**Ueber die Flossenmuskeln des Seepferdchens
(Hippocampus antiquorum) und über
Muskelstructur im Allgemeinen.**

Von

Alexander Rollett.

Hierzu Tafel VII und VIII.

Durch die eigenthümlichen Bewegungen, welche die Rückenflosse des Seepferdchens beim Schwimmen des Thieres macht, wurde Ranvier auf die Untersuchung der Muskeln dieser Flosse geführt. Die Flosse bewegt sich bekanntlich nicht als Ganzes wie bei anderen Fischen, sondern es laufen eine Reihe von Ausbiegungen nach beiden Seiten des Thieres wellenförmig mit grosser Geschwindigkeit über dieselbe ab.

Den Grund für diese eigenthümliche Art der Bewegung fand Ranvier in der Anordnung der Muskulatur der Flosse.

Diese ist in einem knöchernen Gehäuse enthalten, welches durch eine Längsscheidewand, die von den Gräten der Flosse gebildet wird, in zwei seitliche Hälften getheilt wird. Zu beiden Seiten der Scheidewand sind kleine conische Muskeln angeordnet, welche jeder seine besondere Sehne hat. Man muss annehmen, dass diese isolirten Muskeln nicht simultan, sondern successive in Thätigkeit gerathen, woraus sich das Spiel der bewegten Flosse erklärt.

Ranvier fand nun aber auch an den Fasern dieser Flossenmuskeln, die er nach mehrstündiger Behandlung mit verdünnter Osmiumsäure (1 : 300) mikroskopisch untersuchte, einige bemerkenswerthe histologische Eigenthümlichkeiten. Die Fasern, welchen er einen mittleren Durchmesser von $50\ \mu$ zuschreibt, besitzen ein von der quergestreiften Substanz des Muskels weit abstehendes Sarkolemma. Der Raum zwischen beiden ($5\text{--}10\ \mu$ breit) ist ausgefüllt von einer mit grossen Kernen durchsetzten körnigen Masse. Jede solche Faser besitzt wieder ihre besondere Sehne und die Sehnen einer Anzahl solcher Fasern vereinigen sich in besonderer Weise

zur Sehne je eines der beschriebenen conischen Muskeln. Der Verbindung der einzelnen Faser mit ihrer Sehne wendet nun Ranvier seine grösste Aufmerksamkeit zu, da ihm die beobachteten Details, wie das in der That auch der Fall ist, wichtig für die Frage des Zusammenhanges von Muskelfaser und Sehne erscheinen. In dieser Beziehung kommt Ranvier auf seine im Jahre 1874 über die betreffenden Muskeln publicirte Notiz auch wieder zurück in dem 4. Fascikel seines *Traité technique d'histologie* (pag. 508 u. 509) und in den *Leçons d'anatomie générale sur le système musculaire* (Paris 1880 pag. 241). In dem letzteren Werke finden sich auf Seite 222 und 242 zwei gleiche Abbildungen einer solchen Muskelfaser, von welchen die erstere aber auch noch zur Erläuterung gewisser Strukturverhältnisse der Muskelfasern benutzt wird. Dabei nimmt Ranvier auch Bezug auf den in seinen Zeichnungen dargestellten optischen Querschnitt der Faser. An der Abbildung desselben sieht man das Sarkolemma eine körnige von Kernen durchsetzte Masse umfassen, in deren Mitte der Querschnitt der quergestreiften Substanz in Form einer zwölftheiligen Rosette erscheint. Das von dem Contour der Rosette umfasste Areal ist schematisch mit geraden Strichen schraffirt.

Den Einkerbungen der Rosette entsprechend erscheint in der Seitenansicht der Faser eine Längsstreifung und diese soll nach Ranvier den Zwischenräumen von Abtheilungen der Muskelsubstanz entsprechen, die Ranvier (vergleiche l. c. p. 221), indem er einer unglücklich gewählten Bezeichnung Leydig's folgt, als „Muskelprimitivcylinder“ bezeichnet. Diese Primitivcylinder sollen die quergestreifte Substanz der Faser zusammensetzen und zwar soll jedem einzelnen vorspringenden Blatt der Rosette des Querschnittes ein vorspringender Primitivcylinder entsprechen und durch diese Anordnung der Primitivcylinder an der Peripherie die quergestreifte Substanz der Muskelfaser die Form einer cannelirten Säule erhalten.

