FLORA.

56. Jahrgang.

№ 6. Regensburg, 21. Februar 1873.

Inhalt. Dr. W. Velten: Bewegung und Bau des Protoplasmas. — O. Böckeler: Zwei neue Cyperaceen-Gattungen, Sphaeropus und Lasiolepis. — Dr. Eug. Warming: Uebersicht über die Erscheinungen in der dänischen botanischen Literatur. — Literatur. — Anzeige.

Bewegung und Bau des Protoplasmas.

Von Dr. W. Velten.

Bei einer anatomischen Untersuchung, mit der ich mich früher beschäftigte, hatte ich nicht unterlassen mein Augenmerk nebenbei auch auf den Inhalt der Zellen zu lenken. Hierbei beobachtete ich Bewegungen des Protoplasmas in Theilen von Pflanzen, von denen sie bisher noch nicht bekannt waren.[1]) Bewegungen des Protoplasmas an sich waren a priori schon vorauszusehen; es handelte sich mehr um die Frage, welcher Art dieselben seien, als ob sie überhaupt vorhanden sind. Die Frage wurde dahin entschieden, dass die meisten Cambiumzellen sich durch eine Rotation des Zelleninhaltes auszeichnen. Dieser Fund hatte in mir den Wunsch rege gemacht, das Protoplasma und seine Bewegungen einem eingehenden Studium zu unterwerfen, eine Arbeit, von der ich mich bis heute trotz äusserer und innerer Schwierigkeiten nicht mehr habe lossagen können.

Es war anfänglich meine Absicht, meine Resultate im Zusammenhange mitzutheilen; allein das vorliegende Thema als solches hat heutzutage eine solche Ausdehnung angenommen, so dass eine eingehende gleichmässige Behandlung desselben jahrelange Erfahrungen erfordert. Was mir abschlussreif erscheint will ich

1) Velten, bot. Zeit. 1872 No. 36.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0083-5

daher jetzt in einzelnen Aufsätzen erscheinen lassen; das Uebrige soll später nachfolgen. Wird man mir die Ehre anthun, meine Arbeiten zu berücksichtigen, so ergibt sich dabei der Vortheil, dass wenn man im Stande sein sollte, mir etwaige Irrthümer bald nachzuweisen, ich nicht der Gefahr ausgesezt bin, auf falschen Auffassungen fussend weiter zu bauen.

Der wichtigste Körper aller Organismen ist unstreitig das Protoplasma. Im Pflanzenreich ist dasselbe meist rings umschlossen von einer festen Membran. Ist eine Membran nicht vorhanden, so vertritt die Stelle derselben eine membranartige Hülle. Gänzlich nackte Zellen, nicht einmal nackte Protoplasmakörper scheinen nicht zu existiren, oder es ist wenigstens ihr Vorkommen nur rasch vorübergehend. Ist eine Membran vorhanden, so wird dem Protoplasma stets noch eine besondere Hülle, der Primordialschlauch zugestanden.

Alle Forscher stimmen darin überein, dass das Protoplasma organisirt ist, das heisst, dass es die Fähigkeit hat, mittelst eines höchst complicirten, bis jetzt nicht erfassbaren Mechanismus gleichzeitig eine Menge Funktionen auszuführen, von denen die in die Augen fallendste die selbstständige Bewegung desselben ist.

Wo wir wiederkehrende Bewegungen an dem Protoplasma wahrnehmen, sind wir immer sicher, dass dasselbe noch lebt; in keinem Falle darf aber aus der Bewegungslosigkeit desselben geschlossen werden, dass dasselbe todt sei. Beobachtet man Bewegungslosigkeit, so ist entweder die selbstständige Bewegung so langsam, dass sie unserem bewaffneten Auge entgeht, oder die Bewegung ist durch irgend welche Einflüsse sistirt, oder das Protoplasma ist todt.

Es scheint ein Gesetz von allgemeinster Geltung zu sein, dass alles Protoplasma während einer gewissen Zeit seines Lebens die Fähigkeit hat, sich zu bewegen, wobei ich nur an die wiederkehrenden Ortsveränderungen denke, nicht an die sich von selbst verstehenden Bewegungen einzelner Moleküle nach einem bestimmten Punkte hin, wo dieselben liegen bleiben, wie z. B. bei der Bildung der Membran.

