Mosso (*Illustrazione italiana*, Nr. 19, 1894): „Die große Sympathie, die alle Länder für Brown-Séquard hegten, gab sich auf dem internationalen Kongress in Rom kund, als Professor Bouchard unter Thränen der physiologischen Sektion das Telegramm vorlas, das den Tod des großen Gelehrten meldete. Die Versammlung erhob sich voller ehrfurchtsvollem Schmerz und beschloss auf die Aufforderung des Präsidenten hin, an die Académie des sciences in Paris ein Beileidstelegramm zu senden. . . Die Feierlichkeit dieser von den in Rom vereinten Physiologen ganz von selbst dargebrachten Ehrenbezeugung und der Ausdruck der Trauer durch so viele Aerzte<sup>1)</sup>. . . wirken um so ergreifender, als am selben Tage in Paris in ganz einfacher Weise Brown-Séquard zu Grabe getragen wurde“.

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

Von Curt Herbst.

(Schluss.)

### C. Ueber einige vermutliche Tropismen in der Ontogenese.

a) In seinem Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte [24] erwähnt O. Hertwig, dass Hensen im Gegensatz zu der Mehrzahl der anderen Forscher die Ansicht vertritt, „dass die Nerven niemals ihrem Ende zuwachsen, sondern stets mit demselben verbunden sind“. Hensen wurde zu dieser Anschauung einmal durch Beobachtungen

1) Eine ganz ähnliche Demonstration fand nämlich in der Sektion für innere Medizin statt.

geführt, nach denen die Nerven aus Protoplasmafäden zu entstehen schienen, welche bei der Entfernung der ursprünglich einander genäherten Gewebe ausgezogen werden; sodann waren es aber besonders physiologische Bedenken, welche ihm ein Auswachsen der Nervenfasern von den Ganglienzellen der Zentralorgane aus für unwahrscheinlich erscheinen ließen. Er konnte sich nämlich nicht vorstellen, wie die verschiedenen Nerven die richtigen Endorgane erreichen können, wie es z. B. möglich sei, „dass stets die vordere Wurzel an Muskeln, die hintere an nicht muskulöse Organe gehe, dass keine Verwechslung eintrete zwischen den Nerven der Iris und denen der Augenmuskeln, zwischen den Aesten des Quintus und Acusticus oder Facialis u. s. w.“<sup>1)</sup>.

O. Hertwig [24] hält die Beseitigung dieser Bedenken für so schwierig, dass er noch in der neuesten Auflage seiner Entwicklungsgeschichte von der Richtigkeit der neueren Untersuchungen nicht recht überzeugt ist und eher der früheren Ansicht von Dohrn, Wijhe und Beard zuneigt, nach denen die Nervenfasern aus reihenweise aneinander gelagerten Zellen, von denen jede ein Stück Axenzylinder, ein Stück Markscheide und einen Teil der Schwann'schen Scheide liefert, ihre Entstehung nehmen sollten [vergl. 24 S. 413].

Trotz alledem steht nun aber die Thatsache fest, dass bei den Wirbeltieren die Nervenfasern weiter nichts als lang ausgewachsene Axenzylinder von Ganglienzellen sind, und dass demnach die Nervenstränge als Bündel solcher nackter Axenfasern, zwischen welche sich erst später Mesenchymzellen zur Bildung der Schwann'schen Scheiden eindrängen, mit freiem Ende aus den Zentralorganen hervorstrecken, um sekundär mit ihren Endorganen in Zusammenhang zu treten. Es tritt also nunmehr an uns die Frage heran, auf welche Weise sich die oben erwähnten Bedenken Hensen's beseitigen lassen.

Nur zwei Wege scheinen mir hier zum Ziele führen zu können. Erstens nämlich wäre es denkbar, dass die Zwischenräume zwischen den bereits bestehenden Organen derartig angeordnet sind, dass die Nervenfasern ohne weiteres, wenn sie den Bahnen geringsten Widerstandes folgen, zu den richtigen Endorganen geleitet werden müssen. Obgleich nun sicherlich die Verteilung der Organe von Einfluss auf die Wachstumsrichtung der Nerven sein muss, so steht auf der anderen Seite aber auch fest, dass die Bahnen geringsten Widerstandes unmöglich allein für die Verteilung der Nervenfasern maßgebend sein können. Dies ist ohne weiteres klar, wenn man das Lückensystem irgend eines Embryo auf Querschnitten betrachtet und wenn man das Typische und Gesetzmäßige der Nervenverteilung in Erwägung zieht.

