

that the bees of the genus *Andraena* are solitary bees which provide food for their own young and do not produce neuter females or workers like the hive bees. According to my views therefore the hind legs in the female have been modified by the stimulations involved in collecting pollen for the young, and when the development of the ovaries is arrested the pollen brushes are imperfectly developed.

It may appear to be inconsistent with this interpretation that in the hive-bee the queen, a fully developed fertile female, is destitute of the pollen basket and pollen brush on the hind foot which are present in the worker. It might be argued that according to the above interpretation the sterility of the ovary in the worker ought to lead to the absence of modifications for nursing functions, and that these ought to be developed in the fertile queen. The explanation in this case is I believe that the ancestors of the hive bee possessed such modifications and that the queen has lost them through dis use. This effect of disuse has been correlated throughout the evolution with an increased fertility, and in the worker when the functional activity of the ovaries is suppressed the specialisations of the hind limb reappear. The ovary of the worker is not atrophied from the larval stage as in styloped *Andraena*, it is merely prevented from attaining its perfect development. Possibly if the worker bee were styloped its pollen collecting adaptations would be suppressed as in the solitary *Andraena*.

Although the last case and some others may offer special difficulties, I think the above facts indicate that there is at present no valid objection to the conclusion that in all cases throughout the animal kingdom secondary differences between the two sexes of the same species depend for their perfect development on the presence and normal condition of the primary or essential generative organs, and I maintain that this dependence or correlation is explained on the hypothesis that external stimulations have been the determining causes of the secondary characters, but is not explained on the hypothesis that the said characters have been determined exclusively by the process of selection from variations arising in the germ and independent of external stimulations. [105]

---

## Versuch einer Einteilung der nicht-nervösen Reflexe.

Von **Jean Massart**,

Professor an der Universität Brüssel, Assistent am botanischen Institute.

(Fortsetzung.)

### IV. Art der Reaktionen.

A. Vorbereitende Reaktionen oder Tonus. Jeder Organismus ist Zeit seines Lebens Sitz einer unausgesetzten Thätigkeit, von der jede Aeußerung eine Reaktion auf irgend einen Reiz darstellt. Die groben sinnfälligen Reaktionen, die einzigen, welche der Beobach-

tung zugänglich sind, sind nur Abänderungen jener elementaren Reflexe, die viel zu schwach und flüchtig sind, um wahrgenommen zu werden. Aber sie sind darum nicht minder wichtig; sind sie es nicht, welche bewirken, dass das lebende Protoplasma in diesem Zustand der fortwährenden Wandelbarkeit bleiben muss, welcher das Charakteristikum des Lebens ist? Diese Reaktionen sind vorbereitende in dem Sinne, als sie, ohne sich nach außen durch irgend eine Wirkung zu offenbaren, nichtsdestoweniger für die Vorbereitung des Protoplasmas nötig sind: sie setzen es in stand, auf andere Reize durch sichtbare Reaktionen zu antworten.

Ein bestimmtes Beispiel wird es besser erläutern, von welchen Erscheinungen hier die Rede ist. Ein trockenes Samenkorn reagiert auf keinen Reiz. Bieten wir ihm Wasser, so ist es sogleich im stande, die so verwickelten Erscheinungen der Keimung zu zeigen; von diesem Augenblick an ist es reizbar für *Narcotica* geworden; jede Temperaturveränderung wirkt zurück auf seine Wachstumsschnelligkeit. Kurzum, das Wasser hat das Korn aus seiner Starre befreit, es hat das Protoplasma vorbereitet, die Eindrücke der anderen Reize wahrzunehmen.

Unglücklicherweise sind die Beispiele sehr selten, wo wir den Reiz kennen, auf den der Organismus mit einer vorbereitenden Reaktion antwortet. Die typischsten dieser Fälle haben den Namen Tonus erhalten (z. B. Phototonus); es wäre richtiger, diesen Terminus auf alle vorbereitenden Reaktionen auszudehnen, auf die Gefahr hin, dass die Mehrzahl der tonischen Reaktionen durch innere, noch immer unbekannte Reize bedingt ist.

Der Hydrotonus, der beschrieben worden ist, bedingt eine Vorbereitung des Protoplasmas des Samenkornes, so dass es eine ganze Menge Reize aufzunehmen vermag. Gewöhnlich wird aber der Tonus viel genauer spezialisiert: er setzt den Organismus in stand, auf einen einzelnen Reiz oder eine kleine Gruppe von Reizen zu antworten. Begnügen wir uns, einige Beispiele anzuführen.