Diese Darstellung Ranvier's ist nicht richtig. Hätte Ranvier sein Object genauer untersucht, so wäre er auf Eigen thümlichkeiten im Baue der Fasern der Flossenmuskeln geführt worden, die zu den sonderbarsten und merkwürdigsten gehören, auf welche man bisher gestossen ist.

Als ich die Untersuchung der Muskeln des Scepferdchens in Angriff nahm, dachte ich nicht daran, eine besondere histologische Ausbeute zu machen. Ich glaubte vielmehr, dass Ranvier hier

schon alles Wesentliche gesehen hätte und hatte physiologische Studien in Aussicht genommen. Es ist nämlich nicht bloss die früher erwähnte eigenthümliche Bewegungsart der Flossen bei der Beobachtung des Thieres auffallend, sondern auch das überaus rasche Spiel der Flossen im Vergleich mit den trägen Bewegungen, welche z. B. die Muskeln des Schwanzes ausführen.

Da ich nun kurz zuvor verhältnissmässig schwierig zu untersuchende Muskeln von Arthropoden auf ihre physiologischen Eigenschaften (zeitlichen Verlauf der Einzelzuckung, Erregbarkeit, Entstehung und Verlauf des Tetanus, Ermüdung u. s. w.) geprüft hatte¹⁾, so glaubte ich, dass mir das auch bei den Muskeln des Seepferdchens gelingen werde. Allein weder mit graphischen, noch mit stroboscopischen Methoden liess sich etwas ausrichten, für die ersteren sind die Flossen zu zart, die letzteren scheitern, weil das Spiel der Flossen sofort aufhört, wenn man das im Wasser befindliche Thierchen, um es zu fixiren, anfasst. Wird es gehalten, so macht es keine Bewegung, im Gegentheile, es erscheint wie hypnotisirt und vollständig regungslos. Wir bleiben also vorläufig auf die angeführten Wahrnehmungen der Bewegungen der Flossen des frei schwimmenden Thieres und des greifenden Schwanzes beschränkt, damit treffen aber ganz grossartige Verschiedenheiten des histologischen Baues der Flossenmuskeln und der übrigen Skeletmuskeln des Thieres zusammen. Ich bemerke, dass ich mich erst, weil das bei Ranvier auch nicht zu finden war, davon überzeugte, dass die Analflosse und die Kiemenflossen von ganz ebenso gebauten Muskeln bewegt werden, wie die Rückenflosse, und dass diese Flossenmuskeln eben allesamt von den ganz anders gebauten übrigen Skeletmuskeln verschieden sind.

Ehe ich aber nun daran gehe, die merkwürdige Structur der Flossenmuskeln des Seepferdchens darzulegen, muss ich noch einige weitere einleitende Bemerkungen machen. Ich habe mich bei der Untersuchung derselben an jene Methoden gehalten, welche mich bei meinen Untersuchungen²⁾ über den Bau der quergestreiften Muskelfasern zu einer in allen Theilen consequenten Darstellung des Baues derselben geführt haben, an dem ich, wie wir sehen

1) Denkschriften der math.-naturw. Klass. d. kais. Akad. zu Wien. Bd. LIII, p. 194.

2) Denkschriften der math.-naturw. Klasse der kais. Akad. der Wissen-

werden, trotz neuerer abweichender Darstellungen¹⁾ unerschütterter festhalten muss.

Ja wir werden gerade in den Flossenmuskeln des Seepferdchens einen Prüfstein jener Auffassung kennen lernen, wie er entscheidender gar nicht gedacht werden kann.

Ich habe in den bisher veröffentlichten Theilen meiner Untersuchungen des Baues der quergestreiften Muskelfasern zu erweisen gesucht, dass der vom Sarkolemma umschlossene Inhalt der quergestreiften Muskelfaser aus zwei wesentlich zu unterscheidenden Theilen besteht: aus dem Sarkoplasma und aus den Fibrillen. Die letzteren sind die Träger der Querstreifung. Sie sind gruppenweise zu strang- band- oder röhrenförmigen Bündeln zusammengeordnet und oft erscheinen auch noch diese Bündel (Muskelsäulchen) wieder zu grösseren Gruppen geordnet. Die Muskelsäulchen und die Muskelsäulchengruppen sind von dem Sarkoplasma auseinandergehalten.