1) Ich zitiere hier nach Hertwig, da mir die Arbeit Hensen's nicht bekannt ist, in welcher sich diese Sätze wörtlich vorfinden. Implicit sind sie dagegen bereits in der alten Arbeit von 1868 „Ueber die Nerven im Schwanz der Froschlarven“ enthalten.

So bleibt meiner Ansicht nach keine andere Erklärung übrig, als das Auswachsen der Nervenfasern nach den richtigen Endorganen auf einen Richtungsreiz zurückzuführen, welcher von letzteren auf erstere ausgeübt wird.

Ein experimenteller Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese lässt sich zur Zeit nicht geben, doch kann man sie — von den vorstehenden Erörterungen abgesehen — noch auf eine andere Art und Weise wahrscheinlich machen. Ich meine hiermit den Beweis der Zweckmäßigkeit, welcher sich also fassen lässt: Es ist Thatsache, dass die Zweckmäßigkeit ein Hauptcharakteristikum der organischen Formen und ihrer individuellen Entwicklungsgeschichte ist<sup>1)</sup>. Da nun offenbar das Zustandekommen der richtigen Nervenverbindungen durch spezifische Richtungsreize, welche von den Endapparaten ausgehen, und für welche die einzelnen Nerven abgestimmt sind, weit gesicherter ist als auf irgend eine andere Weise, so ist es wahrscheinlich, dass wir mit unsrer Hypothese das richtige getroffen haben. Es ist klar, dass auch dieses nur ein Wahrscheinlichkeitsbeweis ist, da die Einrichtungen in der organischen Welt uns zwar in der Regel, aber nicht immer zweckmäßig erscheinen.

In seinen Vorlesungen über Pflanzenphysiologie sagt einmal Sachs [60] mit Recht, dass die äußere Gestalt einer Pflanze aus der verschiedenen Reizbarkeit ihrer Organe entspringt; durch unsre vorstehenden Erörterungen sind wir nunmehr dazu gelangt, in ähnlicher Weise auch die Verzweigung der Nerven eines Tieres durch die verschiedene Reizbarkeit der Nervenfasern zu erklären. Der Grund für das Auswachsen der vorderen Wurzeln an Muskeln und der hinteren an nicht muskulöse Organe würde demnach in einer verschiedenen Reizbarkeit der betreffenden Nervenfasern zu suchen sein. Begeben sich bestimmte Nervenzweige zu den Muskeln des Augapfels, während andere die Iris innervieren, so erklärt sich dies meiner Meinung nach daraus, dass die Nervenfasern im ersteren Falle für einen Reiz, welcher von den betreffenden Muskeln ausgeht, abgestimmt sind, während sie im zweiten Falle in ihrer Wachstumsrichtung von einem von der Iris ausgehenden Reiz beeinflusst werden. Lässt sich zur Zeit auch nichts bestimmtes über die Natur dieser Reize aussagen, so dürften durch unsre Hypothese die Bedenken Hensen's doch wenigstens im Prinzip beseitigt sein.

Auch die Hertwig'schen Fragen, warum die Nerven nicht immer direkt zu ihrem Ziele gelangen, sondern oft viele Umwege machen und komplizierte und verschiedenartige Plexusbildungen eingehen, sind mittels unsrer Hypothese sehr wohl verständlich. Es ist nicht ausgeschlossen, dass wir es in solchen Fällen bisweilen mit einer Veränderung der Reizbarkeit der Nervenfasern mit zunehmender Ent-

1) Vergl. hierzu Driesch [10 S. 52 u. 11].

fernung von den Ganglienzellen zu thun haben<sup>1)</sup>); doch dürften auch derartige Vorkommnisse, an welche Hertwig gedacht zu haben scheint, durch nachträgliche Verschiebung bereits gebildeter Organe im weiteren Verlauf der Ontogenese zu stande kommen.

