einander rücken, wird die Chordafalte geschlossen und es beginnt die schon von Hatschek beschriebene Verschiebung der Chordazellen. Die Chorda bleibt noch einige Zeit lang in die Darmwand eingeschaltet und manchmal ist es sehr schwer, die Grenze zwischen den Chordazellen und den Entodermzellen des Darmes zu ziehen. Aber aus solchen unklaren Bildern darf man freilich keine Schlüsse ziehen, denn auf anderen Schnitten lässt sich diese Grenze sehr deutlich sehen (Fig. 6 und 7). Weiter wird die Chorda allmählich ausgeschaltet, indem sie zuerst etwas in die Darmwand eingeklebt bleibt, dann wird ihr unterer Rand abgerundet und ganz vom Darm gesondert. Die Beteiligung der Chordazellen an der Bildung des Darmes konnte ich dabei nicht bemerken.

Aus dem Gesagten folgt, dass die Verbindung der Chorda mit dem Entoderm eine sekundäre Erscheinung ist. Mit ebensolchem Recht wie bei den höheren Wirbeltieren können wir auch bei *Amphioxus* die Einschaltung der Chorda in das Entoderm und die Ausschaltung derselben unterscheiden.

In einer demnächst folgenden Mitteilung, in der dieselben Entwicklungsvorgänge bei verschiedenen Wirbeltieren geschildert werden, sollen alle diese Befunde die phylogenetische Verwertung finden.

Kostino, im August 1892.

Max Verworn, Die Bewegung der lebendigen Substanz.

Eine vergleichend-physiologische Untersuchung der Kontraktionserscheinungen.

Jena, G. Fischer, 1892.

„Die lebendige Substanz der rhizopodoïden Zelle mit ihrer Bewegung muss Ausgangspunkt für die Untersuchung der Kontraktionserscheinung sein. Es heißt die Lösung des Kontraktionsproblems unnötig erschweren, wenn man die Behandlung bei der quergestreiften Muskelzelle beginnt, wo die Differenzierung der lebendigen Substanz und ihre einseitige Anpassung an eine bestimmte Leistung ihren höchsten Entwicklungsgrad und ihre größte Komplikation erreicht hat“. Nach dem in diesen Sätzen von dem Verfasser ausgesprochenen Prinzip hat derselbe es unternommen, einer Untersuchung der Kontraktionserscheinungen näher zu treten, zu welcher ihm Studien über die physiologische Bedeutung des Zellkerns angeregt und ihm das erste grundlegende Material geliefert hatten. Er glaubt in Anbetracht der neuen Gesichtspunkte, welche ihm die warm von ihm befürwortete und auch hier angewandte zellular-physiologische Methode eröffnet hat, die Hoffnung zu einer erfolgreichen Behandlung des alten Problems hegen zu dürfen, obgleich sich an demselben schon so mancher hervorragende Forscher mit vielem Aufwand von Zeit und Geist vergeblich versucht hat.

Nach den einleitenden Worten gibt Verworn einen historischen Ueberblick über frühere Kontraktionstheorien, welche sich meist speziell nur auf die Protoplasma-Strömung in den Pflanzenzellen oder nur auf die Muskelkontraktion bezogen. Vergleichende Betrachtungen analoger Erscheinungen an verschiedenen kontraktile Substanzen sind bisher sehr vernachlässigt worden, und unter der großen Zahl von Forschern, welche Beiträge zur Lösung des Kontraktionsproblems geliefert haben, sind es nur zwei, welche durch Vergleichung mehrerer Kontraktionserscheinungen das Verständnis für dieselben zu fördern suchten, Engelmann und Montgomery. Aber die bisherigen Theorien von Hofmeister, Engelmann, Hermann u. a. reichen trotz der wesentlichen Gesichtspunkte, die sie enthalten, nicht aus, „um alle Bewegungserscheinungen in der Organismenwelt in befriedigender Weise zu erklären, d. h. auf Vorgänge zurückzuführen, wie sie im Prinzip auch den Bewegungserscheinungen zu Grunde liegen, die uns aus der unbelebten Welt bekannt sind“. Diese Theorien zeigen meist nur eine Verschiebung des zu lösenden Problems, indem die nicht zu beseitigenden Schwierigkeiten in bestimmte Voraussetzungen der Theorie verlegt sind, ohne dass für dieselben eine Erklärung gegeben werden kann; manchmal sind diese Voraussetzungen ganz willkürlich, und im Allgemeinen entbehrt man bei denselben die Rücksichtnahme auf die chemischen Vorgänge im Protoplasma.