Diese Zergliederung der Muskelfasern stützte ich auf eine grosse Zahl von Thatsachen der vergleichenden Histologie.

Und ich habe mit dem grössten Nachdrucke betont, dass für die sichere Begründung einer richtigen Anschauungsweise des Muskelbaues gerade die Resultate ausgedehnter vergleichend histologischer Studien von der grössten Wichtigkeit sind.

Es zeigte sich nämlich in verschiedenen Fasern desselben Muskels und in den Muskelfasern verschiedenen Thiere eine ganz unerwartete Mannigfaltigkeit in der Anordnung der wesentlichen Theile einer Muskelfaser.

Durch alle diese Mannigfaltigkeiten hindurch fand ich aber

schaft. in Wien. Bd. XLIX, pag. 81 (I. Theil) u. Bd. LI pag. 23 (II. Theil). Ein III. Theil enthaltend: die mikroskopischen Vorgänge bei der Contraction und das Verhalten der Muskelfasern im polarisirten Lichte wird demnächst abgeschlossen und veröffentlicht werden. Hier werden wir uns grösstentheils nur auf die bereits veröffentlichten Theile zu beziehen haben.

1) Melland: A simplified view of the histology of the striped muscle-fibre. Quaterl. Journal. of microscop. science Vol. XXV, New. Ser. pag. 371, London 1885. Van Gehuchten: Étude sur la structure intime de la cellule musculaire striée. (Extrait de la Revue „La cellule“ t. II. 2. fascicul. Louvain, Gand et Lierre 1886); ferner: Anatomischen Anzeiger 1887 Nr. 26, pag. 792. Macallum: On the nuclei of the striated muscle-fibre in *Necturus lateralis*. Quaterly Journ. of microscop. scienc. Vol. XXVII New. Ser. pag. 461. London 1887. Marshall: Observat. on the struct. and distribut. of striped and unstriped muscle in animal Kingdom and a theory of muscular contract. Ibidem Vol. XXVIII pag. 75, London 1887.

die Deutung, welche ich den wesentlichen Theilen der Muskelfaser gegeben hatte, bewährt. Wie ich auf Grund der Befunde an Alkoholpräparaten, an mit Säure oder mit Goldchlorid und Säure behandelten Muskelfasern, an Querschnitten also behandelter Muskelfasern, ferner an tingirten und imprägnirten gehärteten Muskelfasern und an Querschnitten der letzteren, endlich an ganz frisch, noch lebend ohne irgend welchen Zusatz untersuchten Fasern und an Querschnitten von solchen zu jener Deutung der wesentlichen Theile der Muskelfasern gelangte, habe ich in den erwähnten Abhandlungen ausführlich dargelegt und ich gab mich der Hoffnung hin, damit einer allgemeinen Verständigung über den Muskelbau die Wege geebnet zu haben. Damit sollte aber dem höchst unerfreulichen Zustande, in welchem sich die Histologie der quergestreiften Muskelfasern durch längere Zeit befand, ein Ende gemacht werden.

Es scheint nun nicht, dass ich den beabsichtigten Zweck erreicht habe.

Es ist mir darum erwünscht, dass ich mit der Darlegung des merkwürdigen Baues der Flossenmuskeln des Seepferdchens und mit einer daran geknüpften Kritik der früher erwähnten neueren Muskelarbeiten meine Bestrebungen fortsetzen kann.

Ich muss gestehen, dass ich, als ich zuerst Querschnitte gehärteter Flossenmuskeln ansah, zwar in grosses Erstaunen versetzt war, dass ich aber, was ich sah kaum verstand.