Wir haben bis jetzt nur von der Abhängigkeit der Verzweigung der peripheren Nerven von Richtungsreizen gesprochen, ich glaube jedoch, dass auch bei der Wachstumsrichtung der Nervenstränge innerhalb der Zentralorgane derartige Reize eine Rolle spielen. Es ist zwar bekannt, dass die Bahnen dieser Faserzüge sicher von der Anordnung der Zwischenräume in der Neuroglia mit abhängig sind [His 26 S. 50], aber es scheint mir höchst zweifelhaft, ob diese Vorrichtung zur Herstellung der richtigen Verbindungen allein genügt. Deshalb dürften vielleicht auch hier Richtungsreize unterstützend eingreifen.

Wenn somit sowohl die Verteilung der peripheren Nerven und ihrer feinsten Endigungen als auch zum Teil der Faserverlauf in den Zentralorganen von bestimmten Richtungsreizen abhängig wäre, auf welche die verschiedenen Nervenausläufer abgestimmt zu denken sind, so ist klar, dass bei der großen Zahl von Endigungen auch sehr viele differente Reizursachen vorhanden sein müssen, da ja sonst nicht einzusehen wäre, weshalb nicht mehrere Nerven an einem Punkte enden. Diese Differenz der Reizursachen oder der Anlockungsmittel — wie wir auch sagen können — braucht nun aber nicht immer eine qualitative zu sein, sondern kann in manchen Fällen auch nur in der Reizstärke bestehen. So wäre es z. B. möglich, dass sämtlichen Muskeln zwar dasselbe Reizmittel zukommt, dass dieses aber in den einzelnen Muskeln oder gar in den einzelnen Fasern derselben eine verschiedene Stärke besitzt, so dass nur solche Nerven angelockt werden können, deren Reizschwelle mit der betreffenden Stärke übereinstimmt. Die Zahl der Reizursachen kann auch noch dadurch verringert werden, dass die einzelnen Nervenfasern auf dieselbe Ursache in differenter Weise reagieren d. h. sich positiv, negativ oder gar diatropisch erweisen können.

Als ein Beispiel hierfür könnte man z. B. die beiden Fortsätze der Nervenzellen in den Spinalganglien anführen, da das zentrifugale Wachstum des einen und das zentripetale des anderen sehr wohl von

1) Wir haben im ersten Teil eine ganze Anzahl von Fällen aufgeführt, in denen es sich um die Veränderung der Reizstimmung mit fortgeschrittenem Alter etc. handelt. Es sei hierzu bemerkt, dass überhaupt dem Leser das typische Auswachsen der Nerven umsoweniger rätselhaft erscheinen wird, je mehr es sich mit den Richtungsbewegungen wachsender Organe beschäftigt hat. Dies ist auch der Grund gewesen, weshalb ich den ersten Teil so ausführlich behandelt habe. Eine genaue Lektüre desselben dürfte den zweiten weit verständlicher machen und manche hypothetische Äußerung in ihm für berechtigter als sonst erscheinen lassen.

derselben Reizursache ausgelöst werden könnte. Der zentripetale Fortsatz teilt sich bekanntlich im Rückenmark in zwei sekundäre Aeste, von denen der eine nach vorn, der andere nach hinten verläuft. Auch hier wäre es möglich, dass die entgegengesetzt gerichteten Bahnen dieser Nervenfasern von einer und derselben Reizursache bestimmt werden. Man ersieht aus diesen Beispielen zugleich, dass die Zahl der Reizursachen nicht dieselbe Größe wie die der verschiedenen Wachstumsrichtungen der Nervenfasern zu haben braucht, was übrigens dem Leser des ersten Teiles selbstverständlich sein wird.