Die Verworn'sche Theorie baut sich auf die Bewegungserscheinungen der Rhizopoden auf und findet ihre Ausgangspunkte in den Erscheinungen der Pseudopodienbildung, in den Wirkungen der Reize (Erregungserscheinungen) und in gewissen Degenerationserscheinungen des Protoplasmas.

Aus der großen Formenfülle der Pseudopodien, welche in ihrer äußeren Form bei den einzelnen Rhizopodenarten sehr verschieden, in ihrem wesentlichen Verhalten aber übereinstimmend sind, legt der Verfasser hauptsächlich diejenigen des *Orbitolites complanatus*, eines großen Polythalam, seiner Schilderung der Pseudopodienbildung zu Grunde. Die letztere beginnt damit, dass an verschiedenen Stellen der scheibenförmigen Schale des Tieres feine Spitzchen hervortreten, indem das Protoplasma in das umgebende Wasser vorfließt. Dadurch, dass vom zentralen Protoplasmakörper fortwährend Substanz nachströmt, verlängern sich diese Spitzchen zu geraden Fäden. Bei dieser Verlängerung ist zu bemerken, dass das vom Zentrum her nachströmende Protoplasma in der Axe des Pseudopodiums nach vorne fließt, die Substanz an der Spitze bei Seite drängt und selbst an die Spitze tritt, was sich stetig wiederholt, so lange das Pseudopodium sich ausstreckt. Während dessen bleibt das bei Seite gedrängte Protoplasma liegen. In dieser Weise ist bei einem sich lebhaft ausstreckenden Pseudopodium die Protoplasmaströmung ausnahmslos zentrifugal. Lässt die Streckung des Pseudopodiums nach,

so tritt allmählich auch ein zentripetaler Strom auf, welcher bei beginnender Einziehung des Pseudopodiums überwiegt und bei energischer Retraktion der allein herrschende ist. „Jede Pseudopodienausstreckung beruht auf einem zentrifugalen Hineinfließen des Protoplasmas in das umgebende Medium und jede Pseudopodieneinziehung auf einem zentripetalen Zurückfließen in den Körper, —.“

Was ferner die Wirkungen der Reize oder die Erregungserscheinungen betrifft, so ist der charakteristische Ausdruck für diese die Einziehung der ausgestreckten Pseudopodien, wobei der Protoplasmakörper sich möglichst der Kugelform zu nähern sucht. Bei *Orbitolites* verläuft die Reizwirkung in folgender Weise. Wird durch einen scharfen Schnitt die Spitze eines ausschließlich in zentrifugaler Strömung begriffenen Pseudopodiums abgetrennt, so sammelt sich an dem zentralen Stumpf desselben „das der Schnittstelle zunächstliegende Protoplasma zu einem kleinen Klümpchen an, das in zentripetaler Richtung auf dem Pseudopodium entlang zu gleiten beginnt“. Meist treten mehrere solcher kugel- oder spindelförmigen Klümpchen auf, welche sämtlich in zentripetaler Bewegung begriffen sich auf dem Weg nach dem zentralen Protoplasmakörper mehrfach mit der ihnen entgegenströmenden Substanz mischen, um endlich in dieser zerfließend wiederum an der zentrifugalen Strömung teilzunehmen. Nach diesen Erscheinungen bei partieller Reizung des Protoplasmas, für deren Studium auch das Süßwasserrhizopod *Cyphoderia margaritacea* als sehr günstiges Versuchsobjekt dargestellt wird, bespricht der Verfasser das Verhalten mehrerer Rhizopodenformen gegenüber totaler Reizung des Körpers. Die entsprechenden Erscheinungen treten sehr deutlich bei heftiger Erschütterung der Tiere hervor und bestehen in der Einziehung sämtlicher Pseudopodien, wie es Diffflugien, *Orbitolites*, *Actinosphaerium* und Radiolarien gleicherweise zeigen. In der ganzen Länge der Pseudopodien von *Orbitolites* treten die schon erwähnten kugel- und spindelförmigen Verdickungen auf. Bei andauernder Reizung zeigen die kleineren das Bestreben in die nächstliegenden größeren hineinzuffließen. Aus der vielfachen Verschmelzung resultieren endlich einige wenige größere Kügelchen, für welche nun die zentrale Protoplasmanasse den Anziehungsmittelpunkt darstellt. Unter den genannten Erscheinungen verkürzen sich die Pseudopodien mehr und mehr und schmelzen schließlich ganz in den Protoplasmakörper ein. „Das erregte Protoplasma strömt ausnahmslos in der Richtung nach der zentralen Körpermasse und zeichnet sich im Ganzen ebenso wie in seinen Teilen durch Neigung zur Kugelbildung aus“.

