

Myrmekophagen zugleich myrmekasphal sein müssen u. s. w. Ich habe diese zum Teil neue Wörter nur deshalb vorgeschlagen, um für bestimmte Begriffe entsprechende Symbole in die Sprache einzuführen.

Ueber Wellenbewegung in den Muskeln.

Von Prof. Dr. A. Rollett in Graz.

Seit langem ist es bekannt, dass sich der Kontraktionsvorgang im Muskel wellenförmig fortpflanzt. Dennoch gehört die Kenntnis der Beziehungen der Kontraktionswellen zu den bei den verschiedenen Formen der Kontraktion in die Erscheinung tretenden Gestaltveränderungen des Muskels noch zu den frommen Wünschen der Physiologie. Es liegen, wie wir sehen werden, nur vereinzelte Vorarbeiten für die Lösung dieser Frage vor, die noch von keiner Seite ernsthaft in Angriff genommen wurde.

Während meiner Untersuchungen ¹⁾ der Kontraktionsvorgänge von Insektenmuskeln glaube ich aber Gelegenheit gehabt zu haben, das für die einstige Lösung dieser Aufgabe vorliegende Material etwas zu erweitern, und darüber möchte ich hier zusammenfassend berichten.

Zur Einleitung muss ich aber einige Bemerkungen über die an lebenden Insektenmuskeln zu beobachtenden Bewegungsvorgänge machen, die sich auf meine Untersuchungen der physiologischen Eigenschaften dieser Muskeln stützen.

Es lassen sich diese Bewegungsvorgänge im Allgemeinen in zwei Kategorien scheiden. In die eine Kategorie rechne ich Bewegungen, die als prompte Beantwortung von Einzelreizen auftreten. In die zweite Kategorie rechne ich Bewegungen, bei welchen eine solche einfache Beziehung zwischen Reiz und Zuckung nicht vorhanden ist, sie laufen periodisch oder rhythmisch ab. Durch uns noch wenig bekannte Reize verfallen Muskeln von Insekten und anderen Evertbraten bekanntlich leicht in solche Bewegungen, die bei den Vertebraten viel seltener vorkommen.

Gehen wir nun beiden Formen von Bewegungen in ihrer Bedeutung für die Lokomotion der Insekten näher nach.

Mittelst elektrischer Reize erhielt ich Bewegungen der ersteren Form von geeignet isolierten Insektenmuskeln ganz ebenso wie von ausgeschnittenen Froschmuskeln. Isolierte Käfermuskeln zeichneten auf einzelne Induktionsschläge Myogramme, aus welchen sich eine Dauer der Einzelzuckungen zwischen 0.112—0.527 Sekunden berechnete, also eine Dauer, die innerhalb der Grenzen (0.104—1.800 Sekunden) liegt, die sich für die Zuckung verschiedener quergestreifter Vertebratenmuskeln ergaben. Ich habe ferner bei den Muskeln der In-

1) Denkschrift der m. n. Klasse der kais. Akademie d. Wiss. in Wien, Bd. LIII, 1887 und Bd. LVIII, 1890.

sekten ganz ebenso, wie das bei den Vertebratenmuskeln gelingt, mittelst elektrischer Reize Myogramme glatter und klonischer Tetani dargestellt, die genaue Abbilder der Einzelreize waren, welche den Muskel getroffen hatten.

Wir werden also für die Bewegungen der Insekten einen ähnlichen natürlichen Tetanus voraussetzen müssen, wie für die Bewegungen der Vertebraten. Als Element desselben aber die Einzelzuckung, wenn auch, wie zu vermuten ist, eine gedehntere Einzelzuckung, als die infolge von Momentanreizen, wie die Induktionsschläge, auftretende Einzelzuckung.