Aus dem, was ich bis jetzt über die Verbreitung der protoplasmatischen Bewegungen mitgetheilt habe, lässt sich sicher auf dem Wege der Analogie schliessen, dass abgesehen von den bekannten Thatsachen für alle Cambiumzellen, mögen sie zu Elementen werden zu welchen sie wollen, die Bewegung des Inhalts als eine ständige Eigenschaft angesehen werden kann. Ausführ-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0084-1

licheres werde ich über die Verbreitung der Bewegungserscheinungen in einem Specialaufsatze später bringen.[1]) Gegen die aufgestellte Behauptung, dass die Bewegungsfähigkeit ein Gesetz sei, liessen sich am ersten noch Einwände machen bei der Betrachtung niederer Organismen; allein wenn man bedenkt, dass alle Lebensprocesse bei diesen kleinen Gebilden nicht so augenfällig in Erscheinung treten, dass namentlich die Masse des Protoplasmas zurücktritt, so lässt sich erwarten, dass auch bei diesen bei erhöhter Aufmerksamkeit die Bewegungserscheinungen allgemein wahrgenommen werden. Für gewöhnlich reducirt sich bei ihnen für die Fälle, die ich bis jetzt aus eigener Erfahrung kenne, die Bewegung des Protoplasmas auf ein einfaches Glitschen von Körnchen oder Plasma. In der Regel wird hier ein flüchtiger Blick die vor sich gehende Veränderung nie erkennen; nur andauernde Aufmerksamkeit wird zum gewünschten Ziele führen.

Meist wird das Protoplasma als eine formlose Masse betrachtet. Namentlich sind es die Thierphysiologen, bei denen diese Vorstellung geläufig ist. Einer ihrer genialsten Vertreter hatte ja die Zelle als ein Klümpchen Protoplasma definirt, in dessem Innern ein Kern liegt.[2]) Ein Klümpchen Protoplasma kann aber ausserordentlich vielgestaltig sein, von bestimmten Formen, in denen das Protoplasma auftritt, kann unter diesem Ausdruck nicht mehr die Rede sein. Gerade bei den Primordialzellen sieht man oft genug eine bestimmte wohl definirbare Form, von der Niemand behaupten wird, dass die Gestalt bedingt sei durch eine äussere relative feste Hülle; und ebenso in complicirteren Fällen, wie bei dem verzweigten Protoplasma der Haarzellen und anderer, sind bestimmte Formen eingehalten. Wie bei der Betrachtung ganzer Pflanzen die Formen für sich die Quelle eines ausgedehnten Studiums geworden sind, kann man sich auch berechtigt halten im morphologischem Sinne die Gestalt einer Protoplasmamasse zu behandeln; ebenso wie dort ist die Form das letzte Resultat eines physiologischen Vorgangs, ebenso wie dort hat die Variation

---

1) Pag. 650 bot. Zeitung 1872 No. 36 meines vorläufigen Berichts hat sich ein sinnentstellender Druckfehler eingeschlichen. Der Satz von Zeile 1—6 soll heissen: Eine Eigenthümlichkeit der Rotationsströmmung ist die, dass das Plasma sich in sich selbst zurücklaufender Bahn bewegt, dass aber einzelne Partikelchen ein kleines Stück zurücklaufen, dem allgemeinen Strom entgegenlaufen, um dann wieder vorwärts zu gehen; die Theilchen werden wie hin und hergezerrt.

2) Schultze, Müllers Archiv für Anatomie 1861 p. 11. —

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0085-6

der Form ihre Grenzen, nur ist sie hier zwischen diesen Grenzen in der Zeit in mannigfaltigem Wechsel begriffen.