Ich vermuthete aber sofort, dass hier vergoldete Muskeln die erwünschte Aufklärung bringen müssten und das war auch der Fall. Ich will darum auch hier die Goldbilder zuerst besprechen. An frisch vergoldeten Muskeln findet man bekanntlich immer das Sarkoplasma roth gefärbt, die Muskelsäulchen dagegen ungefärbt¹⁾. Ich brachte dem lebenden Thiere entnommene Stückchen der Flossenmuskeln in das Goldbad (0,5%ige Lösung von Goldchlorid) und liess sie 5—10—15 Minuten in demselben, während ich sie mittelst Platinnadeln etwas auseinander zog. Dann brachte ich sie, nachdem das überschüssige Gold mittelst Filtrirpapiers möglichst abgesaugt war, in Bastian-Pritchard'sche Reductionsflüssigkeit. War die Reduction eingetreten, so wurde ein Stückchen der Muskeln auf den Objectträger gebracht, etwas Glycerin (2 Theile auf 1 Theil Wasser) hinzugesetzt und das Stückchen mittelst eines scharfen Scalpelles

1) Vergleiche meine Untersuchungen l. c., I. Theil, pag. 121.

quer dem Faserverlauf fein gehackt, um so Querschnitte der vergoldeten Fasern zu erhalten. Das gelingt auch gar nicht schwer. In jedem der so angefertigten Präparate finden sich in der Regel neben zahlreichen Längsansichten und Schrägschnitten von Muskelfasern immer auch eine Anzahl von reinen Querschnitten. In Fig. 1 ist eine Reihe von solchen Querschnitten vergoldeter Muskelfasern dargestellt. Man sieht an denselben die Muskelsäulchenquerschnitte (Cohnheim'schen Felder) und das Sarkoplasma durch die Goldbehandlung auf das Schönste differencirt, die ersteren erscheinen weiss, das Sarkoplasma roth gefärbt, Fig. 1 a u. b.

Ueberraschend ist aber die relative Menge des Sarkoplasmas, die Form und Anordnung der Muskelsäulchenquerschnitte und die überaus grosse Mannigfaltigkeit, welche in Bezug auf alle diese genannten Erscheinungen bei der Untersuchung der einzelnen Faserquerschnitte zu Tage tritt.

Wie unter den Menschen nicht zwei Individuen gefunden werden können, von welchen eines vollkommen dem anderen gleicht, so geht es auch hier, ja es kommen sogar sehr weitgehende individuelle Abweichungen der einzelnen Faserquerschnitte vor. Die immer wiederkehrende Eigenthümlichkeit der Flossenmuskeln des Seepferdchens im Vergleich mit anderen Muskeln ist aber Eine breite Wandschicht von Sarkoplasma unter dem Sarkolemma, in welcher Schichte die Kerne (in Fig. 1 a u. b leicht kenntlich) der Muskelfaser sich befinden und eine in verschieden gestaltete Gruppen zerstreute Anordnung der Muskelsäulchen, deren numerisches Verhältniss in Muskelquerschnitten von ganz nahe stehenden Durchmesser überdies ein sehr wechselndes ist.

Die Muskelsäulchen sind zu Gruppen geordnet, welche bandförmige und dabei wellenartig geschlungene, oder voluten-, oder c- oder ε- oder kranzförmige, kreisrunde oder ovale und noch mannigfach andere Figuren auf dem Querschnitte darbieten. In diesen Gruppen haben aber auch die Muskelsäulchen selbst sehr vielfach in Bezug auf Form und Grösse abweichende Querschnitte, im Allgemeinen herrschen aber Muskelsäulchen von länglichem Querschnitte vor.

In den Figuren 1 u. 2 sind möglichst viele dieser Mannigfaltigkeiten dargestellt. In Figur 1 a u. b und in Figur 2 ist die Darstellung der Querschnitte völlig ausgeführt, in Fig. 1 c, d, e, f sind nur die Muskelsäulchengruppen mittelst einfacher Contouren