Das entspricht auch den Vorstellungen, welche man sich schon von vorneherein von den Bewegungsakten der Insekten machen muss. Auch für diese Tiere können nur solche Muskelbewegungen, welche von den Willensorganen oder den Reflexzentren zeitlich genau beherrscht werden, einen Nutzen während des Ablaufes des Lebens haben. Von Bewegungen der zweiten Kategorie, wie sie z. B. in dem bekannten, andauernden Wellenspiele überlebender Insektenmuskeln vorliegen, müsste dagegen angenommen werden, dass sie nur geeignet wären, den Ablauf normaler Willens- und Reflexakte zu stören. Sie müssen darum als eine von außergewöhnlichen Bedingungen abhängige Leistung der Muskeln angesehen werden. Die experimentelle Grundlage für diese Folgerungen bildete hauptsächlich das Ergebnis unserer Untersuchungen über die elektrische Reizung isolierter Insektenmuskeln.

Zu ähnlichen Folgerungen führt aber auch die Beobachtung lebender Insekten, die man während der Untersuchung absterben lässt.

Die Muskeln der durchsichtigen Larven von *Corethra plumicornis* lassen sich stundenlang beobachten, wie das G. R. Wagener¹⁾, Laulanié und in neuerer Zeit ich selbst gethan haben.

Zwei Formen von Bewegungen der Muskeln sind dabei hauptsächlich zu unterscheiden:

1) Die totalen Zusammenziehungen eines Muskelbündels, welche sich, wie Wagener hervorhebt, blitzähnlich schnell und energisch bei lebenskräftigen Tieren vollziehen und welche Laulanié als *secousses, contractions totales et simultanées* bezeichnet.

2) Die Bildung langsam über die Muskelfasern ablaufender Knoten (Wagener), *ondes musculaires* (Laulanié), welche bei ganz lebenskräftigen Tieren noch fehlt und erst nach einiger Zeit anfängt.

Wagener führt aber schon ganz richtig an, dass der Ablauf von Knoten anfänglich nicht bedeutet, dass die Muskelfasern, an welchen sie beobachtet werden, die totale Kontraktion nicht mehr

1) Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. X, 1874.

2) Compt. rend., T. CI, 1885.

ausführen können. Beide Bewegungsformen können an derselben Faser abwechseln. Nach großer Ermattung des Tieres kommt nur der Ablauf von Knoten noch vor.

Die Erscheinungen an den Muskeln von *Corethra*-Larven müssen einer über die Angaben von Wagener und Laulanié hinausgehenden Analyse gewürdigt werden.

Betrachten wir zuerst das Wellenspiel, dann noch die totalen Kontraktionen etwas näher. Die anfangs nur in geringer Anzahl an einzelnen Muskelfasern auftauchenden, unter dem Mikroskope sichtbaren Wellen treten allmählich an immer zahlreicheren Fasern der Muskeln des Tieres zu Tage und wiederholen sich dann an derselben Faser in immer kürzeren Perioden, so dass sich ein lebhaftes Wellenspiel einstellt, welches erst nach geraumer Zeit so wie es gekommen auch wieder vergeht. Die Wellen an den einzelnen Fasern wiederholen sich nur mehr in längeren Perioden, die Zahl der Fasern, an welchen Wellen ablaufen, verringert sich immer mehr und nach einiger Zeit sind nur noch wenige Fasern vorhanden, an welchen nur noch in langen Perioden aufeinander folgende Wellen ablaufen, bis endlich nur an einzelnen Fasern in sehr langen Perioden noch Wellen auftreten. Außer diesem sehr bemerkenswerten Verlauf des Wellenspiels ist noch die Thatsache von großer Wichtigkeit, dass die Länge der Wellen immer eine verhältnismäßig geringe ist. Das stützt sich allerdings nur auf Schätzungen, allein man geht dabei von einer sehr augenfälligen Thatsache aus. Die Wellen sind immer sehr steil ansteigende und abfallende Knoten, die oft nur 8 und im höchsten Falle 20 Querstreifen umfassen. Zwischen diesen Grenzen schwankend treten diese kurzen Wellen vereinzelt auf und laufen verhältnismäßig langsam über die Muskelfasern ab, wenn das Wellenspiel beginnt, wenn es am lebhaftesten ist und wenn es wieder aufhört. Man muss sich in Acht nehmen, dass man nicht durch die einige Zeit hindurch vorhandene rasche Wiederholung der Wellen etwa zu der irrtümlichen Annahme einer größeren Fortpflanzungsgeschwindigkeit der einzelnen Welle geführt wird.