Das Protoplasma erfüllt in den jüngsten Stadien der Zellen gleichmässig den ganzen Raum; später nimmt es Wasser auf, das an verschiedenen Punkten zusammenfliesst und hier die Vacuolen darstellt; die Vacuolen fliessen endlich zusammen, so dass dann die Zelle entweder nur Protoplasma an der Wand besitzt (einen Wandbeleg, nicht zu verwechseln mit Primordialschlauch) oder das Innere bleibt durchzogen von Protoplasmasträngen. Zur Zeit, wo die Vacuolen auftreten, beginnt das Protoplasma sich selbstständig zu bewegen. Die Arten, in denen diess geschieht, sind sehr verschieden und stellen wohl eine für das Pflanzenreich als Ganzes betrachtet continuirliche Reihe dar. Namentlich waren es zweierlei Arten, die Rotation und die Circulation, die unsere älteren Botaniker als besonders charakteristisch herausnahmen. In dem Masse als unsere Erkenntniss wächst, nimmt auch unser Begriffsvermögen zu und so sind dann noch weitere Arten als charakteristische Formen beschrieben worden, auf die ich mich hier nicht einlassen will.

Es mag hier der Ort sein, auf einen Punkt zu sprechen zu kommen, über den man sich noch wenig eingehend ausgelassen hat; es betrifft die Bahn der Rotationsbewegung. Nägeli war es, der zuerst darauf aufmerksam machte, dass die Rotation in den Charenzellen immer den längsten Weg einschlage. Er sagt: „Ist die Zelle scheibenförmig niedergedrückt, so geht sie rings um die Zelle und die Strömmungsebene schneidet die kurze Zellenachse unter einem rechten Winkel. Ist die Zelle röhrenförmig verlängert, so läuft die Strömungsebene parallel mit der Zellenachse.“ [1]) Wie Nägeli den längsten Weg genommen wissen will, darüber kann kein Zweifel sein; es bedarf das Ganze nur eines bestimmteren Ausdruckes. Gerade bei den älteren Charenzellen ist die Strömungsebene gewiss nicht parallel der Zellenaxe; der Strom ist wie Nägeli selbst ausführlich mittheilt spiralig gedreht. Den längsten Weg in der Zelle würde der Protoplasmastrom offenbar dann durchlaufen, wenn die Spirale möglichst niedergedrückt wäre. Thatsächlich schliesst aber die Spirale auch in den längsten Zellen eine beschränkte Anzahl von Windungen in sich ein. Nägeli versteht unter seinem längsten

1) Nägeli, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik; II. Heft p. 62. —

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0086-2

Weg den Rotationsweg, der in einer Ebene liegt; so stellt sich die Rotation in den jüngeren Charenzellen dar.

Der spiralige Verlauf der Rotation ist ein wenig verbreiteter Fall. Es sind vor Allem die Characeen, dann Hydrocharis-wurzelhaare, die diese Erscheinung zeigen. Die spiralige Rotation hat Meyen einigemale bei Vallisneriablattzellen gesehen und ich habe sie ausnahmsweise bei Elodeablattzellen beobachtet. Die Rotation, bei der das Protoplasma den längsten Weg in einer Ebene der Wand entlang in der Zelle einschlägt, ist die allgemeinste und weitverbreitetste; ein solcher Verlauf ist Regel, niemals Gesetz.

Bei Elodeablattzellen finde ich die häufige Erscheinung, dass die Rotation, wenn sie recht lebhaft ist, nicht nur parallel den Seitenwänden verläuft, wie das allgemein angenommen wird, sondern sie schlägt noch einen etwas längeren Weg ein und das ist derjenige, welcher rings um eine Ebene geht, welche diagonal die parallelepipedischen Oberhautzellen schneidet. Man überzeugt sich öfters, dass der Protoplasmastrom einerseits oben in der *langen Kante sich hinzieht, schief über die kleinere Querwand abwärts biegt, die untere lange Kante verfolgt* und dann wieder *diagonal über die zweite Querwand nach aufwärts steigt* — oder umgekehrt.