Interessant ist, dass den Endorganen nach vollendeter Entwicklung das Vermögen abzugehen scheint, die für sie bestimmten Nerven anzulocken, resp. dass die letzteren die Fähigkeit verloren haben, auf die Richtungsreize der ersteren zu reagieren. Wird nämlich ein Nerv durchschnitten, so wachsen die neuen Axenzylinder aus dem zentralen Stumpf in die alten Röhren des peripheren Stückes hinein und gelangen auf diese Weise nach längerer Zeit zu den Endorganen. Sind dagegen die beiden Schnittflächen weiter von einander entfernt, so verlieren sich die neuen Nervenfasern im umgebenden Gewebe oder gelangen gar an andere Endorgane. Werden die beiden Enden des durchschnittenen Nerven mittels Seidenfäden verbunden, so gelangen die auswachsenden Axenfasern an den richtigen Bestimmungsort, und der Nerv wird vollständig regeneriert [v. Notthafft 47]. Die Nervenfasern benutzen also in diesem Falle die Seidenfäden als Brücke von einem Ende zum anderen und scheinen deshalb Kontaktreizbarkeit zu besitzen. Sollte sich dieses als richtig herausstellen, so würde ich trotzdem den Thigmotropismus zur Erklärung der gesetzmäßigen Verteilung der Nerven nicht für genügend halten. Hierbei müssen offenbar noch andere Tropismen unbekannter Natur beteiligt sein. —

Diese allgemeinen Erörterungen über den Anteil von Richtungsreizen an der Ausbreitung der Nerven mögen zur Zeit genügen. Die genaue Erforschung der Natur dieser Reize bleibt der Zukunft überlassen. Es ist dies eine unendlich schwierige, aber hoffentlich nicht unlösbare Aufgabe. Das Beste, was wir bis jetzt mittels unsrer Hypothese gewonnen haben, scheint mir darin zu bestehen, dass wir das Vorhandensein von Wirkungsweisen, wie sie in der Pflanzenphysiologie seit langem bekannt sind, auch in der tierischen Ontogenese wahrscheinlich gemacht haben. Indem wir zeigten, dass die Richtung auswachsender Nervenfasern ebenso wie die wachsender pflanzlicher Organe möglicherweise von bestimmten Reizen abhängig ist, haben wir also zwei differente Erscheinungsreihen unter einen Hut gebracht.

Ein Teil des Rätselhaften, welches notgedrungen das Auswachsen der Nerven nach dem jetzigen Stand unsrer Kenntnisse an sich tragen

musste, und welches Hensen sehr richtig gefühlt hat, wäre also durch unsre Hypothese beseitigt. Ein anderer bleibt jedoch bestehen und lässt sich in den Fragen ausdrücken: Warum besitzen die verschiedenen Nervenfasern eine spezifische Reizbarkeit und warum üben die Endorgane spezifische Reize und gerade die aus, auf welche die ihnen zugehörigen Nerven abgestimmt sind?

An Stelle des Rätsels, welches sich bisher in dem regelmäßigen Auswachsen der Nerven äußerte, erscheint uns also nunmehr das neue in Gestalt der Frage nach der Ursache der gesetzmäßigen Verteilung von bestimmter Reizbarkeit und bestimmter Reizursache. Dürfen wir hoffen, dereinst auch diese Frage zu lösen oder stoßen wir hier schließlich auf eine Schranke? Im 3. Teil unsrer Untersuchungen wollen wir eine Antwort hierauf geben, wobei wir namentlich wieder die beiden Arbeiten von Driesch [10 u. 11] zu berücksichtigen haben werden.

b) Einige Tropismen in der Entwicklungsgeschichte der Süßwasserturbellarien.

1) Es dürfte bekannt sein, dass die einzelligen Drüsen der Süßwasserturbellarien aus Parenchymzellen ihre Entstehung nehmen und oft mit ziemlich langen Ausführungsgängen an ihren Bestimmungsorten ausmünden. Die Verteilung der sog. Schleimdrüsen ist bei den Planarien eine ziemlich scharf umschriebene, insofern die größte Mehrzahl derselben am unteren Körperende und am Kopfende ihr Sekret nach außen ergießen. Andere Gruppen von Drüsen münden bekanntlich in den Pharynx, in den Penis und in die Endabschnitte der Ovidukte, wie aus der Arbeit von Jijima [28] ersichtlich ist. Es fragt sich nun, wie diese differenten Drüsenkanälchen den richtigen Bestimmungsort erreichen können und wie es z. B. möglich ist, dass die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen nicht an der zunächst gelegenen Stelle der Körperoberfläche ausmünden, sondern zu bedeutender Länge auswachsen und schließlich ihr Sekret an dem freien Ende des Pharynx in die Schlundhöhle entleeren. Sollte hier nicht die Annahme am berechtigtesten sein, dass bestimmte, zur Zeit leider nicht näher bekannte Richtungsreize den auswachsenden Kanälen ihren Weg vorschreiben?

