© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ueber die Bewegung der Amöben.

Von Prof. M. Lagally.

Die Ortsbewegungen der Tiere sind, für sich betrachtet, physikalische Erscheinungen, welche im allgemeinen durch die Kontraktionen bestimmter Muskeln oder Muskelgruppen bedingt werden. Man kann sie daher nachahmen; geschickte Mechaniker haben Automaten konstruiert, Tiere und Menschen, bei welchen die Ortsbewegung in naturgetreuer Weise durch Wirkung von Hebeln vor sich geht, welche durch die Energie einer gespannten Feder Bewegungs-Impulse erhalten. Der physiologische Vorgang bei der Kontraktion eines Muskels, sowie der Reiz, welcher diesen auslöst, fallen nicht in den Kreis unserer Betrachtungen.

Der Gang des Menschen besteht aus einer Reihe von ineinander greifenden und zusammenwirkenden Pendelbewegungen: während der Schwerpunkt eine in der Richtung der Bewegung verlaufende, komplizierte Wellenlinie beschreibt, macht bei jedem Schritt das eine Bein eine Pendelschwingung um seinen Aufhängepunkt am Hüftgelenk, indess durch das andere Bein der Schwerpunkt des Körpers unterstützt wird. In ähnlicher Art, durch schrittweise Verlegung und Unterstützung des Schwerpunktes und Pendelschwingungen der Beine, bewegen sich sehr viele Wirbel- und Gliedertiere. Bei der Ortsbewegung der Tausendfüsser, der Asseln, der Raupen, überhaupt solcher Tiere, welche über eine grosse Anzahl von Fusspaaren verfügen, wird durch rhytmische Bewegung der aufeinander folgenden Beinpaare ein Teil des Körpers nach dem andern nach vorwärts geschoben; dabei wird der in Bewegung befindliche Körperteil entweder kontrahiert oder in die Höhe gebogen; ein Schritt stellt also entweder eine Congotudinale oder transversale Welle vor, welche in der Richtung der Längsachse des Körpers verläuft und die Länge der Welle ist gleich der Schrittlänge.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Ortsbewegungen der zahllosen im Wasser lebenden Tiere lassen sich auf verhältnismässig wenige physikalische Prinzipien zurückführen. Die meisten Fische, verschiedene Seesäugetiere, wie die Wale, die Krokodile und im Wasser lebenden Schlangen, die Larven der Frösche bewegen sich fort durch pendelnde Bewegungen des mit kräftigen Muskeln ausgestatteten Schwanzes, mit dem sie sich gewissermassen an das Widerstand leistende Wasser anstemmen und den vorne zugespitzten Körper durch dasselbe Medium hindurch drücken. Wenn nämlich auf eine Ebene, die sich in einer Flüssigkeit befindet, in irgend einer Richtung, die auf der Ebene nicht senkrecht steht, eine Kraft ausgeübt wird, so bringt diese zwei Wirkungen hervor: Es wird ein Druck senkrecht zur Ebene auf die Flüssigkeit ausgeübt, zugleich aber auch die Ebene durch die Flüssigkeit fortgeschoben in einer Richtung, die in der Ebene liegt und mit der Richtung der Kraft den kleinsten Winkel bildet. Bei den oben angegebenen Tieren ist es die Muskelkraft, welche den vertikal abgeplatteten Schwanz gegen das Wasser drückt. Das Tier vollführt also eine horizontal nach rechts und links pendelnde Bewegung. Betrachtet man die Ortsbewegung der mit Schwimmhäuten oder deren Aequivalent ausgestatteten Tiere, also der Wasservögel, der Frösche, vieler Säugetiere, so findet man zwei andere Prinzipien angewendet: Ein grösserer Körper findet bei der Bewegung in einer Flüssigkeit einen grösseren Widerstand als ein kleinerer; und dann: je grösser die Geschwindigkeit ist, mit der sich ein Körper im Wasser bewegt, einen desto grösseren Widerstand erfährt er. Indem diese Tiere ihre Schwimmorgane zunächst im zusammengefalteten Zustande und verhältnismässig langsam nach vorwärts bewegen und sie dann ausgefaltet rasch nach rückwärts stossen, bewegen sie sich in der Flüssigkeit oder an ihrer Oberfläche fort. Diese Prinzipien findet man auch bei vielen niederen Tieren, von den Krustern bis zu den Infusorien, angewendet.