Uebereinstimmend mit den Erregungserscheinungen sind gewisse Degenerationserscheinungen des Protoplasmas, welche nach Entfernung des Zellkerns aus demselben oder überhaupt in kernlosen

Teilstücken auftreten. Trennt man einen Teil der Pseudopodienmasse des *Orbitolites* vom Zentralkörper ab, so streckt diese kernlose, nach der Operation anfangs zu einem Klümpehen kontrahierte lebende Substanz bald wieder Pseudopodien aus. In der ersten Zeit sind die letzteren völlig normal, erst nach $\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden beginnen die Degenerationsercheinungen, welche sich durch eine vorwiegend zentripetale Protoplasmaströmung ankündigen. Schreitet der Prozess fort, so erscheinen bald auf den ganzen Pseudopodienetz die kleinen Kügelchen und Spindeln, und die diesbezüglichen Veränderungen der Pseudopodien entwickeln sich in derselben Weise wie bei der auf Reize erfolgenden Einziehung. Nur gelingt es hierbei vielen der größeren Protoplasma Klümpehen nicht mehr, die zentrale Masse zu erreichen, da die dazu erforderlichen Verbindungsfäden des Pseudopodiums häufig vorzeitig zerreißen und in die Kügelchen einschmelzen. Auf diese Weise bildet sich um den großen zentralen Protoplasma Klumpen ein Hof verschiedengroßer Tröpfchen und Klümpehen. Pseudopodien werden jetzt nicht mehr gebildet, und nach längerer Zeit zerfallen diese Stücke des rasch vollständig bewegungslos gewordenen Protoplasmas in lockere Körnerhaufen. Der Verfasser legt besonderen Wert darauf, „dass die bei der Degeneration ablaufenden Erscheinungen bis in jede Einzelheit identisch sind mit den charakteristischen Erscheinungen, welche am unverletzten Individuum bei andauernder Erregung beobachtet werden“.

Der Schilderung der Bewegungsercheinungen der Rhizopoden lässt der Verfasser den Versuch folgen, die denselben zu Grunde liegenden Lebensvorgänge zu erkennen und zu erklären. — Die Bewegung zeigt zwei Phasen, die Ausbreitungs- oder Expansionsphase und die dieser entgegengesetzt verlaufende Kontraktionsphase. Und da das Protoplasma als dickflüssige Substanz den Gesetzen tropfbar flüssiger Körper gehorchen muss, so ist die Form, welche dasselbe in den beiden Phasen darbietet, als Ausdruck der jeweils herrschenden Oberflächenspannungsverhältnisse zu betrachten.

In der Expansionsphase hätten wir es demnach mit lokalen Verminderungen der Oberflächenspannung zu thun. Diese Annahme steht im Einklang mit dem schon früher von Hofmeister erbrachten Nachweis, dass die Ursache der Ausbreitungsercheinungen des Protoplasmas an der Peripherie desselben und zwar an seiner Berührungsfläche mit dem umgebenden Medium gelegen sei. Nachdem das festgestellt ist, erhebt sich weiterhin die Frage nach der Ursache einer Verminderung der Oberflächenspannung des vor der Expansion kuglichen Protoplasma Klumpens. Diese Frage lässt sich nach Ausschluss aller anderen Einflüsse, von welchen man etwa eine Verminderung der Oberflächenspannung hätte erwarten können, dahin beantworten, dass der Sauerstoff des umgebenden Mediums das im letzteren

Sinne wirksame Agens ist. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Vermutung ist schon in älteren Versuchen Kühne's enthalten, aus welchen hervorgeht, dass bei Sauerstoffabschluss die Pseudopodienbildung von Amöben vollständig aufhört. Dabei handelt es sich aber nicht etwa um eine Reizwirkung, bei welcher wie oben ausgeführt, die Pseudopodienbildung aus den oben genannten Gründen verhindert ist; denn die Pseudopodien bleiben auch nach der Sauerstoffentziehung noch ausgestreckt und können durch Reize zur Retraction veranlasst werden. Es fehlt also thatsächlich nur die Ursache der Ausbreitung des Protoplasmas. Aus dem Vorstehenden ergibt sich also, dass die bekannte chemische Affinität des Sauerstoffs zum Protoplasma die unmittelbare Ursache für die Verminderung der Oberflächenspannung abgibt.