Abweichungen von dem als Regel bezeichneten Verlauf kommen ausser jener spiraligen Bahn gerade bei *Vallisneria* und *Elodea* häufig vor. Man sieht beispielsweise eine durch Insolation oder Kälte bedingte Abänderung derart, dass das sich bewegende Protoplasma sich nicht mehr den Wänden anschmiegt, sondern dass es als Klumpen in der Mitte oder in den Ecken der Zellen um seine eigene Axe rotirt. Die Rotationsaxe kann in diesem Falle mit der gewöhnlichen parallel sein; sie ist es aber nicht immer. Zweitens findet man statt eines einzigen Rotationsstromes zwei oder noch mehr, ohne dass desswegen die einzelnen geschlossenen Ströme abgetheilt sein müssten durch eine quer das Innere der Zelle durchziehende Protoplasmaplatte; auch kommen zwei Rotationsströme in ein und derselben Zelle vor, die entgegengesetzt sind in ihrer Richtung und direkt übereinander an den Seitenwänden kreisen; ein solcher Fall ist aber immer nur von kurzer Dauer. Endlich mag noch erwähnt werden, als besonders augenfällige Erscheinung, dass der Rotationsstrom manchmal nur um eine einzige Wand kreist, sei es die obere oder untere oder eine Seitenwand.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0087-8

Es frägt sich nun, wodurch ist es bedingt, dass der Rotationsstrom einmal scheinbar beliebig seinen Ort aussucht, wo er seine Bewegungen vollzieht, das anderemal an den längsten Weg gebunden ist, der in einer Ebene liegt. Auf die erste Frage lässt sich keine allgemeine Antwort geben: einzelne Fälle lassen sich aus der zweiten zu beantwortenden Frage ableiten, andere sind zur Zeit für uns zu complicirt, um ihre Ursachen zu erkennen. Ich will versuchen, die zweite Frage zu beantworten und einen Beweis für meine Behauptung beizubringen. Ich behaupte, das Protoplasma sucht sich bei der Rotation den Weg der geringsten Schwierigkeiten, den der geringsten Widerstände aus. Dieser Satz ist physikalisch genommen an und für sich selbstverständlich; für das organische Leben bedarf er jedoch zu seiner Sicherstellung des Beweises.

Die Zellen des Vallisneriablattes mögen uns über diesen Punkt Aufklärung ertheilen. In dem Kapitel über die Einwirkung der Elektricität auf das Protoplasma werde ich zu zeigen haben, dass partielle Störungen in dem Protoplasma verschiedenartiger Zellen hervorgebracht werden können dadurch, dass man Sorge trägt schwache Ströme verschiedener Dichtigkeit der Elektricität in die Zelle hereinbrechen zu lassen. Ich will kurz andeuten, dass es bei Vallisneriablattzellen, von denen ein Aggregat parallel dem elektrischen Strome auf den Objectträger gebracht wird, zunächst die Stellen der Querwände sind, wo das Protoplasma eigenthümlich afficirt wird. Unter andern Erscheinungen zeigt es sich, dass dasselbe auf Einwirkung schwacher Ströme hin manchmal nur an einem einzigen Puncte eine Contusion erleidet, welche unter Umständen während des dauernden Stromsschlusses sich wieder von selbst aufhebt. Ich verfolgte eine solche Zelle längere Zeit, bei der die Rotation lebhaft im Gange war und bei der nur eine einzige kleine Stelle an der einen Querwand bei Stromschlusse starr wurde. Alles Protoplasma und die Chlorophyllkörner, welche auf diese beschädigte Stelle losstürzten wurden plötzlich in ihrer Bewegung aufgehalten und nur mit Mühe gelangten sie über sie hinweg, um ihren Lauf an der Seitenwand fortzusetzen. In der Weise ging es fort eine Viertelstunde lang, während dessen der Inductionsstrom beständig geschlossen blieb; jetzt aber schien der Starrzustand an besagter Stelle an Umfang zuzunehmen; ein Hinübergelangen des zueilenden Protoplasmas und der Chlorophyllkörner wurde unmöglich und die Folge davon war, dass mit Ausnahme einzelner Inhaltsparthien sich der Strom eine neue Bahn

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0088-4

brach; er gleitete nach abwärts seinen Weg mitten über die untere Wand nehmend und kehrte am Rande der obern Wand wieder zurück. So war ein geschlossener Strom entstanden, der mit fast unverminderter Schnelligkeit wie der ursprüngliche vor dem Versuche sich bewegte und der nahezu rechtwinklig zu dem ursprünglichen verlief. Trotz dauernden Stromschlusses war nach einer weiteren Viertelstunde der Starrezustand in der Mitte der einen Querwand wieder aufgehoben, was sich dadurch anzeigte, dass der Rotationsstrom allmählig wieder in seine alte Bahn den Seitenwänden der Zelle entlang zurückkehrte. Das ganze Phänomen beobachtete ich an einer und derselben Zelle zweimal direkt hintereinander.