In ganz anderer Weise erfolgt die Fortbewegung bei den Cephalopoden, von denen die Tintenfische die bekanntesten sind: das in die Leibeshöhle aufgenommene Wasser wird durch Kontraktion derselben durch eine verhältnismässig enge Oeffnung ausgetrieben; durch die Reaktion des austretenden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wasserstrahles erfolgt dann eine stossweise Fortbewegung des Tieres in entgegengesetzter Richtung.

Wenn nun so die Fortbewegungen der Tiere im Wasser im allgemeinen leicht auf mechanische Prinzipien sich zurükführen lassen, so gibt es doch einige Bewegungsformen, deren Erklärung Schwierigkeiten macht; abgesehen von einigen speziellen Fällen, wie z. B. dem Kriechen der Schnecken an der Oberfläche des Wassers, trifft das besonders für die Bewegung der Amöben, im allgemeinen überhaupt der Protozoen, zu. Die Amöben gehören zu den am tiefsten stehenden einzelligen Lebewesen. Ihr Körper besteht eigentlich nur aus einem Klümpchen Protoplasma. Jede Differenzierung des Körpers in Bewegungsorgane, jedes Anzeichen einer Muskulatur, jede Art von Körperhülle fehlt vollständig. Sie leben im Wasser oder einer andern Flüssigkeit, oder an sehr feuchten Orten, so dass ihr Körper doch beständig von Flüssigkeit umgeben ist; die im Blute der Wirbeltiere vorkommenden weissen Blutkörperchen kann man in gewissem Sinne zu ihnen zählen. — Jedoch ist das Protoplasma, welches den Leib dieser Tiere ausmacht, ganz abgesehen von dem niemals fehlenden Zellkern, keineswegs eine homogene oder in Ruhe befindliche Masse; beständig finden in dem Zellleib Strömungen und Veränderungen statt, deren Ursache weiter nicht bekannt ist.

Die Fortbewegung der Amöben geschieht nun, wie man liest, in der Weise, dass das Tier eigentümlich gestaltete Fortsätze, Pseudopodien ausstreckt, welche dann in den Körper wieder eingezogen werden oder aber den übrigen Körper nach sich ziehen oder sich allmählich erweiternd die ganze Körpermasse aufnehmen. Die gewöhnliche Erklärung des Vorganges enthält eine physikalische Unmöglichkeit. Ein mit Muskulatur versehenes Tier kann Gliedmassen ausstrecken, eine Amöbe aber kann ihre Pseudopodien nicht ausstrecken.

Jede Kraft, welche nicht eine Trägheitskraft ist, besitzt stets zwei Angriffspunkte; Kraft und Widerstand sind untrennbar mitsammen verbunden, so dass eine ohne die andere nicht gedacht werden kann. Wo kein Widerstand möglich, da kann eine Kraftäusserung, die stets Bewegung schafft oder vernichtet, nicht stattfinden. So geschieht jede Bewegung der Gliedmassen eines höher organisirten Tieres in der Weise, dass

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ein Muskel sich zusammenzieht, welcher an zwei Punkten befestigt ist; auf diese beiden Punkte wirken dann gleiche aber entgegengesetzt gerichtete Kräfte; indem der eine in Ruhe verharrt, wird der andere ihm genähert; ein durchschnittener Muskel kann sich zwar kontrahieren, aber eine Bewegung kann er nicht mehr hervorrufen. Auch eine Fortbewegung des ganzen Körpers kann nur stattfinden, wenn ausser ihm ein anderer, Widerstand leistenden Körper vorhanden ist. Wenn jemand in die Höhe springen will, so ist es nur dann möglich, wenn er sich auf einem festen, d. h. widerstandsfähigen Boden befindet; auf einem vollkommen weichen, widerstandsunfähigen Boden kann niemand einen Sprung ausführen.