Vor der Aussendung der Pseudopodien ist die Oberflächenspannung des dickflüssigen Protoplasma Klümpchens an allen Orten gleich d. h. die einzelnen Theilchen unterliegen alle auf Grund ihrer gegenseitigen molekularen Anziehungskräfte einem Zug nach dem Mittelpunkt des Klümpchens, wofür eben die Kugelform der physikalische Ausdruck ist. Diesen Kohäsionskräften, deren Resultierende also nach dem Zentrum des Klümpchens gerichtet ist, wirkt nun die Affinität des Protoplasmas zum Sauerstoff des Mediums entgegen als eine Kraft, welche von jenem Zentrum weg gerichtet ist. Und da zu gleicher Zeit eine große Anzahl von Sauerstoffmolekülen eine große Menge sauerstoffbedürftiger Teile der lebendigen Substanz anzieht, so muss hier durch chemische Kräfte ebenso eine Veränderung der Kugelform erzeugt werden, wie man sie auf physikalischem Wege durch irgendwelche Adhäsionskräfte hervorrufen kann. Die fortschreitende Massenbewegung kommt dann in folgender Weise zu Stande: „Durch die erste Verminderung der Oberflächenspannung ist eine Bewegung der nächstangrenzenden Protoplasmateilchen nach der Stelle der verminderten Spannung hin bedingt, so dass nun wieder neue Protoplasmateilchen in die Wirkungssphäre von Sauerstoffmolekülen kommen, wieder Spannungsveränderungen herbeiführen und so eine immer weiter-schreitende Ausbreitung oder Pseudopodienausstreckung durch Vorfließen des Protoplasmas in das Medium hinein bewirken“. Die mit Sauerstoff gesättigten Theilchen bleiben indifferent an der Oberfläche liegen und werden von den nachströmenden bei Seite geschoben.

In dem angeführten Bewegungsmechanismus findet zugleich die weitverbreitete Erscheinung des Chemotropismus in ihrer einfachsten Form, wie sie sich bei Rhizopoden darstellt, ihre Erklärung. Der Chemotropismus zeigt sich hier als der „unmittelbare Ausdruck chemischer Affinität“.

Die Frage weshalb der gleichmäßig im Medium verteilte und allseitig auf die Protoplasmaoberfläche einwirkende Sauerstoff im Allgemeinen nicht eine gleichmäßig flächenhafte sondern nur eine

partielle Ausbreitung in Pseudopodienform erzeuge, beantwortet der Verf. in folgender Weise. Das Protoplasma ist keine homogene Masse, es sind daher von Seiten des letzteren die Bedingungen für die Ausbreitung nicht überall die gleichen, wie auch je nach dem Verhältnis der sauerstoffbedürftigen zu den in dieser Beziehung indifferenten Teilen die Pseudopodienformen der mannigfaltigen Rhizopodenarten verschieden sind. Ferner lässt sich aber auch experimentell zeigen, dass ein vollkommen gleichmäßig im Medium verteilter Stoff Ausbreitungen eines Flüssigkeitstropfens in Pseudopodienform hervorbringen kann. Das beweisen die bekannten Bewegungserscheinungen ranziger Oeltropfen in alkalischer Flüssigkeit, indem man auf diesem Wege die Pseudopodienbildung verschiedener Amöben, Myxomyceten, Heliozoen etc. in typischer Weise nachahmen kann. In physikalischer Hinsicht sind diese Bewegungen des Oeltropfens und des Protoplasmas im Prinzip dieselben, wenn auch die chemischen Ursachen derselben durchaus verschieden sind.

Vor der Besprechung des Kontraktionsvorganges gedenkt der Verf. noch folgender zwei Punkte: Wenn, wie es thatsächlich vorzukommen scheint, auch nach vollständiger Entfernung des Sauerstoffes aus dem Medium, die Protoplasmabewegung von Myxomycetenplasmoiden noch einige Zeit andauert, so kann man das darauf zurückführen, dass im Protoplasma zur Zeit noch gewisse Mengen teils freien, teils gebundenen ungleich verteilten Sauerstoffes vorhanden sind, welche bei dem geringen Sauerstoffbedürfnis der Myxomyceten einen länger dauernden Spannungsausgleich bedingen. In zweiter Linie ist noch zu bemerken, dass, wie die Thatsachen des Trophotropismus und überhaupt des Chemotropismus lehren, außer dem Sauerstoff auch andere Stoffe, welche Affinität zum Protoplasma besitzen, Ausbreitungsercheinungen desselben veranlassen können.