eingezeichnet. Der stark vergrösserte Querschnitt Fig. 2 zeigte besonders schön eine ganze Reihe der verschiedensten Formen der Querschnitte der Muskelsäulchen und der Muskelsäulchengruppen und wurde darum für die Darstellung ausgewählt. Ich glaube durch den Hinweis auf diese Figuren weiterer Darlegungen enthoben zu sein, die bei der unbegrenzten Mannigfaltigkeit der Verhältnisse in den einzelnen Fasern niemals erschöpfend sein könnten. Das Sarkoplasma erscheint an den vergoldeten Muskeln fein granuliert, die Kerne sind nicht wesentlich tiefer gefärbt als das Sarkoplasma, aber meist von einem feinen Contour scharf umgrenzt. Durch die Spärlichkeit von in ihrem Innern vorhandenen einzelnen Körnchen erscheinen sie glatt im Vergleich mit dem Sarkoplasma und oft tritt ein Nucleolus, oft ein grösserer centraler dunkler Fleck mit grosser Deutlichkeit in denselben hervor — (siehe die leicht kenntlichen Kerne in den Randschichten von Fig. 1 a u. b, Fig. 2 u. Fig. 6). Dieses Ansehen der Kerne ist von dem, welches man sonst in vergoldeten Muskeln bei Vertebraten sowohl, wie bei Arthropoden gewöhnlich findet, verschieden. Die Kerne sind meist tiefer mit Gold gefärbt, als das Sarkoplasma und ihre Substanz von verklumpten Balken und Körnern, die dann am tiefsten gefärbt erscheinen, erfüllt.

Ich will nun an die gegebene Darstellung der Querschnitte vergoldeter Flossenmuskeln des Seepferdchens sogleich einige vergleichend histologische Betrachtungen anschliessen.

Wenn wir uns fragen, ob bei anderen untersuchten quergestreiften Muskelfasern Anordnungen von Sarkoplasma und Muskelsäulchen bekannt geworden sind, welche sich in irgend einer Weise der so ganz besonderen Anordnung in den Flossenmuskeln des Seepferdchens annähern, so glaube ich diese Frage allerdings bejahen zu können.

Bei den Vertebraten zwar ist, so viel ich weiss, ein solcher Fall noch nicht beobachtet worden. Dagegen gibt es bei einzelnen Evertebraten quergestreifte Muskelfasern, welche gewisse Aehnlichkeiten ihres Baues mit dem der Flossenmuskeln des Seepferdchens zeigen.

Ich führe hier vor Allem die Muskeln der Fliegen an (*Musca domestica*, *vomitaria* und *Sarcophaga carnaria*), welche ich im II. Theile meiner Untersuchungen¹⁾ ausführlich beschrieben habe.

1) l. c. Bd. LI, p. 37.

Da am angeführten Orte kein Goldbild von Fliegenmuskeln sich dargestellt findet, so füge ich hier zum unmittelbaren Vergleiche in Fig. 3 ein solches bei. Die Cohnheim'schen Felder des Querschnittes der Fliegenmuskeln sind verlängert, mit ihrem langen Durchmesser annähernd radiär gestellt. Ganz besonders ausgezeichnet sind aber die Fliegenmuskeln durch die gruppenweise Anordnung der Cohnheim'schen Felder, die Gruppen bilden gürtelförmige Reihen. Die Gürtel umschliessen centrales, die Kerne enthaltendes Sarkoplasma oder es tritt um diesen inneren Gürtel und von diesem durch eine ebenfalls gürtelförmige Lage von Sarkoplasma getrennt ein zweiter äusserer Gürtel auf (vergl. Fig. 3). In bestimmten Fasern kommt, von diesem zweiten Gürtel wieder durch Sarkoplasma getrennt, noch ein die beiden anderen Gürtel umfassender dritter Gürtel vor, endlich manchmal auch noch ein vierter.

Der innerste Gürtel weicht in seiner Form von den äusseren Gürteln gewöhnlich etwas stärker ab und setzt sich aus zwei, drei oder vier sectorenartig angeordneten und sehr verschieden gestalteten Gruppen von Muskelsäulchen zusammen (vgl. wieder Fig. 3). Die Grenze der einzelnen Gürtelreihen und die Dicke der Gürtel ist eine sehr wechselnde. In den Figuren 11 A und 12 a, b, c, d, e, f, g, Taf. II der erwähnten Abhandlung finden sich eine Reihe der überaus mannigfaltigen Querschnittsbilder von gehärteten Muskelfasern der Fliegen dargestellt, welche diese Verhältnisse veranschaulichen. Querschnitte vergoldeter Fliegenmuskeln zeigen dieselben auf das Schönste.