In einem ähnlichen Falle befände sich eine Amöbe, wenn sie eine der Pseudopodien „ausstrecken" wollte. Da der Körper keine Art von Muskeln besitzt, so könnte das Ausstrecken nur in der Weise geschehen, dass an einer bestimmten Körperstelle das Plasma in Form eines langen, dünnen Schlauches herausgetrieben würde; man kann sich aber einen derartigen Vorgang durchaus nicht vorstellen, und zwar deshalb nicht, weil die den Vorgang bewirkende Kraft keinerlei Gegenkraft fände; denn wenn an irgend einer Stelle im inneren eine Kraft auftreten würde, welche das Plasma heraustreibt, so müsste an derselben Stelle eine genau gleich grosse entgegengesetzt gerichtete Kraft auftreten. Wirkt nun die eine auf das Plasma, so wirkt auch die andere auf das Plasma und es ist nicht einzusehen, warum die eine eine Bewegung herbeiführen sollte, die andere aber nicht. Wenn beispielsweise eine zusammengepresste elastische Feder im Wasser plötzlich entspannt wird, so wirkt sie in beiden Richtungen in gleicher Weise. Die innere Spannung ist in jedem Punkte einer homogenen, sich selbst überlassenen Flüssigkeit dieselbe.

Vergegenwärtigen wir uns den Zustand, in welchem sich eine homogene Plasmamasse in einer anderen Flüssigkeit, etwa in Wasser befindet. Da keine Auflösung des Plasmas in der Flüssigkeit stattfindet, müssen die kleinsten Teile des Plasmas auf einander und gegenseitig eine grössere Anziehung ausüben, als auf die kleinsten Teile der Flüssigkeit, das heisst, die Kohäsion der Teilchen des Plasmas muss grösser sein, als ihre Adhäsion gegen die umgebende Flüssigkeit; in diesem Falle aber befinden sich die Teilchen an der Be-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

grenzungsfläche des Plasmas physikalisch in einem anderen Zustande, als die im innern befindlichen: denn während von den letzteren ein jedes von allen Seiten dieselbe Anziehung erfährt, trifft das für die an der Grenze befindlichen nicht mehr zu; sie erfahren nun von den nach innen befindlichen Teilchen Anziehungen, welche sich zu einer nach innen gerichteten Resultierenden zusammensetzen. So entsteht Oberflächenspannung; die an der Grenzfläche befindlichen Teilchen bilden, indem sie alle nach innen einen Druck ausüben, gewissermassen eine elastische Haut, welche das Plasma einschliesst; und weil die inneren Teile gegen einander leicht verschiebbar sind, so muss unter der Einwirkung der elastischen Flüssigkeitshaut das Plasma eine Form annehmen, so dass die Oberfläche möglichst klein ist; es wird also im allgemeinen kugelige Gestalt besitzen, wie ein Oeltropfen im Wasser, wie der Dotter im Eiweiss.

Das gilt aber nur so lange, als erstens das Plasma homogen ist und sich zweitens in einer homogenen Flüssigkeit befindet; denn die Grösse der nach innen gerichteten Kraft, welche die nur im psysikalischen Sinn existierende Flüssigkeitshaut bildet, oder die Grösse der Oberflächenspannung, ist einerseits durch die zwischen den Molekülen des Plasmas wirkende Kohäsion, andererseits durch die zwischen Plasma und Flüssigkeit wirkende Adhäsion bedingt; je geringer die letztere, je grösser also im physikalischen Sinn die Verschiedenheit zwischen dem Plasma und der umgebenden Flüssigkeit, desto grösser ist die Oberflächenspannung; nur wenn sie in allen Punkten von derselben Grösse ist, kann das Plasma Kugelgestalt annehmen.

Was geschieht, wenn das Plasma sich in einer nicht homogenen Flüssigkeit befindet? Zur Beantwortung dieser Frage lässt sich ein ebenso einfacher, als schlagender und lehrreicher physikalischer Versuch ausführen.