Von den nun genauer beschriebenen wellenförmigen Bewegungen sind, wie gleich anfangs gesagt, die totalen Kontraktionen der Muskeln des noch lebenskräftigen Tieres wesentlich verschieden.

Sie vollziehen sich sehr rasch und sind offenbar in der Regel kürzer oder länger andauernde natürliche Tetani, möglicherweise gelegentlich auch Einzelzuckungen. Das letztere lässt sich beim bloßen Anschauen nicht ausschließen, wenn der Vorgang sehr rasch vorübergeht. Gewöhnlich verweilt aber der rasch verkürzte Muskel eine merklich lange Zeit im Zustande der Kontraktion, bis er wieder erschlafft. Solange die totalen Kontraktionen in den Muskeln erfolgen, muss angenommen werden, dass die Nervenzentren ihren Einfluss auf die Muskeln noch behalten haben. Zu einer Zeit, wo das

noch der Fall ist, können aber auch schon vereinzelt die kurzen, sich langsam fortpflanzenden Wellen an solchen Muskeln auftreten und diese beruhen offenbar auf einer anderen Art von Reizung. Langt während des Ablaufes einer solchen Welle ein von den Nervenzentren ausgehender Reiz im Muskel an, so sieht man die Welle in der totalen Kontraktion verschwinden und erst nach der Erschlaffung tritt in kürzeren oder längeren Perioden wieder der Ablauf von kurzen Wellen ein, die, sei es durch Reizung der Muskeln, sei es durch Reizung der peripheren Nerven bedingt sind. Das Wellenspiel bleibt endlich vorhanden, ja wird, wie wir gesehen haben, noch lebhafter, wenn einmal keine totalen Kontraktionen mehr erfolgen. Die Reize, von welchen das Wellenspiel abhängt, entwickeln sich also mit dem Absterben der Nervenzentren in größerer Zahl und rascherer Folge.

Für den Ablauf der totalen Kontraktionen muss eine normale Beschaffenheit der Muskelfasern angenommen werden. Da aber die ersten langsam ablaufenden Wellen schon an den noch totaler Kontraktionen fähigen Fasern auftreten, so erweisen sich auch die kurzen Wellen nur als durch die Besonderheit der Reizung bedingte eigentümlich ablaufende Bewegungsvorgänge normal beschaffener Muskelsubstanz. Die eben beschriebenen Wellen in den Muskeln absterbender *Corethra*-Larven zeigen die größten Uebereinstimmungen mit der häufigsten Form der seit Bowman¹⁾ oft untersuchten Bewegungen frisch ausgeschnittener Insektenmuskeln.

Ich habe die letzteren an langen, schmalen Streifen von Muskeln einer sehr großen Zahl von Käfern untersucht und das Wellenspiel oft stundenlang fortdauernd beobachtet. Gewöhnlich ist dasselbe, wenn man die Muskelstückchen recht rasch unter das Mikroskop bringt, gleich beim ersten Anblick so lebhaft entwickelt, als es überhaupt beobachtet werden kann. Auch hier treten die Wellen als kurze, steil ansteigende und abfallende und langsam dahinrollende Knoten der Fasern auf und ihre Länge liegt auch hier in engen Grenzen, 12—24 Querstreifen etwa umfassend. Eine solche Begrenzung bleibt auch erhalten, wenn das Wellenspiel wieder weniger lebhaft wird, was auch hier dadurch geschieht, dass die Wellen an immer weniger Fasern in immer längeren Perioden und endlich nur an einzelnen Fasern in sehr langen Perioden auftreten.

Ich habe versucht die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen ausgeschnittener Käfermuskeln zu messen. Ehe ich die Methoden und Resultate mitteile, soll aber hier eine Zusammenstellung der über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Kontraktionswellen in quergestreiften Muskelfasern bekannt gewordener Thatsachen Platz finden.