Wenn von zwei Individuen der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*), das eine fortwährend dem Lichte, das andere andauernd der Dunkelheit ausgesetzt worden ist, so fahren ihre Blätter während mehrerer Tage fort, die Bewegungen der Tagesstellung und der Nachtstellung zu zeigen, die sie unter normalen Bedingungen ausführen. Aber nach und nach werden die Bewegungen geringer, um bald gänzlich aufzuhören. In diesem Zeitpunkte sind die zwei Pflanzen in einem sehr verschiedenen Zustande. Diejenige, welche am Lichte belassen worden ist, hat ihre vollkommene Reizbarkeit bewahrt, und es genügt, sie nur einen Augenblick zu verdunkeln, damit sich ihre Blätter sofort schließen. Die andere Pflanze ist im Gegensatz starr geworden, sie reagiert auf den Lichtreiz nur, wenn man die Erregbarkeit durch langes Verweilen am Lichte wieder herstellt. Damit also die Sinnpflanze im stande sei, auf einen äußeren

Reiz mit einer Bewegung zu reagieren, muss ihr Protoplasma durch einen Tonus vorbereitet worden sein, der durch das Licht hervorgerufen worden ist (Phototonus) (s. besonders Pfeffer 1875).

Im Phototonus der Sinnpflanze wirkt das Licht einfach durch seine Stärke. Das folgende Beispiel zeigt eine viel größere Spezialisierung des Reizes; es genügt nicht, dass der Reiz eine beliebige Stärke hat, sondern er muss auch die Pflanze in einer bestimmten Richtung beeinflussen.

Schwendener und Krabbe (1892) haben gezeigt, dass das Licht sehr oft nur dann eine Drehung eines pflanzlichen Organes hervorruft, wenn dieses Organ zur selben Zeit einer gewissen Erregung durch die Schwere ausgesetzt ist. Als Beispiel sei ein Fall erwähnt, den ich zu untersuchen Gelegenheit hatte. Die horizontalen Aeste von *Russelia sarmentosa* (Scrophulariaceae) drehen ihre Internodien abwechselnd nach rechts und links. Diese Reaktion ist in ihren Grundzügen durch eine einseitige Beleuchtung bedingt, welche die jungen Blätter wahrnehmen. Man kann sich davon überzeugen, indem man die Blätter wegnimmt oder in eine Zinnfolie einschließt: unter diesen Bedingungen bleibt die Drehung aus. Eine ungleichmäßige Beleuchtung allein genügt aber nicht: niemals zeigt ein vertikaler und horizontal beleuchteter Ast die geringste Drehung. Es musste also die Schwere quer auf den Ast einwirken, damit sie einen Geotonus hervorruft, der das Protoplasma in stand setzt, durch eine Drehung auf den Lichtreiz zu reagieren.

\* \* \*

Bevor wir zu den abändernden Reaktionen übergehen, haben wir zu bemerken, dass es zwischen ihnen und den Tonus keine unbedingte Trennung gibt. So ist eine gewisse Wärmemenge nötig, damit eine Zelle fähig sei, die Reize, welche ihre Teilung bedingen, aufzunehmen. Aber die Wärme wirkt jetzt, nachdem sie zuvor wie ein thermotonischer Reiz gewirkt hat, wie ein abändernder Reiz, da die Geschwindigkeit, mit der sich die Teilung der Zelle vollzieht (Reaktionszeit), von der Temperatur abhängt. Wie soll man die Wärme, welche thermotonisch wirkt, von der trennen, welche wie ein abändernder Reiz wirkt. Wie verhält es sich in dem Beispiele der Sinnpflanze, welche in der Dunkelheit gehalten worden ist und die gegen Licht nur durch eine lange Einwirkung dieses Reizes wieder empfindlich wird, — von welchem Zeitpunkt an hört das Licht auf, ein thermotonischer Reiz zu sein, um ein abändernder Reiz zu werden?

B. Umwandelnde Reaktionen. Wir haben früher gesehen, dass die einzigen Reflexe, deren Reaktionen sich durch eine sichtbare Wirkung äußern, jene sind, welche aus einer groberen Veränderung der Elementarreflexe bestehen. Wir kennen also im allgemeinen nur die Reizung, welche den Anfang des Reflexes darstellt und die grobe