Man bringt auf eine horizontale Glasplatte einen Tropfen Xylol oder Toluol. Dann taucht man einen Glasstab in Schwefeläther und hält den so befeuchteten Stab über den Toluoltropfen, bringt auch wohl ein Tröpfchen Aether auf die Glasplatte neben den Toluoltropfen; man sieht dann, wie dieser Tropfen gewissermassen Leben bekommt, seine Form

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ändert und schleunigst von dem Äthertropfen wegkriecht, dabei wohl auch in mehrere Teile sich spaltet.

Zuerst nämlich befand sich der Tropfen in der Luft und abgesehen von der Adhäsion am Glase war die Grösse der Oberflächenspannung einfach durch die physikalische Verschiedenheit zwischen dem Toluol und der umgebenden Luft bestimmt; dann aber sinkt der schwere Ätherdampf auf die Platte, von der er in unregelmässiger Weise wieder abströmt; nunmehr befindet sich der Toluoltropfen nicht mehr in einem homogenen Medium, also ist auch seine Oberflächenspannung nicht mehr in allen Punkten dieselbe; sie ist grösser dort, wo der Aetherdampf den Toluoltropfen bespült, als da, wo er an Luft grenzt; da nun die Flüssigkeit im Tropfen nicht mehr von allen Seiten denselben Druck nach innen erfährt, so baucht sich der Tropfen an der Stelle aus, wo er die geringere Oberflächenspannung besitzt und da er mit einer Fläche am Glase adhärirt, bewegt er sich in der Linie des geringsten Widerstandes — der Tropfen rückt von der Stelle. Man denke sich zum Vergleich eine mit Luft prall gefüllte Blase; würde auf irgend eine Weise an einer Stelle die Wand verdünnt oder ihre Widerstandsfähigkeit vermindert werden, so würde dort eine Ausbauchung oder Auswölbung auftreten; wäre zugleich die Blase auf einer Unterlage, etwa einer Tischfläche fixiert, so würde zugleich eine Verschiebung derselben auf der Unterlage eintreten.

Wenn auf diese Weise eine Formveränderung des homogenen Tropfens in einem inhomogenen Mittel eintritt, so muss dasselbe Resultat sich ergeben, wenn der Inhalt des Tropfens oder das ihn erfüllende Medium inhomogen wird. Das ist aber bei unserer Plasmakugel der Fall; denn wir haben hier einen lebenden Körper vor uns, der durch Assimilation fremder Körper sich ernährt und wächst. Der äusserst einfache Organismus verrät seine Lebenstätigkeit durch Strömungen, die in seiner Masse auftreten und welche unter dem Mikroskop leicht nachweisbar sind. Die nächste, für uns Menschen erkennbare Ursache der Strömungen beruht in einer chemischen Differenzierung des Plasmaleibes, welche mit einer physikalischen Veränderung der Adhäsionsbeziehungen zwischen dem Plasma und dem umgebenden Medium und so auch mit einer Veränderung der Oberflächenspannung verbunden ist. Wenn an

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

irgend einer Stelle in Folge der Lebenstätigkeit eine Veränderung derart eintritt, dass die Oberflächenspannung geringer wird, so ist das Gleichgewicht gestört: bisher unterlag der ganze Körper an allen Stellen der gleichen von aussen nach innen wirkenden Spannung; wird diese an irgend einer Stelle verkleinert, so presst der sonst überall in gleicher Weise fortwirkende Druck an der nachgebenden Stelle die Flüssigkeit in Form eines Pseudopodiums hinaus; das Mikroskop zeigt, dass nun eine doppelte Strömung auftritt, welche einerseits vom Körper aus bis zu den letzten Enden des Pseudopodiums, andererseits von diesen zurück zum Körper führen. Durch diese Strömungen wird die physikalisch-chemische Verschiedenheit zwischen dem Körperplasma und dem im Pseudopodium befindlichen wieder aufgehoben; damit tritt wieder gleiche Oberflächenspannung in allen Teilen ein, der Körper nimmt wieder kleinste Oberfläche und damit Kugelgestalt an.