Auch bei den rhabdocölen Turbellarien können die Ausführungsgänge bisweilen eine bedeutende Länge erreichen, so namentlich an den Kopfdrüsen von *Microstoma*. Wahrscheinlich wird auch hier die Richtung der auswachsenden Kanälchen durch einen Reiz bestimmt, da sonst gar nicht einzusehen wäre, warum sich dieselben nach dem vorderen Körperende und nicht nach dem Darm oder auf dem nächsten Wege zum äußeren Körperepithel wenden, zumal die Drüsenzellen oft sehr weit im Innern des Parenchyms und von der Ausmündungsstelle entfernt liegen, wie man aus den Figuren von v. Wagner ersehen kann.

2) Nach den Untersuchungen von Jijima entstehen die Dotterstränge der Planarien aus einzelnen Parenchymzellen, welche sich vermehren und zur Bildung von verästelten und häufig anastomosierenden Ketten führen. Letztere sind anfangs sehr einfach gebaut, indem sie entweder nur aus einer einzigen oder aus mehreren neben einander liegenden Zellreihen bestehen. Erst nach der Umwandlung ihrer Elemente in Dotterzellen füllen sie den größten Teil des Pseudocöls aus. Welcher Umstand bewirkt es nun eigentlich, dass die überall im Körper zerstreuten Dotterstränge ihren Weg nach den Ovidukten finden und dass die hinter der Genitalöffnung gelegenen nach vorn auf die Eileiter zuwachsen. Ich glaube, dass wir das richtige treffen, wenn wir annehmen, es gehe von den Ovidukten ein Reiz aus, welcher den einzelnen Dotterzellketten ihre Bahn vorschreibt.

#### c) Schlussbemerkungen.

Ogleich die Zahl der im vorigen angeführten Beispiele keine große ist, so hoffe ich doch, dass sie genügen werden, um die Beteiligung von Tropismen an ontogenetischen Prozessen wahrscheinlich zu machen. Es würde ein leichtes sein, den erwähnten Beispielen nach eine Reihe anderer Fälle hinzuzufügen, ich will jedoch davon Abstand nehmen, da es nicht der Zweck dieser Abhandlung ist, möglichst viele spezielle Hypothesen aufzustellen, die doch notgedrungen zur Zeit mehr oder weniger unsicher sein müssen, sondern da derselbe nur darin besteht, an der Hand einiger Beispiele die Fruchtbarkeit unsrer allgemeinen Hypothese nachzuweisen.

Vielleicht wird es sich durch künftige Untersuchungen herausstellen, dass nicht nur bei dem Auswachsen der Nerven, sondern auch bei der Gefäßbildung — und wenn auch nur bei der sog. sekundären — Tropismen eine große Rolle spielen. Kam es doch bereits Hensen „völlig rätselhaft vor, dass die feinen Ausläufer der sich neubildenden Kapillaren richtig aufeinander treffen“ [22 S. 112], so dass der Kreislauf nicht unterbrochen wird, sondern geschlossen bleibt. Und betrachten wir nun erst die gesetzmäßige Verbreitung der Blutbahnen im Körper; werden wir da nicht unwillkürlich zu der Annahme gedrängt, dass hierbei höchst wahrscheinlich „richtende Kräfte“ im Spiele sind, obgleich wir wegen unsrer mangelhaften Kenntnisse von der Entwicklungsgeschichte des Gefäßsystems zur Zeit nicht einmal sagen können, ob wir es mit taktischen Erscheinungen oder mit Tropismen zu thun haben werden. Fast hat es den Anschein, als wäre in dem einen Falle die erste, in dem anderen die zweite Möglichkeit richtig. Die Arbeiten von P. Mayer, Wenckebach etc. auf der einen und die von Rabl u. a. auf der anderen Seite [siehe in 24], lassen dies wenigstens vermuten.