1) Philosoph. Transact. 1840.

Aeby¹⁾ schrieb bekanntlich mittelst zweier entfernt von einander quer über einen horizontal ausgespannten entnervten Froschmuskeln aufgelegter Hebel die Verdickungskurve der betreffenden Querschnitte auf. Bei Applikation des Reizes an dem einen Muskelende zeigten die auf derselben Abscisse stehenden Kurven einen Abstand größer, als der Abstand der Querschnitte war. Die Differenz kommt auf Rechnung der Zeit, während welcher sich die Kontraktion von einem Querschnitt zum anderen fortpflanzte. Es ergab sich im Mittel 1 Meter Sekundengeschwindigkeit für den kräftigen Froschmuskeln. Früher noch erhielt von Bezold²⁾ und später erhielten Place³⁾, Engelmann⁴⁾ und Marey⁵⁾, die ersteren nach einer etwas anderen Methode, der letztere nach einer mit Aeby's Methode nahe übereinstimmenden Methode für die Sekundengeschwindigkeit der Kontraktion im Froschmuskeln Werte, welche von dem Aeby's nicht weit abwichen. Dagegen erhielt Bernstein⁶⁾ nach einer der Methode Aeby's nachgebildeten verbesserten Methode für die Sekundengeschwindigkeit (g) der Kontraktionswelle im Froschmuskeln den Mittelwert 3.869 Meter. Seine Methode erlaubte ihm auch die Dauer (t) der Ausweichung eines Querschnittelementes des Muskels aus der Gleichgewichtslage zu bestimmen und er berechnet aus $l = g \cdot t$ die Länge der Kontraktionswelle zu 0.198—0.380 Meter. Mit Steiner fand Bernstein⁷⁾ dann als gemeinsames Mittel von g für Warmblüter 3.500 Meter und für l die Werte 1.928—1.571—1.080—1.050 Meter. L. Hermann⁸⁾ endlich, der Pouillet's zeitmessende Methode zur Bestimmung der Zeitdifferenz zwischen der Verdickung entlegener Querschnitte nach lokaler Reizung benützte, fand für den Froschmuskeln 3 Meter. Er bemerkt aber später, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in nicht ausgeschnittenen Muskeln wahrscheinlich viel größer gefunden würde.

Für den lebenden Menschen ist ihm nach Versuchen, welche er gelegentlich seiner Untersuchung des phasischen Aktionsstromes an den Vorderarmmuskeln machte, eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im Muskel von 10—13 Metern wahrscheinlich.

1) Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den quergestreiften Muskeln. Braunschweig 1862.

2) Untersuchungen über die elektr. Erregung der Nerven und Muskeln. Leipzig 1861.

3) Nederl. Arch. v. Genees- en Naturk., III, 1867.

4) Jenaisch. Zeitschr. f. Natur- und Heilk., IV, 1868.

5) Du mouv. d. l. fonct. d. l. vie Paris 1868.

6) Untersuchungen über die Erregungsvorgänge im Nerven- und Muskel-system. Heidelberg 1871.

7) Archiv für Anatomie und Physiologie, 1875.

8) Pflüger's Archiv, Bd. X 1874 und Bd. XVI 1878. Handbuch der Physiologie, I, 1. Leipzig 1879.

Es sind aber an Muskeln von Wirbeltieren und vom Menschen auch viel langsamer ablaufende Kontraktionswellen bekannt geworden, nämlich die von Schiff¹⁾ infolge von topischer mechanischer Reizung beobachteten, an deren weiterer Untersuchung in hervorragender Weise Kühne²⁾ und später Auerbach³⁾ beteiligt waren. Der Letztere beobachtete solche Wellen auch bei der Perkussion der Muskeln lebender Menschen, also an Muskeln, welche noch durch Reize verschiedener Art zu totalen Kontraktionen veranlasst werden. Und es ist besonders wichtig, dass Auerbach mit aller Schärfe hervorhob, dass bei Muskeln, die einen hohen Grad von Erregbarkeit besitzen, der topische mechanische Reiz eine schnell vorübergehende Zuckung des ganzen Muskels, dann Erhebung des sog. idiomuskulären Wulstes und endlich die von der Reizstelle nach beiden Enden hin ablaufenden langsamen, kurzen Wellen zur Folge hat.