Die radiär gestellten verlängerten Cohnheim'schen Felder erscheinen ungefärbt, das Sarkoplasma zwischen denselben und das Sarkoplasma zwischen den Gruppen und Reihen der Cohnheim'schen Felder dagegen von Gold roth gefärbt. Der Querschnitt Fig. 3 rührt von einer zweigürteligen Faser her, in deren centralem Sarkoplasma eine Kernreihe sich fand. Der auf dem Querschnitte sichtbare Kern liegt in der Mitte desselben.

In anderer Weise als die Fliegenmuskeln mit ihren gürtelförmigen Reihen und Gruppen von Muskelsäulchen nähern sich die Muskelfasern von Krebsen denen der Flossenmuskeln des Seepferdchens an. Ich beziehe mich dabei auf die in meinen Untersuchungen¹⁾

1) l. c. p. 42.

angeführten Krebse (*Astacus fluviatilis*, *Homarus vulgaris*, *Maja squinado*, eine *Palaemon*-Art), und muss bemerken, dass bei den Krustern, wie einer Mittheilung Köhler's¹⁾ zu entnehmen ist, sehr wechselnde Verhältnisse und sehr mannigfache Anordnungen von Muskelsäulchen und Sarkoplasma zu finden sein werden. Auch bei den angeführten Krebsen, welche ich untersuchte, ist das Bild des Muskelquerschnittes selbst bei den Muskelfasern derselben Species ein sehr wechselndes. Im Allgemeinen habe ich aber das folgende hervorgehoben²⁾, was ich hier wieder durch die Abbildung eines Goldbildes erläutern will. Fig. 4 stellt ein Stück eines Querschnittes einer vergoldeten Muskelfaser von *Maja squinado* dar. Unter dem Sarkolemma befindet sich eine verhältnissmässig dicke Lage von Sarkoplasma, von dieser gehen mittelst conischer Ansätze eine beschränkte Anzahl von Sarkoplasma-balken aus, welche theils zu einem netzartigen Geäder zusammentreten, theils sich baumförmig in die gleich zu erwähnenden kleineren Balken auflösen. Durch diese starken Balken erscheint der ganze Querschnitt in eine Anzahl von grossen Feldern getheilt. Von dem Sarkoplasma an der Oberfläche und von den starken Balken entspringen wieder mit conischen Ansätzen kleinere Sarkoplasma-balken, die wieder theils zu einem netzartigen Geäder zusammentreten, theils baumförmig sich in kleinere Balken auflösen und die grossen Felder mehr weniger vollkommen in eine Anzahl kleinerer Felder abtheilen. Endlich entspringen sowohl von dem Sarkoplasma an der Oberfläche, als auch von den erwähnten stärkeren und schwächeren Balken wieder kleinere zu einem Geäder zusammentretende Balken und oft von diesen in ähnlicher Weise noch feinere Balken, welche endlich die kleinsten Felder (Cohnheim'sche Felder) umgeben. Die Kerne dieser Fasern befinden sich zerstreut in dem Sarkoplasma an der Oberfläche und in den starken Balken.

Die Muskeln der Krebse zeigen also hauptsächlich nur in Bezug auf die starken Ansammlungen von Sarkoplasma eine Aehnlichkeit mit den Flossenmuskeln des Seepferdchens. Ferner erscheinen auch bei den Muskeln der Krebse die Cohnheim'schen Felder zu Gruppen geordnet. Die letzteren sind aber wieder zu Gruppen höherer Ordnungen vereinigt. Alle diese Gruppen er-

1) Compt. rend. T. CIV, pag. 592.

2) l. c.

scheinen in Form von mehr ebenmässig entwickelten rundlichen, drei-, vier- oder vieleckigen Feldern. Der Hinweis auf die Krebsmuskeln möge uns nun auch noch zu einer Betrachtung anderer Art Veranlassung geben.