Erscheinung, den Knalleffekt des Schauspiels, das ihn beendet. Aber wie können wir uns über jene Erscheinungen Auskunft geben, welche von dem Augenblick an aufeinanderfolgen, wo der Reiz das so komplizierte Schauspiel trifft, welches sich im Protoplasma abspielt, bis dahin, wo wir plötzlich der Lösung beiwohnen. Wenn wir einen Blick hinter die Coullissen geworfen hatten, wenn wir in der Nähe allen Umwandlungen der Verwicklung beigewohnt hatten, so würden wir ohne Zweifel gesehen haben, dass die handelnden Personen dieselben geblieben sind, dass von dem Augenblick an, wo der Störenfried auf die Bühne getreten ist, sie einfach ihr Spiel verändert haben, indem gewisse unter ihnen mehr Bedeutung gewinnen, während andere mehr in den Hintergrund treten. Ebenso verhält es sich mit der Endreaktion eines Reflexes, sie ist nur die Folge der Veränderungen in der Geschwindigkeit und Stärke der elementaren Reaktionen. Die Einfachheit der Mittel schließt doch nicht die Verschiedenartigkeit der Ergebnisse aus. Wenn uns gewisse Reaktionen nur als quantitative Veränderungen derjenigen, welche schon vor Eintreffen des Reizes bestanden, erscheinen, sind andere sicherlich qualitative, viel einschneidendere Veränderungen. Da wir aber die wirklichen Vorgänge nicht kennen, so können wir nur die wahrnehmbaren Wirkungen der Reflexe studieren und einteilen. Der Bequemlichkeit halber nennen wir die quantitativen Veränderungen Interferenzen, die qualitativen dagegen, welche im allgemeinen viel kürzer und gröber sind, Reaktionen (ripostes). Damit die Namen dieser Reaktionen zeigen, zu welcher Klasse sie gehören, endigen die Namen für Interferenzen auf „-osis“, jene der Reaktionen auf „-ismus“.

Zwei Beispiele werden besser als eine immer hinkende Definition die Unterschiede klar machen, welche die zwei Arten von Reaktionen voneinander unterscheiden.

Erstes Beispiel. Nehmen wir ein Infusorium, z. B. eine *Vorticella*, in voller Thätigkeit. Seine kontraktile Vakuole schlägt regelmäßig. So lange als die äußeren Bedingungen dieselben bleiben, haben seine Pulsationen einen bestimmten Rhythmus.

a) Aber jede Temperaturveränderung verändert diesen Rhythmus; die Wärme beschleunigt die Schläge, die Kälte verlangsamt sie.

b) Die Kohlensäure wirkt wie auch ein Reiz. Unter ihrer Einwirkung werden die Schläge in immer größeren Zwischenräumen ausgeführt, die Systolen werden nur ausgeführt, wenn die Vakuole sich sehr vergrößert hat; schließlich steht die Vakuole in Diastole still (Rossbach 1872).

c) Wenn die Nahrung mangelt, kapselt sich der Organismus ein. Während der Bildung der Kyste werden die Schläge der Vakuole viel langsamer, eine vollständige Erweiterung tritt nicht mehr ein: die Systolen treten ein, wenn die Vakuole noch ganz klein ist, und bald tritt Stillstand ein, aber dieses Mal in Systole.

d) Wir können, ohne den enkystirten Organismus aus seiner Betäubung zu befreien, die Vakuole allein wieder in Thätigkeit versetzen: es genügt, die Kapsel in eine Salzlösung, z. B.  $\text{KNO}_3$  von  $18/100000$  mol zu bringen. Am folgenden Tage, sobald sich das Infusor an dieses Medium angepasst hat, ist die Vakuole unsichtbar geworden. Eine neue Reizung, mit einer Lösung von  $25/100000$  mol, lässt sie wieder erscheinen (Massart 1889).

Die verschiedenen Reaktionen, welche wir angeführt haben, zeigen alle rein quantitative Aenderungen des Pulsierens der Vakuole; Beschleunigung, Verlangsamung, Stillstand, Wiedererwachen sind daher als Interferenzen anzusehen.

e) Das gilt nicht mehr für eine Erscheinung, welche ein anderes Infusor, *Paramaecium Aurelia* zeigt. Unter der Einwirkung einer Temperatur von  $30^\circ$ — $35^\circ$  bildet es mit einem Schlage neue pulsierende Vakuolen in seinem Protoplasma, welche denselben Rhythmus aufweisen, wie die normalen Vakuolen (Massart 1901). Hier haben wir es sicherlich mit einer qualitativen Veränderung zu thun. Denn welcher Art auch die elementaren Reflexe waren, welche sich im Protoplasma in dem Augenblicke abspielten, als wir die Wärme einwirken ließen, so ist doch sicherlich die Bildung der kontraktilen Vakuolen eine grundsätzlich verschiedene Reaktion gegenüber jenen, welche vorher stattfanden.