Auch noch in manchen anderen Fällen werden die künftigen Forschungen höchst wahrscheinlich die Wirkung von tropischen Reizen nachweisen können. Alles gerichtete Wachsen muss ja eine Ursache haben, und so dürfte überall da, wo ein Organ nach einer bestimmten Stelle des Embryo hinwächst oder wo zwei getrennte Anlagen zur Bildung eines einheitlichen Organes zusammenwachsen, nach solchen Richtungsreizen zu suchen sein. Ein Hauptaugenmerk muss man dabei natürlich darauf richten, ob die Richtung wirklich durch einen Reiz bedingt, oder ob sie nur von der Konfiguration der übrigen Organe und von dem Winkel abhängt, unter welchen sich das betreffende Organ von seinem Mutterboden abzweigt. Es wäre so z. B. möglich, dass bei der Wachstumsrichtung der Vornierenkanälchen kein Richtungsreiz beteiligt ist, sondern dass dieselben sämtlich aus der parietalen Wand des Mittelblattes unter einem bestimmten, nach hinten gerichteten, spitzen Winkel entstehen, welcher ohne weiteres die Wachstumsrichtung des Vornierenganges, der bekanntlich aus einer Verbindung der einzelnen Kanälchen entsteht, bestimmen würde. In der Botanik nennt man den Winkel, welchen ein Organ ohne das Hinzukommen äußerer Einflüsse mit seiner Mutteraxe bildet, den Eigenwinkel desselben. Wahrscheinlich verdankt derselbe einer inneren Korrelation von vorläufig unbekannter Natur seine Entstehung<sup>1)</sup>.

So wären wir denn am Ende der Aufgabe angelangt, welche wir uns in dieser Arbeit gestellt hatten. Mögen auch viele der speziellen hypothetischen Erörterungen sich in Zukunft als verfehlt herausstellen, so glaube ich doch, dass unsre Hypothese im Prinzip zu Recht bestehen bleiben wird, und es sich früher oder später herausstellen dürfte, dass in der That bei dem Zustandekommen mancher ontogenetischer Vorgänge Richtungsreize eine große Rolle spielen.

#### Litteraturverzeichnis.

- [1] Aderhold R., Beitrag zur Kenntnis richtender Kräfte bei der Bewegung niederer Organismen. Jen. Zeitschr., XXII, N. F., XV.
- [2] Blasius-Schweizer, Elektrotropismus und verwandte Erscheinungen. Pflüger's Archiv, 53.
- [3] Brunchorst, Galvanotropismus. Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1884.
- [4] Darwin Ch., Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Stuttgart 1881.
- [5] Detlefsen E., Ueber die von Ch. Darwin behauptete Gehirnfunktion der Wurzelspitze. Arb. a. d. bot. Institut Würzburg, II.
- [6] Dewitz, Ueber die Vereinigung der Spermatozoen mit dem Ei. Pflüg. Archiv, 37.
- [7] Derselbe, Ueber die Gesetzmäßigkeit in der Ortsveränderung der Spermatozoen und in der Vereinigung derselben mit dem Ei. Pflüg. Archiv, 39.

1) Vergl. hierzu unten die Anmerkung über den sogen. Somatotropismus.