Es steht somit durch diese Thatsache ausser Zweifel, dass das Protoplasma sich dahin bewegt, wo es die geringste Reibung, die geringsten Hindernisse zu überwinden hat. In parallelepipedischen Zellen, wie in unserem Falle, ist der längste Weg der Wand entlang gezogen und in einer Ebene gelegen derjenige, welcher die schmäleren Seitenwände berührt und nach ihm folgt in Bezug auf Länge ein dazu senkrecht stehender.

Die Centrifugalkraft hat selbstverständlich keine Beziehung zu der Lage der Strömungsebene; wohl aber kommt sie in Betracht bei der Frage warum bewegen sich gewöhnlich die protoplasmatischen Gebilde an der Wand? Dass dieselbe mit eine Rolle spielt, ist direkt daraus ersichtlich, dass in dem Fall, in welchem die protoplasmatischen Gebilde als Klumpen in der Zelle um ihre eigenen Axen ihre Rotationen ausführen, einzelne Theile, seien es Chlorophyllkörner oder Plasmatheilchen, bei der Umdrehung hinweggeschleudert werden und diese dann ihre Bewegungen an der Wand fortsetzen; die Centrifugalkraft ist aber nicht die einzige Ursache des Wandströmens.

Die Bewegung des Zelleninhalts wird gewöhnlich so beschrieben, dass nicht der ganze Zelleninhalt in Bewegung sei, sondern nur das Protoplasma sammt Chlorophyllkörnern, Zellkern und sonstigen abgegrenzten Gebilden; der Zellsaft bliebe in Ruhe.

Diesen Behauptungen muss ich nun entschieden entgegentreten und ich will mich ausführlicher über diesen Punkt auslassen, weil er mir besonders wichtig erscheint, weil gerade die Bewegung der im Zellsaft schwimmenden Gebilde uns Aufschluss ertheilen kann über die Bewegung plasmatischer Gebilde, die wir nicht direkt sehen können.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0089-2

Es war Mohl, der sich zuerst darüber aussprach; er sagt: „In den Zellen der Vallisneria ist nicht, wie es auf den ersten Blick erscheint der Zellsaft selbst in Rotation, sondern es ist eine schleimige Flüssigkeit etc.“ [1]) Auch Nägeli lässt es für Chara unentschieden, ob die Zellflüssigkeit in Ruhe sei oder nicht, solange der Protoplasmainhalt noch ein ununterbrochenes Wandbeleg bildet. [2]) Pringsheim bemerkt, die Zellflüssigkeit nehme an der Bewegung des Plasmas nicht Theil. [3]) Auch Hanstein sagt: „die im Zellsaft befindlichen Körperchen zeigen häufig eine taumelnde oder flottirende Bewegung, die von der Strömungsmasse so heftig sie fliesse, in keiner Weise beeinflusst werde.“ [4]) So finden sich noch mehr Beispiele.