Als zweites Beispiel nehmen wir einen ausgebildeten Stengel an, dessen Pericykel aus ruhenden Zellen zusammengesetzt ist.

a) Ein entsprechender Reiz erzeugt in den elementaren Reflexen einiger Zellen des Pericykels Veränderungen unbekannter Art, die sich durch die Teilung dieser Zellen und durch die Bildung eines Wurzel-anges äußern, es ist ein neues Organ entstanden (qualitative Aenderung oder Reaktion).

b) Unter der Einwirkung innerer und äußerer Reize vergrößert sich diese Wurzel. Nehmen wir jetzt an, sie sei horizontal gelegt: die Schwere wirkt dann nicht mehr in der gleichen Weise auf alle Seiten, und die Wurzel krümmt ihre Spitze gegen die Erde. Ein ursprünglich gerades Organ hat eine Krümmung ausgeführt. Das ist auch noch eine Reaktion.

c) Während die Krümmung ausgeführt wird, ändern wir die Temperatur, sogleich konstatieren wir eine Veränderung der Geschwindigkeit, mit der die Krümmung sich vollzieht. Die durch die Temperatur-senkung oder -steigerung herbeigeführte Veränderung ist eine quantitative. Es hat einfach eine Interferenz zwischen der Temperatur und den Faktoren, welche bisher im Spiel waren, stattgefunden.

d) Sobald die Wurzel wieder vertikal geworden ist, fängt sie von neuem an, sich durch ein regelmäßiges und beständiges Wachstum nach abwärts zu verlängern, solange die Protoplasmathätigkeit nicht

gestört ist. Wenn wir aber die Wurzel dem Lichte aussetzen, werden die verschiedenen Reaktionen, welche durch ihr Zusammenwirken die Verlängerung veranlassen, verlangsamt; wir schaffen von neuem eine Interferenz.

e) Betrachten wir nun eine viel ältere Wurzel. Die wurzelbildenden Zellen, welche in symmetrischer Weise auf die geraden Teile verteilt sind, entwickeln sich ganz gleichmäßig, und die Wurzel umgiebt sich auf ihrer ganzen Oberfläche mit Sekundärwurzeln. Nur auf der konkaven Seite des gekrümmten Teiles wird den Reizen, welche die Entwicklung der Wurzeln bewirken, durch einen Hemmungsreiz entgegengewirkt und als Endergebnis dieses Widerstreites fehlen auf der konkaven Seite die Sekundärwurzeln. Das ist auch eine Interferenz; sie hat die Reaktion so stark eingeschränkt, dass jede äußere Erscheinung ausbleibt.

\* \* \*

Wie man sieht, besteht die quantitative Veränderung oder Interferenz in einem Wechsel der Geschwindigkeit oder der Intensität, mit der sich eine Reaktion abspielt. Die qualitative Veränderung oder Reaktion unterscheidet sich von der Interferenz vielleicht nicht durch die Art der Protoplasmaveränderungen, welche sie herbeiführen, aber der sichtbare Erfolg ist ein ganz anderer. Wir haben es hier mit der Entstehung einer neuen Sache zu thun, welche selbst nicht in Form einer schwachen Andeutung erzeugt worden wäre, wenn der Reiz nicht eingewirkt hätte.

Hüten wir uns dennoch wohl, uns einer Täuschung über den wirklichen Wert der Unterscheidung zwischen Interferenz und Reaktion hinzugeben. Es genügt mir, dass diese Gruppierung einen Fortschritt darstellt im Vergleich zu dem, was bisher vorgeschlagen worden ist. Aber selbst wenn es möglich wäre die Einteilung der Erregungen durch jene der Empfindungen ersetzen zu können, so wäre das nur solange ein wirklicher Fortschritt, bis man die Kenntnis von den äußeren Reizen durch jene von den feinen Vorgängen ersetzen kann, welche sich im Protoplasma verbergen. Die Wörter „Interferenz“ und „Reaktion“ haben daher meiner Meinung nach nur eine relative und provisorische Bedeutung. Da die Aktionen besser untersucht sind als die Interferenzen, so wollen wir mit diesen beginnen.

### I. Qualitative Umwandlungen oder Reaktionen.

Die Reaktion kann nur durch die Endwirkung bestimmt sein, ohne dass man in der Lage wäre, Rechenschaft zu geben von den Veränderungen der elementaren Reaktionen, welche sich im Augenblicke der Reizung abspielen, noch von den vielen Reaktionen, welche jedenfalls eine ununterbrochene Kette bilden müssen von der Reizung bis zum Sichtbarwerden der Wirkung. Wir wissen z. B., dass eine geotopische