Dieser ideale Fall tritt wohl niemals ein, weil niemals das Plasma ein homogener Körper ist. Vielleicht ist es auch hier der Hunger, welcher Bewegung schafft und so nicht allein das Individuum erhält, sondern auch die Grundlage für eine mögliche Weiterentwicklung der Art abgibt. Denn wir sehen, wie die Pseudopodien Nahrungsmittel umfliessen und sie dem Körper einverleiben; wenn also durch das Hervorquellen der Pseudopodien der Organismus mit Nahrung versorgt wird, so mag wohl auch der Mangel an Nahrung oder das Verlangen nach Nahrung die Ursache des Auftretens der Pseudopodien sein. Nun sind aber, wenn man nicht eine wahl- und ursachlose, also rein zufällige Veränderung des Zellkörpers annehmen will, zwei Fälle denkbar: entweder verbleibt die assimilierte Nahrung an der Stelle, wo sie dem Körper einverleibt wurde, so dass gewissermassen verschiedene Teile der Zelle gesättigt, andere aber hungrig waren; die hungrigen, welche eine geringere physikalisch-chemische Differenz gegen das umgebende Medium besitzen, werden dann ausgepresst und so ausgeschickt, um Nahrung aufzusuchen; oder aber, es wird durch das in der Nähe befindliche Nahrungsmittel ein Reiz auf den Organismus ausgeübt, welcher dem Wesen nach mit den Sinnesempfindungen der höheren Tiere vollkommen übereinstimmt und durch Veränderung der chemischen Zusammensetzung Kräfte auslöst, welche zu Bewegungen und durch diese zur Befriedigung des

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Reizes führen. Für letztere Annahme würde die Tatsache sprechen, dass die austretenden Pseudopodien, trotz ihrer Unbestimmtheit und Veränderlichkeit doch stets einen bestimmten Typus einhalten, welcher für die Art charakteristisch ist; so sind bei einigen Arten die Pseudopodien lappenförmig, bei anderen fadenförmig. Konsequenter Weise kommt man zu der Annahme, dass auch bei diesen niedrigst stehenden Lebewesen die Sinnesempfindungen bereits lokalisiert sind, derart, dass an bestimmten Stellen durch Einwirkung des Reizes eine Veränderung der Oberflächenspannung eintritt, welche das Auftreten eines Pseudopodiums bewirkt. Während also die höheren Tiere Gliedmassen besitzen, würden deren Äquivalente bei den Amöben nur von Fall zu Fall an bestimmten Stellen entstehen.

Aber noch ein zweites Naturprinzip ausser der Oberflächenspannung ist bei der Bildung und Umformung des Protaplasmaleibes der Amöben wirksam — der osmotische Druck und seine Veränderungen; durch ihn nimmt der Zellleib das notwendige Wasser auf; durch ihn müssen auch die Endresultate des Stoffwechsels wieder entfernt werden. Es ist eine reine, durch keinerlei Art von Beobachtung gerechtfertigte Annahme, welche aber doch zunächst als ein Bild für noch unbekannte Lebensvorgänge vielleicht von Interesse ist, wenn wir uns vorstellen, dass mit den Resultaten des Stoffwechsels auch die im Körper vorhandenen Calcium- oder Siliziumverbindungen durch den osmotischen Druck aus dem Körper heraus an dessen Oberfläche geschafft werden. An jenen Reizstellen, wo Pseudopodien austreten und vergehen, können sie nicht abgelagert werden, sondern nur an den übrigen unempfindlichen Stellen der Körperoberfläche. Auf diese Weise wäre die erste Ursache zur Entstehung jener äusserst zierlichen Kalk- oder Kieselgerüste gegeben, welche wir bei den Radiolarien und Rhizopoden in unendlicher Formenfülle bewundern.

Wahrlich, wunderbarer und unbegreiflicher als die Konstitution der höheren Tiere ist die Konstitution der Zelle, wenn sie nicht als Baustein, sondern als Individuum auftritt und in ihrer Erforschung liegt der Schlüssel zum Verständnis der Organismen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Regensburg

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Lagally M.

Artikel/Article: Ueber die Bewegung der Amöben. 108-115