Im Gegensatz zur Herabsetzung der Oberflächenspannung bei der Expansion ist die Kontraktion der lebendigen Substanz der Ausdruck für eine Erhöhung der Oberflächenspannung. Die letztere kann natürlich nur zu stande kommen, wenn das Protoplasma der Pseudopodien, welches eben noch auf Grund seiner Affinität zum Sauerstoff Ausbreitungsercheinungen zeigte, eine Veränderung erleidet. Das geschieht durch die Reizung, welche, wie wir gesehen haben, die Veranlassung zur Retraktion der Pseudopodien gibt. Die erwähnte Veränderung besteht darin, dass diejenigen Protoplasmatheilen, welche sich mit Sauerstoff gesättigt und jene höchstkomplizierten, explosiblen Verbindungen gebildet haben, durch die Einwirkung des Reizes zerfallen. Mit diesem Zerfall, bei welchem bei dem rhizopodoïden Protoplasma wahrscheinlich ähnlich wie bei der Erregung des Muskels Kohlensäure, Milchsäure etc. als Spaltungsprodukte der kontraktilen Substanz auftreten, ändert sich also das chemische Verhalten der Pseudopodiensubstanz in tiefgreifender Weise, woraus auch

die veränderten physikalischen Leistungen abzuleiten sind. Das sauerstoffbedürftige Protoplasma erfährt, wie wir sahen, einen überwiegenden Zug in das Medium hinein, das mit Sauerstoff gesättigte bleibt liegen, die gereizten und zerfallenen Protoplasteilechen erfahren einen energischen Zug nach dem Zentrum des Protoplastkörpers. Es ist also im letzteren Falle auf den Pseudopodien eine Erhöhung der Oberflächenspannung eingetreten.

Da man die Ursache der erhöhten Oberflächenspannung im Inneren des Protoplastkörpers zu suchen hat, so wird man vor Allem an den Zellkern denken müssen, welcher im Zentrum zu liegen pflegt. Zudem gibt die Betrachtung der physiologischen Bedeutung des Zellkerns eine wesentliche Stütze für die Vermutung ab, dass der Kern das Anziehungszentrum für das erregte Protoplasma darstelle. Zahlreiche Experimente haben es außer Zweifel gestellt, dass dem Protoplasma von Seiten des Kerns ständig Stoffe geliefert werden, ohne welche dasselbe nicht dauernd existieren kann. Und es ist sehr wahrscheinlich, dass die gereizten Protoplasteilechen nach Abgabe der verschiedenen Spaltungsprodukte ihre freigewordenen Affinitäten mit Hilfe der „Kernstoffe“ wieder zu sättigen suchen, um sich so zu restituieren. Wenn demgemäß Affinitäten zwischen gereizten Protoplasteilechen und Kernstoffen vorhanden sind, so wird sich ein Chemotropismus zwischen diesen beiden geltend machen. Und da die Kernstoffe von der Peripherie nach dem Zentrum hin, wo der Kern liegt, an Dichte zunehmen, so wird auch in der Richtung nach dem letzteren die chemotropische Bewegung der kernstoffbedürftigen Protoplasteilechen stattfinden. Da auf diese Weise die Oberflächenspannung auf den Pseudopodien überall erhöht wird, so wird der Protoplastkörper wieder das Bestreben zeigen Kugelform anzunehmen. Jetzt ist für die Pseudopodien der zentrale Protoplastkörper dasjenige Medium, in welches die Substanz desselben hineinfließt und sich ausbreitet; dieser Vorgang ist also dem der Pseudopodienausstreckung in das sauerstoffhaltige Wasser im Prinzip vollkommen gleich.

Dass die erörterte Vorstellung von der Bedeutung der Kernstoffe für die Kontraktion der lebendigen Substanz richtig sei, beweist der Verf. durch folgenden Versuch: Ein kernloses Protoplastklümpchen von *Orbitolites*, welches soweit degeneriert ist, dass es keine Bewegung mehr zeigt, wird in seitliche Berührung mit den Pseudopodien eines unverletzten Tieres gebracht; das Protoplastklümpchen besitzt keine Kernstoffe mehr, denn der Mangel an solchen ist es eben, der ihm die Bewegungsfähigkeit raubt. Bald nach der Berührung aber bemerkt man, dass Klümpchen sich an der Berührungsstelle etwas vorbuchtet und Substanz auf die Pseudopodien übergehen lässt. Im weiteren Verlauf fließt das ganze Klümpchen auf die Pseudopodien über, wobei sich aber seine Substanz ausnahmslos zentripetal bewegt.

