BEMERKUNG

ZUR

WIRKUNG DER OBERFLÄCHENSPANNUNG

IM

ORGANISMUS.

EINE ENTGEGNUNG.

VON

J. BERNSTEIN.

Mit 2 Figuren im Text.

In einer Abhandlung dieser Hefte ¹⁾, betitelt „Die allgemeine Ableitung der Oberflächenkräfte und die Anwendung der Theorie der Oberflächenspannung auf die Selbstordnung sich berührender Furchungszellen“, bespricht Herr M. Heidenhain auch gelegentlich die von mir aufgestellte Oberflächenspannungstheorie der Muskelkontraktion. In dem von ihm am Schluss angeführten Litteraturverzeichnis citiert er nur meine mehr populär gehaltene Schrift „Die Kräfte der Bewegung in der lebenden Substanz“ (Braunschweig 1902) ²⁾, doch hätte ich bei dem von ihm gefällten absprechenden Urteil über meine Theorie wohl beanspruchen dürfen, dass er meine strenger wissenschaftliche Arbeit über diesen Gegenstand ³⁾ nicht nur citierte, sondern auch gelesen habe.

In meiner Arbeit hatte ich die bei der Kontraktion wachsende Oberflächenspannung zwischen Fibrille und Sarkoplasma als Ursache der Zusammenziehung meiner Theorie zu grunde gelegt. Um die wirkliche Grösse der Muskelkraft hieraus abzuleiten, habe ich als kleinsten Radius einer Fibrilleneinheit $0,1\mu = 10^{-5}\text{ cm}$ angenommen; dann erhält man für die Oberflächenspannung im Muskel Werte, welche denen zwischen Öl und Wasser nahekommen. Heidenhain wendet hiergegen ein, dass der Durch-

1) I. Abteilung. 79/80. Heft (26. Bd. H. 2/3), S. 197.

2) Siehe auch naturwiss. Rundschau 1901, S. 413, Nr. 33, 34, 35.

3) Die Energie des Muskels als Oberflächenenergie. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 35, S. 271. 1901.

messer der molekularen Wirkungssphäre (Dicke der wirksamen Oberflächenschichten) nach Versuchen von Quincke ebenso gross, $0,1 \mu = 10^{-5}$ cm, sei wie der angenommene Fibrillenradius und sagt: „Ob unter diesen Umständen die an relativ grossen Objekten gewonnenen Erfahrungen der Physiker, bezw. die aus diesen abgeleiteten Formeln ohne weiteres auf das feinste Detail der Mikroskopie übertragbar sind, müsste noch näher geprüft werden. Ich bin meinestets davon nicht überzeugt.“

Diese Bemerkung ist keineswegs zutreffend. Erstens habe ich in meiner Arbeit (Pflügers Archiv l. c. S. 316) schon angeführt, dass nach Versuchen von Drude der Durchmesser der molekularen Wirkungssphäre viel kleiner ist als nach den älteren

Fig. 1.

Versuchen von Quincke und Sohnke gefunden war. Dieser Wert ist nach Drude $17 \mu\mu = 1,7 \cdot 10^{-6}$ cm. Der minimalste Wert, der in solchen Versuchen beobachtet wird, ist aber unstrittig als der richtigere anzusehen. Diesen Wert habe ich auch in der oben citierten Schrift (rund zu $2 \cdot 10^{-6}$ cm) angegeben und verwertet. Es ist mir unbegreiflich, wie Herr Heidenhain das übersehen konnte.

Doch selbst wenn man für den Durchmesser der molekularen Wirkungssphäre den grösseren Wert von 10^{-5} cm festhalten wollte, würde daraus ein Widerspruch gegen die Oberflächenspannungstheorie der Kontraktion nicht zu folgern sein.

Es sei, um dies deutlich zu machen, in Fig. 1 der Kreis um a der Querschnitt einer Fibrilleneinheit mit einem Radius von 10^{-5} cm, so würde der schraffierte Kreis um einen Punkt der Oberfläche b die molekulare Wirkungssphäre dieses Punktes

darstellen, deren eine Hälfte der Fibrille und deren andere Hälfte dem umgebenden Sarkoplasma zugewendet ist. In diesen beiden Oberflächenschichten geht im wesentlichen der Prozess nach bekannten Gesetzen vor sich, wenn Zustandsänderungen der beteiligten Substanzen des Systems eintreten. Man könnte in diesem speziellen Falle höchstens noch berücksichtigen, dass die Moleküle der Fibrille bis zum Mittelpunkt *a* (resp. Achse) von dem Vorgange nicht unbeeinflusst sein würden, aber ein prinzipieller Einwand gegen die Theorie lässt sich dadurch nicht begründen. Gänzlich hinfällig wird jedoch jedes derartige Bedenken, wenn wir den kleineren wirklichen Wert für den Durch-