- [8] Driesch H., Heliotropismus bei Hydroidpolypen. Zool. Jahrb., Syst. Abt. V.
- [9] Derselbe, Kritische Erörterungen, II. Zur Heteromorphose der Hydroidpolypen. Biol. Centralbl., XII.
- [10] Derselbe, Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft. Leipz. 1893.
- [11] Derselbe, Analytische Theorie der organischen Entwicklung. Leipzig 1894.
- [12] Elfving F., Ueber einige horizontal wachsende Rhizome. Arb. a. d. bot. Institut Würzburg, II.
- [13] Derselbe, Ueber eine Wirkung des galvanischen Stromes auf wachsende Wurzeln. Bot. Zeitung, 1882.
- [14] Derselbe, Ueber physiologische Fernwirkung einiger Körper. Helsingfors 1890.
- [15] Derselbe, Zur Kenntniss der pflanzlichen Irritabilität. Öfversigt af Finska Vet. Soc. Förhandl., Häft XXXVI.
- [16] Engelmann, Ueber Licht- und Farbenperzeption niederster Organismen. Pflüger's Archiv, 29.
- [17] Errera L., Ueber die Ursache einer physiologischen Fernwirkung. Biol. Centralbl., XIII.
- [18] Frank A., Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1892.
- [19] Graber V., Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Tiere. Prag u. Leipzig, 1884.
- [20] Haberlandt G., Eine botanische Tropenreise. Leipzig 1893.
- [21] Hallez P., Embryogénie des dendrocœles d'eau douce. Paris 1887.
- [22] Hensen V., Ueber die Nerven im Schwanz der Froschlarven. Archiv f. mikr. Anatomie, IV.
- [23] Herbst C., Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der veränderten chemischen Zusammensetzung des umgebenden Mediums auf die Entwicklung der Tiere, I u. II. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, 55 und Mitt. a. d. zool. Station Neapel, XI.
- [24] Hertwig O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte, Jena 1893 (4. Aufl.).
- [25] His W., Untersuchungen über die Bildung des Knochenfischembryo. Arch. f. Anat. u. Phys., Anat. Abt., 1878.
- [26] Derselbe, Zur Geschichte des menschlichen Rückenmarkes und der Nervenwurzeln. Abh. d. math.-phys. Kl. d. kgl. Sächs. Ges. d. Wiss., IV, Bd. XIII.
- [27] Jensen, Ueber den Geotropismus niederer Organismen. Pflüger's Archiv, 53.
- [28] Jijima S., Untersuchungen über den Bau und die Entwicklungsgeschichte der Süßwasserdendrocœlen. Zeitschr. f. wiss. Zool., 40.
- [29] Keller S., Die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Süßwasserturbellarien. Dissertation, 1894.
- [30] Koelliker A., Histologische Studien an Batrachierlarven. Zeitschrift f. wiss. Zool., 43.
- [31] Kohl F., Die Mechanik der Reizkrümmungen. Marburg 1894.
- [32] Korschelt-Heider, Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte. Jena 1890-1893.
- [33] Loeb J., Der Heliotropismus der Tiere. Würzburg 1890.
- [34] Derselbe, Weitere Untersuchungen über den Heliotropismus bei Tieren, Pflüger's Archiv, XLVII.

- [35] Loeb, Ueber Geotropismus bei Tieren. Pflüger's Arch., XLIX.
- [36] Derselbe, Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Tiere, I u. II. Würzburg 1891 u. 1892.
- [37] Derselbe, Ueber künstliche Umwandlung positiv heliotropischer Tiere in negativ heliotropische und umgekehrt. Pflüger's Archiv, 54.
- [38] Derselbe, A Contribution to the physiology of Coloration in animals. Journ. of Morph., VIII.
- [39] Derselbe, Ueber die Entwicklung von Fischembryonen ohne Kreislauf. Pflüger's Archiv, 54.
- [40] Derselbe, Ueber die relative Empfindlichkeit von Fischembryonen gegen Sauerstoffmangel und Wasserentziehung. Pflüger's Arch., 55.
- [41] Massart, Sur l'irritabilité des spermatozoïdes de la grenouille. Bull. de l'acad. roy. d. Belg. Bruxelles 1888.
- [42] Miyoshi M., Ueber Reizbewegungen der Pollenschläuche. Flora, 78.
- [43] Derselbe, Die chemotropischen Bewegungen von Pilzfäden; mitgeteilt von Pfeffer. Ber. d. math.-phys. Kl. d. k. Sächs. Ges. d. Wiss., 1894.
- [44] Molisch, Untersuchungen über den Hydrotropismus. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1883.
- [45] Derselbe, Ueber die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachstumsrichtung durch Gase. ibidem 1884.
- [46] Noll F., Ueber heterogene Induktion. Leipzig 1892.
- [47] v. Notthafft A., Neue Untersuchungen über den Verlauf der Degenerations- und Regenerationsprozesse am verletzten peripheren Nerven. Zeitschr. f. wiss. Zool., 55.
- [48] Oltmanns, Ueber die photometrischen Bewegungen der Pflanzen. Flora, 1892.
- [49] Pfeffer W., Pflanzenphysiologie, II. Leipzig 1884.
- [50] Derselbe, Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Unters. a. d. bot. Institut Tübingen, I.
- [51] Derselbe, Ueber chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen. ibidem II.
- [52] Derselbe, Zur Kenntnis der Kontaktreize. ibidem I.
- [53] Derselbe, Die Reizbarkeit der Pflanzen. Leipzig 1893.
- [54] Reinhardt M., Das Wachstum der Pilzhyphe. Pringsh. Jahrb., 23.
- [55] Rothert W., Ueber die Fortpflanzung des heliotropischen Reizes. Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1892.
- [56] Roux W., Beitrag 3 zur Entwicklungsmechanik des Embryo. Breslauer ärztl. Zeitschrift, 1885.
- [57] Derselbe, Beitrag 5. Virchow's Archiv, 114.
- [58] Derselbe, Ueber die Spezifikation der Furchungszellen. Biol. Centralblatt, XIII.
- [59] Derselbe, Ueber die Selbstordnung der Furchungszellen. Drei Mitteilungen. Ber. d. nat. med. Vereins, Innsbruck 1893.
- [60] Sachs J., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. Leipzig 1887.
- [61] Derselbe, Ueber orthotrope und plagiotrope Pflanzenteile. Arbeiten aus dem bot. Institut Würzburg, II.
- [62] Schwarz F., Der Einfluss der Schwerkraft auf die Bewegungsrichtung von *Chlamydomonas* und *Euglena*. Sitzungsber. d. deutsch. botan. Gesellsch., II.