Wir sehen hier also, dass das kernstofflose Protoplasmaklümpehen durch die Berührung mit den kernstoffhaltigen normalen Pseudopodien eine Verminderung seiner Oberflächenspannung erleidet, welche nur auf chemischer Affinität zwischen den Teilchen der ersteren und den Kernstoffen der Pseudopodien beruhen kann; und ferner, dass diese kernstoffbedürftigen Protoplasmaelemente nur in der Richtung dahin strömen, wo die Dichtigkeit der Kernstoffe zunimmt, d. h. in der Richtung nach dem Zentrum des kernhaltigen Protoplasmakörpers. Da sich nun degeneriertes kernstoffloses Protoplasma in Allem ebenso verhält wie das gereizte, so ist der vorstehende Versuch beweisend für das thatsächliche Vorhandensein des Chemotropismus nicht nur von degenerierendem sondern auch von gereiztem Protoplasma nach gewissen unter der Mitwirkung des Kerns gebildeten Stoffen.

Mit Hilfe der mechanischen Prinzipien, wie sie der Ausstreckung und Einziehung der Pseudopodien zu Grunde liegen, sucht der Verf. auch die Bewegungserscheinungen der anderen kontraktilen Gebilde, wie der Pflanzenzellen, der Infusorienmyoide, der glatten und quergestreiften Muskeln und der Flimmerzellen zu erklären.

Die Pflanzenzelle lässt sich als ein in eine Zellulosekapsel eingeschlossenes Rhizopod auffassen, und was für die Bewegung der letzteren gilt, ist mit entsprechenden Modifikationen ohne Schwierigkeit auf die Protoplasmaströmung der Pflanzenzellen übertragbar.

Die Besprechung der Muskelkontraktion beginnt der Verf. mit dem nachdrücklichen Hinweis darauf, dass die fibrilläre Struktur nicht allen kontraktilen Gebilden zukommt, wie die Untersuchungen der Rhizopoden und ihrer Bewegungen ergeben. Im Gegensatz zu den formwechselnden Protoplasamassen der letzteren, welche ihren einzelnen Theilen eine gleichausgiebige Verschiebung nach allen Richtungen hin gestatten, ist die fibrilläre Struktur ein höher entwickeltes Differenzierungsprodukt, welches einem motorischen Effekt in einer bestimmten Richtung dient. Da die Protoplasma-theilehen der kontraktilen Faser sich nur in bestimmter Bahn und innerhalb bestimmter Grenzen bewegen können, so zeigt eine solche Substanz auch nicht den prägnanten Ausdruck für Veränderungen der Oberflächenspannung, wie wir ihn bei den Rhizopoden sehen. Vielmehr erfährt die kontraktile Faser Formveränderungen wesentlich nur in der Längsrichtung, indem sie bald kürzer und etwas dicker, bald länger und etwas dünner wird. Ein zweiter wichtiger Unterschied zwischen dem Rhizopodenprotoplasma und der kontraktilen Fibrille ist die dauernde Abgrenzung der letzteren von dem übrigen Protoplasma des Zellkörpers, dem sie entwicklungsgeschichtlich zugehört und mit dem sie stets im Verband bleibt. Da die kontraktilen Theilehen sich mit dem Zellprotoplasma nicht mischen können, so macht sich ihre chemotropische Bewegung nach den Kernstoffen nur

in einer gegenseitigen Verschiebung geltend, welche nach Maßgabe der durch die Struktur der Fibrille gegebenen Bewegungsfähigkeit dahin gerichtet ist, wo die Kernstoffe am dichtesten liegen. Die Expansion unter dem Einfluss des Sauerstoffs steht in entsprechender Weise unter der Herrschaft des strukturellen Charakters der Fibrillen. Doch spielt hier auch die passive Streckung durch elastische Hüllen, Schwere und Wirkungen verschiedener anderer Gewebe eine wesentliche Rolle.