Die Sekundengeschwindigkeit der letzteren schätzte Auerbach auf 314—471 Millimeter und die Basis der über den Muskel hinlaufenden Wülste in der Längsrichtung des Muskels zu 6.5—13 Millimeter.

Kehren wir nach Anführung dieser Erfahrungen zu den Wellen überlebender Insektenmuskeln zurück, dann treten uns in denselben wahre Miniaturwellen mit äußerst geringer Geschwindigkeit entgegen. Die größere Länge und Geschwindigkeit, welche man denselben nach der Untersuchung mittelst stärkerer Vergrößerungen des Mikroskopes zuzuschreiben geneigt ist, ist eine scheinbare, und der Eindruck wird schon ein wesentlich anderer, wenn man nur sehr schwache Vergrößerungen anwendet. Ich habe aber nun gefunden, dass sich aus den Schenkel-Streckern und Beugern des hintersten Beinpaars größerer Käfer hinreichend lange Streifen heraus schneiden lassen, um an denselben nach der Methode, welche E. H. Weber zur Messung der Geschwindigkeit des Kapillarkreislaufes benützt hat, die Geschwindigkeit der über die Muskelfasern ablaufenden Wellen zu messen. Die genaueren Angaben sind in der zitierten Arbeit enthalten.

Ich gelangte auf diese Weise für die Sekundengeschwindigkeit der Fortpflanzung jener Wellen zu Werten zwischen 0.080—0.670 Millimeter und zu dem gemeinsamen Mittel von 0.169 Millimeter. Die Länge der Wellen bewegte sich zwischen 0.080—0.115 Millimeter.

Wenn wir nun auch annehmen wollen, dass diese Werte wegen der erheblichen Schwierigkeiten der Methode mit nicht geringen Fehlern behaftet sind, so ist doch soviel sicher, dass die Wellen der

1) Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Tiere, Bd. I, 1876. Lehrb. d. Muskel- und Nervenphysiologie. Laar 1858—59.

2) Archiv für Anatomie und Physiologie, 1859.

3) Abhandl. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Kult., 1861. Zeitschr. f. rat. Med., 1862.

ausgeschnittenen Insektenmuskeln ganz auffallend kurz und langsam ablaufend sind.

Daran knüpfe ich das folgende. Aeby¹⁾ hat einmal, teilweise fußend auf Bowman's Anschauungen, die Meinung ausgesprochen, dass die infolge einer lokalen direkten Reizung eines Muskels und die infolge der Reizung des Muskels vom Nerven aus auftretende totale Kontraktion des Muskels bedingt werde durch eine Summierung von sehr rasch an den Orten der Reizung immer neu entstehenden Wellen von der Art, wie man sie in dem Wellenspiele überlebender Insektenmuskeln beobachten kann. Das Wellenspiel komme nur zu Stande, weil sich zwischen die einzelnen Wellen Ruhepunkte von kürzerer oder längerer Dauer einschalten.

Dieser Meinung widerspricht aber erstens nach den Beobachtungen, die wir früher mitgeteilt haben, die Art des Eintrittes, die Entwicklung und das Aufhören des Wellenspieles an den Muskeln der *Co-rethra*-Larven.

Der Eintritt erfolgt so, dass an Muskeln des noch lebenskräftigen Tieres Wellen von der Art ablaufen, wie sie später an einer immer größeren Anzahl von Muskelfasern des absterbenden Tieres in kürzeren Perioden sich wiederholend auftreten. Sowie aber das Wellenspiel auf diese Weise immer lebhafter wurde, so nimmt seine Lebhaftigkeit auch wieder allmählich ab, so dass an den im letzten Stadium des Ueberlebens befindlichen Muskeln ganz ähnliche Bewegungsvorgänge beobachtet werden, wie beim ersten Eintritt des Wellenspieles. Nach Aeby's Hypothese sollte man an ganz lebenskräftigen Muskeln einzelne Wellen nicht beobachten. Erst mit der Ermüdung und dem Absterben sollte die Entstehung der Wellen eine weniger rasche werden und darum die einzelnen Wellen sichtbar werden.