Fig. 2

messer der molekularen Wirkungssphäre in Betracht ziehen, wie dies Fig. 2 zeigt, in der der Kreis um *a* wiederum den Querschnitt der Fibrilleneinheit, der um *b* die molekulare Wirkungssphäre in ihren Grössenverhältnissen darstellt.

Heidenhain ist im Irrtum, wenn er meint, dass die Krümmung des Querschnittkreises die Formeln für die Effekte der Oberflächenspannung in irgend einer Weise abändert; denn bei der Ableitung derselben denkt man sich eine kleine Kalotte der gekrümmten Fläche, deren Durchmesser kleiner ist als der der molekularen Wirkungssphäre.

Noch unbegründeter ist daher die im „Schluss“ S. 305 nackt hingestellte Behauptung. Nachdem er glaubt, die Theorie der

amöboiden Bewegung von Bütschli und Rhumbler abgethan zu haben, sagt er: „Anbei sei hinzugefügt, dass auch der Bernsteinsche Versuch, die Muskelkontraktion auf Oberflächenspannung zurückzuführen, missglückt ist. Denn aus den von diesem Autor aufgestellten Gleichungen geht direkt hervor, dass seine Schlussfolge unzureichend ist.“

Was die amöboide Bewegung anbetrifft, so brauche ich mich hier auf den Gegenstand nicht näher einzulassen. Ich möchte nur bemerken, dass, wenn Heidenhain unter anderem sich auch die von mir beschriebene Quecksilberamöbe¹⁾ angesehen hätte, er von der Lebensähnlichkeit ihrer Bewegungen, mit denen sie den Krystall von doppeltchromsaurem Kali verfolgt, in seiner Ansicht stutzig gemacht worden wäre. Im übrigen kann der Leser nun hinreichend ersehen, wie unbegründet das absprechende, von Heidenhain über meine Theorie der Muskelkontraktion gefällte Urteil ist.

Ebensowenig ist es meine Absicht, auf die von Herrn Heidenhain behandelten Probleme der Rouxschen Cytotaxis einzugehen. Nur soviel sei bemerkt, dass alle diejenigen, welche sich über die Natur der Oberflächenkräfte unterrichten wollen, besser thun werden, hierzu ein ausführliches Lehrbuch der Physik zu benutzen, als die höchst unklaren Auseinandersetzungen, welche Herr Heidenhain seiner Abhandlung vorausschickt. So betrachtet er die Kohäsionskraft der Moleküle, welche nach Laplace die Ursache der Oberflächenspannung ist, als eine im Innern der Flüssigkeit sich zu einem hydrostatischen Druck summierende Kraft, während es doch nach den einfachsten Begriffen der Mechanik einleuchtend ist, dass ihre Druckwirkungen sich im Innern der Flüssigkeit aufheben müssen und nur an der Oberfläche zur Geltung kommen können. Daher kommt er zu der ganz paradoxen Folgerung, dass die Oberflächenschicht

¹⁾ Chemotropische Bewegung eines Quecksilbertropfens. Pflügers Archiv. Bd. 80. S. 628. 1900.

eine geringere Dichte habe als das Innere. Er spricht sich ferner für eine allerdings von Mensbrugghe und Violle aufgestellte Ansicht aus, dass es ausser der zusammenziehenden Oberflächenspannung, welche die Oberflächen zu verkleinern strebt, auch eine expandierende gäbe, welche die Oberflächen zu vergrössern strebt. Diese Ansicht, welche von der Mehrzahl der Physiker nicht geteilt wird und erst neulich von Quincke¹⁾ überzeugend widerlegt worden ist, wird sich mit so trivialen Betrachtungen, wie sie Herr Heidenhain anstellt, nicht stützen lassen. Mögen die Biologen sich damit begnügen, die Resultate der exakten physikalischen Forschung zu verwerten, und die Theorie derselben den Physikern überlassen.

¹⁾ Über Ausbreitung und Extensionskraft, Drude's Annalen d. Physik (4) 15, 1904. S. 55.