Dächten wir uns auf dem ganzen Muskelquerschnitte nur Sarkoplasma balken von der Stärke der feinsten in ähnlicher Anordnung, wie diese (Fig. 4) vorhanden, oder was dasselbe wäre eines der Felder vorletzter Ordnung auf den ganzen Querschnitt ausgedehnt, so würden wir damit die Art und Weise versinnlicht haben, wie die Cohnheim'schen Felder und das sie trennende Sarkoplasma an den Vertebraten-Muskeln gewöhnlich in die Erscheinung treten. Solche Muskeln stellen auch alle Muskeln des Seepferdchens dar, welche nicht für die Bewegung der Flossen dienen. In Fig. 5 sind das durch Gold gefärbte feine Sarkoplasma-geäder und die von demselben abgegrenzten Cohnheim'schen Felder des Querschnittes einer gewöhnlichen quergestreiften Muskelfaser des Seepferdchens dargestellt.

Die Cohnheim'schen Felder erscheinen meist fünfeckig; dort, wo die Adern des Sarkoplasma zusammentreffen, finden sich knotenartige Verdickungen vor und an einzelnen Stellen erscheinen diese Verdickungen zu grösseren sternförmigen Anschwellungen des Geäders erweitert. An dem abgebildeten Querschnitte sind zwei Kerne an der Oberfläche der Faser sichtbar. Wie ein Vergleich der Flossmuskeln des Seepferdchens (Fig. 1 u. 2) und der gewöhnlichen Muskeln desselben Thieres (Fig. 5) zeigt, ergiebt sich hier für ein Wirbelthier der Fall einer sehr weit gehenden Verschiedenheit in der Anordnung des Sarkoplasmas und der Form der Cohnheim'schen Felder (Querschnitte der Muskelsäulchen) in functionell verschiedenen Muskelfasern desselben Thieres.

Bisher waren morphologische Verschiedenheiten dieser Art nur bei den Arthropoden bekannt. Man erinnere sich an die Querschnittsbilder der Muskelfasern von Hydrophiliden, Dyticiden und von anderen Coleopterenfamilien, von Hymenopteren, von Fliegen und von Krebsen, von welchen letzteren früher schon auf einige Beispiele hingewiesen wurde und welche Arthropodenmuskeln sich in meinen Untersuchungen (I. u. II. Theil)¹⁾ ausführlich beschrieben und zum Theile auch abgebildet finden.

1) I. c.

Ehe wir nun die Goldbilder verlassen, die wir bisher nur auf dem Querschnitte von Muskelfasern betrachtet haben, muss ich auch die Längenansicht der vergoldeten Flossenmuskeln des Seepferdchens behandeln.

Optische Längsschnitte vergoldeter Flossenmuskeln kann man neben den Querschnitten in überwiegender Menge in Präparaten beobachten, die so hergestellt wurden, wie das früher angeführt wurde.

Man erhält von denselben ebenso mannigfach wechselnde Bilder, wie das von den Querschnitten angeführt wurde, was nach der Kenntnissnahme der auf den Querschnitten sichtbaren Dinge auch sofort völlig verständlich ist. So wie auf den Querschnitten kehren aber auch auf den Längsschnitten trotz allen Mannigfaltigkeiten die wesentlichen Theile des Bildes immer wieder. Fig. 6 stellt einen Längsschnitt durch eine Flossenmuskelfaser vom Seepferdchen bei derselben Vergrößerung dar, wie sie in dem Querschnitte Fig. 2 vorliegt. Es präsentirt sich die breite, die Kerne enthaltende Sarkoplasma-lage (Fig. 6 S_1), unter dem Sarkolemma (Fig. 6 Sl). Im Innern der Fasern fällt eine durch breite rothe bandartige Streifen bedingte grobe Längsstreifung zunächst auf. In Fig. 6 erscheinen zwei solche breite Streifen (S_2, S_3). Die Zahl derselben auf verschiedenen optischen Längsschnitten verschiedener Muskelfasern ist aber oft eine viel grössere und die Breite dieser Streifen eine sehr wechselnde. Die Streifen gewähren bei bestimmter Einstellung den Eindruck, dass sie sich allmählich in die Tiefe verlieren und beim Wechsel der Einstellung hat man den Eindruck, dass sie von Blättern herrühren, welche leicht gebogen durch die Substanz der Faser laufen. Es entsprechen diese Streifen den breiten in den optischen Längsschnitt fallenden, die Muskelsäulchengruppen von einander trennenden Sarkoplasma-lagen.