- [63] Stahl E., Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche. Botan. Zeitung, 1880.
- [64] Derselbe, Zur Biologie der Myxomyceten. Bot. Zeitung, 1880.
- [65] Derselbe, Ueber den Einfluss des Lichtes auf den Geotropismus einiger Pflanzenorgane. Ber. d. deutsch. bot. Ges., II.
- [66] Strasburger E., Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena 1878.
- × [67] Verworn M., Die polare Erregung der Protisten durch den galvanischen Strom. Pflüger's Archiv, 45 u. 46.
- × [68] Derselbe, Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena 1889.
- [69] Derselbe, Die Bewegung der lebendigen Substanz. Jena 1892.
- [70] v. Wagner F., Zur Kenntnis der ungeschlechtlichen Fortpflanzung von *Microstoma*. Zool. Jahrb., Abt. f. Anat., 4.
- [71] Wiesner J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreich. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. 39 u. 43.
- [72] Wortmann J., Zur Kenntnis der Reizbewegungen. Bot. Zeitung, 45.
- [73] Derselbe, Ueber den Thermotropismus der Wurzeln. Bot. Zeitg., 43.
- [74] Derselbe, Ueber die Beziehungen der Reizbewegungen wachsender Organe zu den normalen Wachstumserscheinungen. Bot. Zeitg., 47. Zürich, im Juli 1894.

#### Nachtrag.

Nachträglich sehe ich, dass His in seiner neuesten Schrift „Ueber mechanische Grundvorgänge tierischer Formenbildung“ (Arch. f. Anat. u. Physiol., 1894) auf seine alten Beobachtungen am Knochenfischembryo zurückgekommen ist und ähnlich wie dort das Flächenwachstum des Ektoderms bei Haifisch- und Hühnerembryonen zum großen Teil durch das Einwandern neuer Zellen aus tieferen Schichten in die oberflächliche Lage zu Stande kommen lässt. Die Ursache dieses Wanderns sieht er in einer chemo- resp. oxygenotaktischen Reizbarkeit der betreffenden Zellen. Was seine Behauptung anbetrifft, dass sich die Verteilung der Blutgefäße und Nerven dadurch erkläre, dass dieselben „den Bahnen geringsten Widerstandes entlang wachsen“ so sei bemerkt, dass ich diesen Ausbreitungsmodus der betreffenden Organe zur vollständigen Erklärung ihrer gesetzmäßigen Verteilung nicht für ausreichend halte; Tropismen scheinen meiner Ansicht nach hier unterstützend eingreifen zu müssen. Näheres ist in meiner vorstehenden Arbeit selbst zu lesen.

Neapel, zoologische Station, den 5. Oktober 1894.

### Ein Beitrag zur Kenntnis des Lichtsinnes augenloser Tiere.

Von Dr. rer. nat. et med. **Wilibald A. Nagel**,

Assistent am physiologischen Institut in Tübingen.

#### I.

*Amphioxus lanceolatus* ist in höherem Maße lichtempfindlich, als man nach den bisherigen diesbezüglichen Angaben annehmen sollte.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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. 800-810](#)