A priori wäre ein solches Verhältniss sehr wunderbar. Eine Kraft, äusserlich auf das Protoplasma schiebend oder ziehend wirkend, oder eine aus demselben wirkende sollte nur dieses bewegen nicht aber direkt neben ihm liegende bewegliche Theile, wenn sie auch in ihrer Beschaffenheit noch so verschieden sein sollten. Wenn der Zellsaft sammt den in ihm suspendirten Körperchen in Ruhe bleibt, wenn das Protoplasma sich bewegt, so ist dies nur möglich, wenn man dasselbe eingeschlossen denkt in ein Gefässsystem mit festen Wänden. Die Anwesenheit eines wirklichen Gefässsystems ist früher von einem phantasiereichen aber nicht exacten Kopfe behauptet worden; solche Anschauungen hat aber Mohl schon gründlich widerlegt und heute fällt es keinem Menschen mehr ein, an derartige Dinge zu glauben. Anders verhält es sich mit der Ansicht Hansteins; [5]) derselbe will für das Protoplasma sowohl nach Aussen als nach Innen zähe membranartige Umhüllung angenommen wissen; bei der Rotation sagt er scheine es, als ob das gesammte Protoplasma in stetem Umwälzen in seiner Schale begriffen sei, sowohl die membranartigen Grenzschichten wie der Inhalt; bei der circulationsartigen Bewegung aber lässt er für gewöhnlich die Grenzschicht sich nicht bewegen. Was die gegen das Innere stossende zähe membranartige Umhüllung an und für sich betrifft, so will ich

---

1) Mohl, botanische Zeitung. 1846. p. 73. —

2) Nägeli. Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik II. p. 63.

3) Pflanzenzelle p. 9. Berlin, Hirschwald.

4) Hanstein. Die Bewegungserscheinungen des Zellkerns in ihren Beziehungen zum Protoplasma.
Sitzungsberichte der niederrheinischen Gesellschaft in Bonn. 1870. p. 223.

5) Hanstein a. a. O.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0090-6

hierauf nichts entgegnen; es ist das ein Punkt sehr delikater Natur; meine Entgegnung gilt zunächst nur der falschen Voraussetzung Hansteins, die für ihn einer der wesentlichsten Gründe ist, eine ruhende Hautschicht gegen den Zellsaft hin anzunehmen, nämlich dass die im Zellsaft taumelnden Körnchen durch die Bewegung des Protoplasmas nicht beeinflusst werden sollten.

Ist eine relativ ruhende, relativ feste Hülle des Protoplasmas nicht vorhanden, so müssen physikalisch genommen die an das Protoplasma grenzenden Theile mit in Bewegung gezogen werden; dies lehrt denn auch der Augenschein aufs deutlichste. Um sich von dem thatsächlichen Verhältniss zu überzeugen, ist es natürlich unerlässlich, dass in der Intracellularflüssigkeit sich Theile befinden, aus deren Bewegung auf die des Wassers geschlossen werden kann. [1])

(Fortsetzung folgt.)

Zwei neue Cyperaceen-Gattungen, Spaeropus und Lasiolepis, aus der Tribus der Sclerieen, nebst ihren bisher bekannt gewordenen Arten.

Von O. Böckeler.

1. *Sphaeropus* gen. nov.

Spiculae diclines, dioicae; foemineae fasciculatae pedicellatae uniflorae, squamis tribus conformibus late ovalibus acutiusculis hyalino-pallidis bracteaque foliacea basi stipatae. Perigynium duplex: superius diphyllum, phyllis elongatis viridibus cuspidatis basi dilatata fructum arcte amplectentibus; inferius (e bracteolis confusis tribus formatum) pedicellatum crassiusculum globoso-trigonum, vertice leviter depressum, celluloso-reticulatum pallidum. Caryopsis perminuta sessilis globosa, basi truncata, apiculata costulata fusca. Stylus brevissimus ac tenuis, stigmatibus tribus brevissimis. — Planta mascula latet.

---

1) Wenn man die Fortführung von Körperchen auf elektrischem Wege in Rechnung bringt, so gestaltet sich die Sache anders, allein wir haben vorderhand keinen zwingenden Grund dies zu thun.

Meine physikalischen Untersuchungen lassen mich übrigens an der Richtigkeit der Thatsachen dessen, was über die Fortführung materieller Theilchen durch strömende Electricität behauptet worden ist zweifeln; ebenso ist meine Erklärungsweise der Bewegungserscheinungen eine andere, als die von Quinker gegebene; ich kann mir aber vorderhand bei der Schwierigkeit des Experimentirens in diesem Gebiete nicht erlauben Positives aufzustellen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0091-2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: 56

Autor(en)/Author(s): Velten Wilhelm

Artikel/Article: Bewegung und Bau des Protoplasmas 81-89