Krümmung durch einseitige Abänderung des Längenwachstums herbeigeführt wird und dass sie fixiert wird durch den einseitigen Zufluss von Protoplasma und durch die einseitige Verdickung der Zellwände, aber nichtsdestoweniger ist es die Krümmung selbst, welche einzig diese Reaktion zu charakterisieren vermag. Ein anderes Beispiel. *Colpidium* (Infusor), dessen ruhiges Schwimmen in diesem Augenblick nur von inneren Reizen beherrscht wird: die Cilien bewegen sich in rhythmischer Weise und der Körper folgt einer Schneckenlinie. Plötzlich beginnt ein äußerer Reiz das Spiel der Cilien zu verändern. Das Infusor nimmt eine starke Erschütterung wahr; es beginnt sofort die Richtung der Ciliarbewegung umzukehren und schwimmt plötzlich zurück (Phobismus). Wenn der Reiz eine leichte hypertonische Lösung ist, werden die Bewegungen der frontalen Cilien übertrieben und das Individuum neigt sich auf die Rückenseite (Clinismus). Wenn endlich als Reiz der elektrische Strom einwirkt, schlagen die frontalen Cilien viel stärker, aber immer gegen den Mund zu, während die anderen Cilien in einer Richtung sich bewegen, welche von der Richtung des Stromes bestimmt wird; schließlich wird das Infusor parallel zur Stromrichtung mit seinem vorderen Ende gegen die Kathode gerichtet sein (Taxismus). Alle diese verschiedenen Reaktionen sind durch die Veränderungen der Ciliarbewegungen erzeugt. Nichtsdestoweniger werden wir sie als ebenso viele verschiedene Reaktionen betrachten.

Die Reaktionen können in vier Abteilungen unterschieden werden: formbildende Reaktionen, motorische, chemische und schließlich solche, welche nicht in eine der vorhergehenden Abteilungen passen.

1. Formbildende Reaktionen. Das sind jene, welche die Entstehung von Zellen oder Organen veranlassen. Die Zellen oder die Organe haben immer eine bestimmte Richtung oder Lokalisation mit Bezug auf den Reiz oder in Bezug auf den Körper. In diesem letzteren Falle handelt es sich auch kurz gesagt um eine Reaktion gegenüber einem inneren Reize, nach dem sich die Zellwände orientieren. Wir wissen z. B., dass in den keimenden Sporen von *Equisetum* die erste Scheidewand immer senkrecht zur Richtung des Lichtes gebildet wird (Stahl 1885). Der richtende Einfluss des Reizes ist hier offenkundig. Wenn man aber auf dem Vegetationspunkt von *Halopteris* (Alge) längsgestellte Scheidewände sich bilden sieht, während andere senkrecht zur Axe stehen und noch andere einen bestimmten Winkel mit der Axe bilden, und wenn diese Scheidewände in einer bestimmten Ordnung aufeinander folgen, kann man dann zweifeln, dass diese Regelmäßigkeit durch innere Reize herbeigeführt worden ist?

α) Merismus. Zellteilung, Teilung der Zellorganellen oder dichotomische Teilung von Organen. Dass diese Teilungen von Reizen bedingt sind, ist nicht zweifelhaft. Unglücklicherweise kennen wir beinahe in keinem Falle diesen Reiz.

β) Neismus. Entstehung neuer Organe an einem gegebenen Punkte. Z. B. Bildung von Wurzeln an einem Steckling, Bildung von Auswüchsen an einer verletzten Stelle bei *Fucus* (Alge), die Entstehung der Saugwurzeln an den Stengeln der Flachsseide an den Punkten, wo sie ihren Wirt berührt.

2. Motorische Reaktionen. Bei den beweglichen Organismen kommen zweierlei Bewegungsarten in Betracht:

a) Die Ortsveränderungen, welche meist durch Cilien (oder Geißeln) oder Pseudopodien, oder manchmal durch innere Protoplasmakontraktionen erzeugt werden. b) Die Winkelbewegungen, welche aus einer Abänderung in der Thätigkeit der Cilien, Geißeln oder Pseudopodien hervorgehen. — Die auf ihrer Unterlage feststehenden Pflanzen können nur Winkelbewegungen ausführen, die am häufigsten aus einer Modifikation des Längenwachstums resultieren.