Bei den glatten Muskelfasern, besonders bei den Stielmuskeln gewisser Infusorien, wie der Vorticellen, liegen die Verhältnisse relativ am einfachsten. Der Kontraktionsvorgang besteht hier kurzgefasst darin, dass die kontraktile Teilchen des Muskelfadens soweit es ihre Verschiebbarkeit gestattet möglichste Annäherung an das kernhaltige Zentrum des Protoplasmakörpers suchen, wobei der Muskel kürzer und dicker wird. Wie die Elemente eines Pseudopodiums würden diese Teilchen in den Protoplasmakörper hineinfließen, wenn sie vollständig freibeweglich und mit dem letzteren mischbar wären. In Wirklichkeit aber können sie sich nur soweit mit Kernstoffen sättigen als ihnen solche von Seiten der Kernstoffquelle durch Diffusion zugehen.

Die Expansion geschieht auch hier durch den Chemotropismus nach dem Sauerstoff, welcher auf die ganze Oberfläche des Stielmuskels einwirkt und eine Ausbreitung der kontraktile Substanz nach Maßgabe der Beweglichkeit ihrer Teilchen hervorruft, wodurch der Muskelfaden wieder länger und dünner wird. Die gleichzeitige sehr wesentliche passive Streckung geschieht durch die den Stielmuskel umgebende elastische Scheide, welche nach der Kontraktion wie eine zusammengepresste Sprungfeder wirkt. Für andere glatte Muskelfasern gelten die gleichen Betrachtungen.

Um Vieles komplizierter verhalten sich die quergestreiften Muskelfasern, wie schon aus der Morphologie desselben erhellt. Wir unterscheiden hier an der einzelnen Faser bekanntlich das vom Sarkolemm umschlossene Sarkoplasma und die in dasselbe eingebetteten zahlreichen Zellkerne und Fibrillen. Die Fibrillen zerfallen in eine Reihe gleicher Segmente, in welchen man im wesentlichen drei in der Querrichtung parallele Schichten unterscheidet: die mittlere anisotrope und die beiden seitlich von dieser gelegenen isotropen Schichten. Zwischen je zwei Segmenten liegt die Zwischenscheibe. Im Gegensatz zu den glatten Muskelfasern sind die quergestreiften Fibrillen nicht in ihrer ganzen Kontinuität kontraktile, vielmehr ist nach den Untersuchungen Engelmann's anzunehmen, dass die kontraktile Substanz der quergestreiften Muskelfaser bei der Kontraktion nicht an der Berührungsfäche mit dem kernstoffhaltigen Sarkoplasma eine Ausbreitung erfährt, sondern an der Berührungsfäche mit der isotropen Substanz, indem diese letztere Grenzfläche

sich unter teilweiser Vermischung von anisotroper und isotroper Substanz vergrößert. Auf diese Weise wird das einzelne Fibrillen-segment kürzer und breiter. Dieser Vorgang deutet darauf hin, dass zwischen der erregten kontraktilen Substanz der anisotropen Schicht und zwischen den Teilchen der isotropen Substanz chemische Affinitäten vorhanden sind, während solche zwischen anisotroper Substanz und Sarkoplasma fehlen. Hieraus und aus der von Rollet gefundenen Thatsache, dass die isotrope Substanz in besonders enger Beziehung zum Sarkoplasma steht, zieht der Verf. folgenden Schluss: Die Kernstoffe werden der anisotropen Substanz nicht direkt vom Sarkoplasma geliefert, sondern nur durch Vermittlung der isotropen Substanz, in welcher sie Veränderungen erfahren, die sie für die anisotrope Substanz erst chemotropisch wirksam machen. Dass ferner das Sarkoplasma jene wirksamen Stoffe von den Zellkernen der Muskelfaser erhalte, darauf weist die Analogie mit den Rhizopoden und den glatten Muskeln der Vorticellen hin.

Bei der Expansion kommt auch hier die chemische Affinität der mit den betreffenden Kernstoffen gesättigten Teilchen der anisotropen Substanz zum Ausdruck. Die anisotrope Schicht wird höher und schmaler, d. h. sie vergrößert ihre Berührungsfläche mit dem Sarkoplasma. Die Ursache dafür ist die Affinität der kontraktilen Teilchen zum Sarkoplasma, speziell, wie wir annehmen dürfen, zu dem daselbst befindlichen Sauerstoff, welche eben nach Maßgabe der Beweglichkeit jener Teilchen die chemotropische Ausbreitung desselben ins Leben ruft. Da wir wissen, dass die kontraktile Substanz zur Erhaltung ihrer Leistungsfähigkeit des Sauerstoffs bedarf und dass der letztere um zu jener zu gelangen das Sarkoplasma passieren muss, so ist für diese Annahme eine entsprechende thatsächliche Grundlage gegeben. Zu erwähnen ist noch die bedeutende Unterstützung, welche die sich streckende Faser passiv durch verschiedene andere Faktoren erfährt.