Wir sahen aber kurze, in langen Perioden mit geringer Geschwindigkeit ablaufende Wellen schon an den vollkommen lebenskräftigen Muskeln auftreten, welche gleichzeitig noch totale Kontraktionen auszuführen im Stande sind. Diese Beobachtung zeigt uns die merkwürdige Thatsache, dass die Muskelsubstanz den Kontraktionsvorgang je nach der Art, wie sie erregt wird, in Form von langen und in Form von kurzen Wellen fortzupflanzen vermag.

Und auf diese Thatsache stoßen wir auch bei den Muskeln des lebenden Menschen, bei welchen, wie oben angeführt wurde, ein topischer mechanischer Reiz zuerst eine rasch vorübergehende Zuckung des ganzen Muskels, weiterhin aber Erhebung des idiomuskulären Wulstes und endlich die von der Reizstelle nach beiden Enden hin ablaufenden kurzen und langsamen Wellen zur Folge hat.

Zweitens spricht gegen die angeführte Meinung von Aeby auch die ermittelte Länge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen ausgeschnittener Insektenmuskeln.

1) l. c.

Nehmen wir an, dass die totale Kontraktion einer 5 Millimeter langen Muskelfaser auf die Hälfte ihrer ursprünglichen Länge nach der Erregung des einen Endes der Faser bedingt wäre durch Wellen, welche einem wirklichen Falle entsprechend mit 0.230 Millimeter Geschwindigkeit in der Sekunde fortschreiten und immer neu an der Erregungsstelle entstehen, etwa so, dass sie nur in Abständen von einer halben Wellenlänge $\frac{0.115}{2} = 0.0575$ Millim. aufeinander folgen,

dann würde erst nach 10.8 Sekunden die totale Kontraktion auftreten und dabei würden circa 44 Wellen, die sich in Intervallen von 0.25 Sekunden folgen, längs der Faser liegen. Würden wir aber annehmen, dass die totale Kontraktion der Faser bedingt wäre durch eben solche Wellen, die von einer in der Mitte der Faser liegenden Eintrittsstelle eines motorischen Nerven in der gleichen Folge ausgehen und gegen die Enden hin ablaufen, dann würde erst nach circa 5.4 Sekunden die totale Kontraktion auftreten.

Wir würden also bei der Annahme der kurzen und langsam fortschreitenden Wellen auf einen zeitlichen Verlauf der Totalkontraktionen geführt, welchem die Beobachtungen dieser letzteren Kontraktionen an den lebenden *Corethra*-Larven ebenso widersprechen wie die Zeiten, welche ich für die mittelst eines Induktionsschlages von nicht entnervten Käfermuskeln angelösten Einzelzuckungen ermittelt habe und die sich zwischen 0.112—0.527 Sekunden bewegten.

Für diese Vorgänge muss eine viel raschere Fortpflanzung der Kontraktion und müssen viel längere Wellen angenommen werden. Deren Beziehung zu den verschiedenen Formen der Kontraktion genauer zu untersuchen muss unsere künftige Aufgabe sein. Für die Insektenmuskeln ist es aber wahrscheinlich, dass auch die längsten Wellen weit hinter jenen der Muskeln der Vertebraten zurückbleiben. Es muss darum einer Einrichtung gedacht werden, die geeignet sein würde, bei der Erregung vom Nerven aus auch bei verhältnismäßig kurzen Wellen von geringer Fortpflanzungsgeschwindigkeit doch eine rasche Summierung derselben zur Kontraktion zu bewirken. Es wäre das eine möglichst vielfache Verknüpfung der Muskelfaser mit dem Nerven, so dass an der Faser infolge eines Nervenreizes möglichst viele Knoten gleichzeitig sich erheben würden.