Es ist wichtig, mit Genauigkeit die Bezeichnung für die Winkelbewegung bei den beweglichen Organismen zu bestimmen. Die Anhäufungen von *Euglena* (Flagellate) an den am stärksten beleuchteten Stellen einer Flüssigkeit wird durch das Zusammenwirken zweier Reaktionen hervorgebracht: eine Winkelbewegung, welche die Richtung der Flagellaten gegen das Licht bedingt und welche zu wirken aufhört, sobald dieser Erfolg erreicht ist (Taxismus), und hernach einer Schwimmbewegung (Nectismus), welche sie vorwärts führt. Der Taxismus bewirkt einzig, dass *Euglena* in die richtige Richtung gebracht wird und sie wieder einnehmen, wenn sie davon abweichen. Wenn wir sagen: „der Phototaxismus leitet die *Euglena* gegen die Lichtquelle“, so unterdrücken wir wesentlich die zweite Reaktion in unserem Ausdruck; man darf niemals vergessen, dass wir diese Weglassung machen. Wählen wir ein anderes Beispiel. Die Anhäufung von Bakterien in einer Capillarröhre, welche eine Lösung von Fleischextrakt enthält, ist gleichfalls durch zwei verschiedene Reaktionen bedingt. Die Schwimmbewegung führt die Bakterien zufällig vor die Oeffnung des Rohres, in die Diffusionssphäre des Fleischextraktes. Von diesem Augenblick an sind die Mikroben in einer Falle gefangen, denn sobald ihre Schwimmbewegungen die Schwelle der Diffusionssphäre zu überspringen streben, wirft eine heftige Rückwärtsbewegung sie von der Oeffnung des Rohres zurück (Rotherth 1901). Alle Individuen dringen endlich in das Rohr hinein. Sobald sie in die Röhre eingedrungen sind, verhindert dieselbe Reaktion (Phobismus), welche sie in der Diffusionszone festhielt, sie von jetzt ab zu verlassen. Wie man sieht, ist hier nicht der geringste Taxismus im Spiel. In keinem Augenblick giebt es eine Winkelbewegung, und die Anhäufung der Bakterien ist einzig durch zwei Ortsbewegungen bedingt.

A. Ortsbewegungen. Wir erörtern nur jene, welche durch gut bekannte Mittel erzeugt werden, indem wir die Bewegungen der Os-



cillatoriaceen, Beggiatoaceen, Diatomeen, Gregarinen etc. beiseite lassen.

α) Nectismus. Schwimmen vermittelt der Cilien oder Geißeln bei den Schizomyceten, Flagellaten, Zoosporen der Rhizopoden, Algen und Pilze, Infusorien, beinahe allen Spermatozoen und vielen sehr jungen Larven. Die einzelligen Lebewesen schwimmen im allgemeinen nicht geradlinig: sie beschreiben häufig eine Schneckenlinie, welche sich entweder aus der Art, mit der die Bewegungsorganellen schwingen, oder aus der Körperform ergibt.

β) Herpismus. Kriechen mit Hilfe sehr verschieden geformter Pseudopodien. Die Rhizopoden, niederen Flagellaten und gewisse Sporozoen, Leukocyten, einige Zoosporen und Spermatozoen zeigen diese Art der Bewegung. In diese Abteilung könnte man auch die intracellulären Protoplasmabewegungen mit einbeziehen (Rotation und Cirkulation).

γ) Phobismus. Von vielen Organismen wird bei Gegenwart eines „unangenehmen“ Reizes ein heftiges Zurückweichen ausgeführt. Diese Aktion war zum erstenmale von Engelmann (1882) bei einem Bakterium beobachtet worden, der ihr den Namen „Schreckbewegung“ gegeben hat, welchen Terminus ich mit Phobismus übersetze. Jennings (1897 und 1899) hat den Phobismus bei *Paramaecium Aurelia* (Infusor) untersucht, wo er sehr häufig ist. Er ist auf diese Weise, dass dieses Infusor auf chemische Substanzen, konzentrierte Lösungen, Wärme, Erschütterung etc. reagiert. Der Autor verwechselt Phobismus und Taxismus. Ganz neuerdings hat Rotherth (1901) ihn bei verschiedenen Bakterien wieder studiert, er trennt ihn auch nicht vom Taxismus. . . In Wirklichkeit ist der Phobismus ganz verschieden vom Taxismus: er ist gekennzeichnet durch ein direktes Zurückweichen, d. h. durch die Bewegung, durch welche der Organismus, ohne eine Drehung um seine transversale Axe, in der Richtung seines früher nach hinten gewendeten Endes zu schwimmen anfängt.

δ) Proteismus. Mehr oder weniger plötzliche Verkürzung der Längsaxe, die Gestalt des Körpers wird für gewöhnlich verändert. Viele niedere Organismen (Gregarinen, Flagellaten, Infusorien) können ihren Körper so stark einziehen, dass die Längsaxe viel kürzer wird als der Durchmesser; zur selben Zeit führt der Körper häufig ziehharmonikaähnliche Bewegungen aus, namentlich bei den Flagellaten (*Euglena*, *Eutreptia*), bei denen diese Bewegungen den Namen Metabolismus erhalten hatten. Bei gewissen Formen ist die Kontraktion nicht symmetrisch, so dass sich der Körper krümmt.

Man kann in dieser Abteilung auch noch die Bewegungen unterbringen, welche die Stiele vieler festsitzender peritricher Infusorien (*Vorticella* etc.) ausführen.

B. Winkelbewegungen. Diese sind Reaktionen, welche die Axe des Gesamtkörpers (bei den beweglichen Organismen), oder die Axe eines Organes (festsitzende Pflanzen) in eine neue Stellung bringen, derart, dass sie einen Winkel mit der ursprünglichen Stellung bildet; sie bedingen niemals irgend eine Fortbewegung des Körpers.