Bezüglich einer Erklärung der Erscheinungen bei Sauerstoffabschluss und der Totenstarre des Muskels möchte ich auf das Original selbst verweisen.

Im Anschluss an die Muskelkontraktion analysiert der Verf. zum Schluss die Flimmerbewegung auf Grund der erörterten chemisch-physikalischen Prinzipien. Die Bewegung der einzelnen Wimper wird durch eine Formveränderung derselben bewirkt, welche auf einer einseitigen Kontraktion und darauf folgenden Erschlaffung der Wimper beruht. Für den Vorgang der Kontraktion und Expansion gilt ganz dasselbe, wie für die analogen Erscheinungen am Stielmuskeln der Vorticellen.

Der Verf. schließt mit dem Hinweis darauf, dass Modifikationen mancher Einzelheiten der von ihm entwickelten Anschauungen auf Grund von neuen Erfahrungen wohl nötig werden könnten, dass das

Prinzip aber für alle Bewegungserscheinungen der lebendigen Substanz zutreffend sein dürfte. Weitere Vorstöße in das im einzelnen noch unwegsame Gebiet müsse man von der physiologischen Chemie, speziell von der mikrochemischen Untersuchung der Zelle erwarten.

P. Jensen (Jena).

Bemerkungen über auffallend starke Einwirkung gewisser Substanzen auf die Empfindungsorgane einiger Tiere.

Von Dr. Wilibald Nagel in Tübingen.

Bei Gelegenheit von Versuchen über das Riech- und Schmeckvermögen niederer Tiere fiel es mir auf, dass gewisse Substanzen, welche pharmakologisch nicht zur Klasse der *Acria* gerechnet werden können, auf die Haut bestimmter Tiere einwirkend, überraschend starke Reizwirkungen beobachten ließen. Die Stärke der Reaktion musste den Gedanken nahe legen, dass in der Haut dieser Tiere sich Empfindungsorgane befinden müssten, welche zur Wahrnehmung schwacher chemischer Reize spezifisch disponiert seien, „äußere Schmeckorgane“, wie ich derartige Organe an anderem Orte¹⁾ genannt habe. Die hier in betracht kommenden Stoffe haben selbst in höchst-möglicher Konzentration nicht die Eigenschaft, Gewebe mit welchen sie in Berührung kommen, zu zerstören, sie ätzen nicht und wirken auch nicht entzündungserregend. Deshalb ist ausgeschlossen, dass die Stoffe unter Zerstörung der nicht nervösen Gewebe bis zu den Tastnerven vordringen, und diese an abnormer Stelle, in ihrem Verlaufe, erregen. Auch dass der Sinneseindruck durch Tastorgane, besser mechanischen Sinnesorgane, der Haut, selbst vermittelt werde, ist nicht wahrscheinlich, wenn man nicht annehmen will, dass die Hautsinnesorgane eben nicht entweder Tast- oder Geschmacksorgane sein müssen, sondern zugleich verschiedenen Sinnen, dem chemischen, thermischen und mechanischen dienen. Ich halte nun aus hier nicht näher zu erörternden Gründen diese letztere Annahme für unabweisbar und glaube, dass es derartige „Wechselsinnesorgane“ (vergl. l. c. S. 9) gibt, und dass sie speziell bei Wassertieren in der Haut ein häufiges Vorkommen sind. Allein auch diese Annahme räumt noch nicht die Schwierigkeiten hinweg, welche sich besonders betreffs der unten mitzuteilenden Beobachtungen über eine Art Geschmackssinn der Fischhaut aufdrängen. Die Frage ist bisher immer nur von der morphologischen Seite in Angriff genommen worden, nicht von der experimentellen Seite. Der physiologischen Forschung bietet sich hier noch ein weites aber schwieriges Gebiet.

1) Wilibald Nagel, Die niederen Sinne der Insekten. Tübingen bei Fr. Pietzcker, 1892, S. 38.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Jensen Paul

Artikel/Article: [Bemerkungen zu Max Verworn: Die Bewegung der lebendigen Substanz. 744-754](#)