In der That finden sich an den Insektenmuskeln Einrichtungen, die uns so verständlich würden. Ich erinnere an die von Föttinger¹⁾ und von mir²⁾ genauer untersuchten Muskelfasern der Chrysomeliden, die durch eine große Zahl von Nervenbügeln ausgezeichnet sind. Bei *Chrysomela caerulea* zählte Föttinger 9 Nervenbügeln auf einer

1) Onderzoek. ged. i. h. physiol. Laborat. d. Utrecht. Hoogeschool. Donders en Engelmann, 1880.

2) Denkschrift der m. n. Klasse d. kais. Akademie d. Wiss. in Wien Bd. XLIX, 1885.

Strecke von 1 Millimeter einer Muskelfaser. Etwas Aehnliches findet sich bei anderen Käfern. Bei *Passalus glaberrimus* fand Föttinger 4—5 Nervenbügel auf einer Strecke von 1.5 Millimeter, bei *Hydrophilus piceus* 6 Nervenbügel an derselben Faser. Schon Föttinger macht die Bemerkung, dass die große Zahl der Nervenbügel darauf hinweise, dass sich die Kontraktion bei den Insekten langsam fortpflanze.

Rudolf Fick, Ueber die Form der Gelenkflächen.

Archiv für Anatomie und Physiologie, anatomische Abteilung. 1890. S. 391 bis 402. 1 Tafel.

Rud. Fick bestrebt sich, etwas über die Ursachen für die Verteilung von Pfanne und Gelenkkopf auf die gleitend gegeneinander bewegten Skeletteile zu ermitteln. Er geht von der Ansicht seines großen Onkels Ludwig Fick aus, dass die Gelenkflächen durch die Bewegung der Teile gegen einander geschliffen werden und knüpft an die Auffassung Henke's an, dass immer dasjenige Gelenkende konkav geschliffen werde, an dem die Muskeln nahe dem Gelenke ansetzen, das Gelenkende mit entfernten Muskelansätzen hingegen konkav werde. Zunächst legt F. durch eine analytische mathematische Betrachtung dar, dass das Gelenkende mit nahem Muskelansatz beim Anziehen über die Kante desjenigen mit entferntem Ansatz abgleiten wird, während dasjenige mit langem Ansatz gegen das andere umkippen und mit seiner Kante in dem ersteren entgegengesetzter Richtung sich über die Fläche desselben verschieben wird.

Darauf teilt F. die Ergebnisse direkter Versuche mit. Reiner Gyps erwies sich zu hart; eine Mischung von $\frac{1}{4}$ Raumteil Gyps, $\frac{1}{4}$ desgl. Bimsteinpulver und $\frac{1}{2}$ Raumteil Wasser ergab Stangen, die nach ihrer Erhärtung und rechtwinkeligen Halbierung sich als geeignet erwiesen. Die eine Hälfte der Stange wurde auf eine Unterlage gekittet; durch die andere wurde zur Befestigung der Bindfäden ein Stift gesteckt, und nach dem Aufsetzen auf die andere wurden die beiden Fäden in Richtung des festen Blockes alternierend durch einen Motor gezogen. Die Stangen hatten 1—6 Quadratcentimeter Querschnitt. Bei Ansatz der Fäden in $\frac{1}{2}$ —1 cm Abstand von der Berührungsfläche wurde konstant das feste, bei größerem Insertionsabstand (von 3—6 cm) das bewegte Ende zum Kopfe und bei längerer Dauer des Versuches schlifft sich auch eine entsprechende Pfanne aus. Die Ursache dafür, dass zuerst die Konvexität hervortrat, erblickt F. in Gründen, die (wohl nur zum kleinsten Teil, Ref.) im Auge des Beschauers zu suchen sind, insofern Abweichungen an den Kanten leichter bemerklich sind als an der Fläche.

F. vergleicht mit diesem schönen, der Theorie vollkommen entsprechenden Ergebnis die Insertionsabstände an den Gelenken des

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Rollett Alexander

Artikel/Article: [Ueber Wellenbewegung in den Muskeln. 180-188](#)