In ihrer neuen Stellung wird die Axe des Organes oder des Organismus entweder in Bezug zum Reiz oder zum Körper in eine bestimmte Richtung gebracht. Dieser zweite Fall kann sich auch zeigen, selbst wenn der Reiz von außen kommt. So rufen Veränderungen in der Beleuchtung Krümmungen der Blätter von *Oxalis* und vieler anderer Pflanzen hervor: die Blättchen entfernen oder nähern sich einander, d. h. sie nehmen ganz bestimmte Stellungen zum Blattstiel ein, aber niemals in Bezug auf das Licht. Ich könnte z. B. auch noch auf *Colpidium* hinweisen (s. S. 47). Wir haben gesehen, dass unter dem Einfluss eines ganz genau lokalisierten äußeren Reizes (eine zu konzentrierte Lösung) das Infusor gleichfalls eine Reaktion (Clinismus) ausführt, welche aber durchaus keine bestimmte Richtung in Bezug auf diesen Reiz aufweist.

Wir wollen die Reaktionen, welche in Bezug auf den äußeren Reiz selbst eine bestimmte Richtung aufweisen und jene, bei denen die Richtung durch den Körper, d. h. einen inneren Reiz bestimmt wird, gesondert untersuchen. Der Unterschied zwischen den beiden Kategorien besteht also darin, dass bei der ersteren die sichtbare Richtung durch eine äußere Wirkung (Geotropismus) bedingt wird, während sie bei der zweiten gänzlich unter der Abhängigkeit innerer Reize steht (Exonastismus der Blüten zur Zeit ihres Aufblühens), oder wenigstens ein innerer Reiz die Aktion regelt, welche ein äußerer Reiz hervorgebracht hat (Bewegungen der Blätter bei Tagesstellung und bei Nachtstellung).

In diesem letzteren Falle wirkt die äußere Ursache nur durch ihre Stärke, während in dem Falle, wo der äußere Reiz einen bestimmenden Einfluss auf die Aktion ausübt, er nicht nur durch seine Stärke allein, sondern auch vor allen Dingen durch seine Richtung wirkt, z. B. bei der Krümmung der Lufthyphen des *Phycomyces* (Pilz) gegen das Licht.

Ebenso wie bei jeder richtigen und natürlichen Einteilung der Lebensvorgänge begegnen uns auch hier schwierige Fälle. Wir haben schon früher gesehen, dass eine Wurzel, welche sich zu krümmen beginnt, sich wieder gerade zu richten strebt und dass, wenn die Krümmung fest geworden ist, die an den Seiten entstandenen Wurzeln sich nach außen krümmen. Es handelt sich hier um Beispiele von Reaktionen, bei denen die richtende Wirkung in Beziehung zu einem Reiz bekannten Ursprunges steht; aber da die Richtung auch zum Körper der Pflanze in Beziehung steht, werden wir diese Reflexe in die zweite Abteilung einreihen.

1. Reaktionen, deren Richtung durch den äußeren Reiz geregelt wird. Unter der Richtung des Organes nach der Aktion verstehen wir einzig die Richtung desjenigen Teiles, welche den äußeren Reiz wahrnimmt. Wenn wir also sagen, die Blüte eines Stiefmütterchens wende sich gegen das Licht, so haben wir nur die Endstellung der Blüte selbst im Auge, indem wir von den häufig sehr ungewöhnlichen Richtungen, welche der Stiel annimmt, absehen.

Mit Rücksicht auf den richtenden Einfluss des Lichtes zeigen die Desmidiaceen eine sehr sonderbare Eigentümlichkeit: sie drehen abwechselnd die beiden Enden gegen das Licht (Stahl 1880).

α) Taxismus. Abweichung des Körpers der einzelligen Lebewesen und Larven; z. B. Elektrotaxismus (s. S. 20), Phototaxismus (s. S. 16, 19).

β) Tropismus. Die hinlänglich bekannten Krümmungen, welche die pflanzlichen Organe vollführen; z. B. Geotropismus (s. S. 18).

γ) Strophismus<sup>1)</sup>. Die Torsion, welche von den pflanzlichen Organen ausgeführt wird; z. B. Photostrophismus (s. S. 43).

2. Reaktionen, deren Richtung in Beziehung zum Körper steht. α) Clinismus. Neigung der Körperaxe bei den einzelligen Lebewesen von der Art, dass die Körperaxe einen Winkel mit der ursprünglichen Stellung bildet (Jennings 1897, 1899, 1900). In den am besten bekannten Fällen wird der Clinismus durch andere Cilien hervorgerufen als der Taxismus (Pearl 1900). Es ist daher verhältnismäßig leicht, die beiden Reaktionen voneinander zu unterscheiden, was von Jennings vernachlässigt wurde. Bei den Flagellaten ist die Unterscheidung viel schwieriger, weil dieselben Geißeln wirksam sind. Schließlich bei den Amöben und anderen Pseudopodien ausstendenden Zellen ist es aufgelegter Maßen unmöglich, Clinismus, Taxismus und selbst Phobismus zu unterscheiden, weil der Körper zu keiner Zeit eine bestimmte Axe besitzt.

β) Nastismus<sup>2)</sup>. Die Krümmungen, welche die pflanzlichen Organe unter der Einwirkung sehr verschiedener Reize ausführen. Sie sind oft mit Tropismus verwechselt worden. Wir nennen besonders die Krümmungen, welche im allgemeinen viele horizontale Organe gegen die ventrale Seite ausführen, z. B. die Ausläufer von *Lysimachia Nummularia* (Primulacee), die Schließ- und Oeffnungsbewegungen der Blüten, die Tag- und Nachtstellung der Blätter, das Sichwiederaufrichten der neuerlich gekrümmten Organe.

γ) Helicismus. Eine Torsion, welche am häufigsten in einem

1) Schwendner und Krabbe (1892) nennen diese Aktion „Tortismus“. Czapek (1898) hat den gegenwärtigen Terminus eingeführt.

2) Das Wort „Nastie“ wurde zum erstenmal von H. de Vries (1872) in dem Sinne, wie wir es anwenden, gebraucht.

bestimmten Alter bei pflanzlichen Organismen eintritt, z. B. bei den Wickelranken (s. S. 17) oder bei den Früchten von *Streptocarpus* etc.

3. Chemische Reaktionen. Es ist sicher, dass jede wie immer geartete Reaktion von chemischen Veränderungen begleitet wird; woher käme andernfalls die notwendige Kraft? Aber einige Reflexe werden allein durch ein chemisches Phänomen sichtbar: z. B. die Absonderung (Sekretion) der Enzyme bei *Drosera* (fleischfressende Pflanze), welche ein Insekt gefangen hat; die Absonderung der Säure in den Ernährungsvakuolen eines Protozoen (Le Dantec 1890); die Schleimbildung bei vielen niederen Organismen (Klebs 1886). Es giebt ohne Zweifel noch viele andere Beispiele, wo sich ein vorher nicht vorhandener Körper nach einem passenden Reiz bildet; diese Erscheinungen sind durchaus nicht genügend bekannt.

4. Verschiedene Reaktionen. Die niederen Organismen zeigen eine gewisse Anzahl von Reaktionen, die in keine der vorhergehenden Abteilungen gehören. Man kann besonders die folgenden hervorheben:

α) Photismus. Aussendung von Licht unter Einfluss eines Reizes, z. B. bei *Noctiluca* (Massart 1893).

β) Bolismus. Austreibung der Trichocysten oder anderer ähnlicher Zellorganellen bei verschiedenen Infusorien (Massart 1901).

γ) Sphigmismus. Bildung neuer kontraktile Vakuolen durch Einwirkung eines Reizes (Massart 1901). (Schluss folgt.)

## Bemerkungen zu O. Bütschli's „Mechanismus und Vitalismus“.

Von J. Reinke.

(Schluss.)

Gegen diese Lehre von der Maschinenstruktur des Lebendigen richtet nun aber Bütschli seine Angriffe, obgleich er sagt (S. 72), dass wir „eine richtig gebaute und arbeitende Maschine in gewissem Sinne organisiert nennen könnten“. Er bestreitet also nicht die weitgehende Uebereinstimmung zwischen Organisation und Maschinenstruktur, aber er beschränkt diese Analogie ausdrücklich auf die höheren Organismen. (S. 72) „Was bleibt bei einem Mikrocooccus von Organisation übrig?“ fragt er. Wo also eine Zelle sehr klein wird und der mikroskopischen Analyse dadurch Schwierigkeit bereitet, hört danach die Organisation auf. Man fragt sofort: wo ist denn die Grenze der kleinen, nicht organisierten Lebewesen gegen die größeren, organisierten? Wenn ich selbst dem Elementarorganismus und ausdrücklich auch dem Protoplasma Organisation, d. h. Maschinenstruktur zuschreibe, so habe ich diese Maschinenstruktur, abgesehen von einer Reihe anderer Gründe, schon aus der Thatsache gefolgert, dass das Protoplasma in seinen Lebensverrichtungen eine Maschinenthätigkeit ausübt, worunter ich chemische Fabrikthätigkeit subsumiere. Dass der Elementarorganismus

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [22](#)

Autor(en)/Author(s): Massart Jean

Artikel/Article: [Versuch einer Einteilung der nicht-nervösen Reflexe.  
41-52](#)