Dort, wo solche Muskelsäulchengruppen selbst in den optischen Längsschnitt fallen, erscheinen die Bilder M, M, M, Fig. 6. Die Querreihen von Knoten in denselben entsprechen den zwischen den Gliedern Z der Muskelsäulchen an mit Säure oder mit Goldchlorid und Säure behandelten Muskelfasern auftretenden Knotenreihen I (siehe meine Untersuchungen etc. I. Theil l. c. pag. 170 u. d. f.).

Dort findet sich auch eine Erklärung der Querreihen der Knoten und der die Knoten der Querreihen wieder zu regelmässigen Längsreihen verbindenden Streifen.

Beide sind der optische Ausdruck der Sarkoplasmadurchgänge zwischen den einzelnen Muskelsäulchen. Ich habe dort auch angeführt, dass man sich das Sarkoplasma um die Muskelsäulchen ähnlich angeordnet vorstellen müsse, wie das Wachs um die Zellen einer Honigwabe.

Stellen wir uns eine solche Anordnung in der ganzen Länge einer Muskelfaser vor, so würden wir von Serienschnitten, die senkrecht auf die Axe angelegt würden, immer dasselbe Bild erhalten, wenn die Dicke der Wände und die Durchmesser der Lumina des Zellenwerkes immer dieselben bleiben würden.

Auf einem optischen Längsschnitte würden wir aber dann in Form von gleich breiten und gleich weit abstehenden Längsstreifen die optischen Durchschnitte der Wände des Zellenwerkes sehen und die Abstände der Streifen würden den optischen Durchschnitten der Lumina des Zellenwerkes beziehungsweise der diese Lumina ausfüllenden Substanz entsprechen. Stellen wir uns aber nun die Wände in regelmässigen Abständen abwechselnd verdickt und wieder verdünnt vor und die Durchmesser der Lumina des Zellenwerkes das eine Mal entsprechend klein, das andere Mal entsprechend gross, dann würden abwechselnd sich Querschnitte ergeben, auf welchen dickere Balken kleinere Maschenräume oder dünnere Balken grössere Maschenräume umfassen würden; und auf optischen Längsschnitten würden, als mit Knoten besetzte Streifen, die optischen Längsschnitte der Wände und, als mit Bäuchen und Einziehungen versehene Streifen, die Lumina des Zellenwerkes beziehungsweise die diese Lumina ausfüllende Substanz erscheinen.

Diese stereometrische Vorstellung von dem Sarkoplasma und den Muskelsäulchen vergoldeter Muskelfasern habe ich am angeführten Orte ausführlich zu begründen gesucht und sie wird, wenn wir einmal festhalten, dass das, was am vergoldeten Muskel ungefärbt erscheint, die Muskelsäulchen sind; dagegen das, was durch Gold roth gefärbt erscheint, das Sarkoplasma ist, durch unsere Fig. 6 für den Flossenmuskel des Seepferdchens unmittelbar veranschaulicht.

Der Grund für die mit Einziehungen regelmässig abwechselnden Bäuche der Muskelsäulchen des vergoldeten Muskels ist die Wirkung, welche Säuren auf die regelmässig wechselnden Streifen Q (Bowman-Brücke'schen Streifen) und Z (Amici-Krause'schen Streifen) der Muskelsäulchen ausüben; die Q quellen in

Säuren viel rascher und stärker auf, als die Z und diese durch die verschiedene Quellbarkeit der Q und Z bedingte Form der Muskelsäulchen ist wieder die Ursache der besonderen Form der zwischen den Muskelsäulchen vorhandenen Sarkoplasma wände.

Auch diese Erklärung der Erscheinungen an mit Säuren oder mit Goldchlorid und Säuren behandelten Muskelfasern findet sich in den angeführten Untersuchungen (I. c.) ausführlich entwickelt.

Andere Autoren sind, wie wir sehen werden, mit den der Länge und Quere nach verbundenen Knotenreihen in der Längensicht vergoldeten Muskelfasern allerdings viel schneller fertig geworden als ich, indem sie einfach ein der Länge und Quere nach entwickeltes Fadennetz, welches in den Knotenpunkten Anschwellungen besitzt, zu sehen meinten. Ein solches Fadennetz existirt in der Muskelfaser nicht, nur der Schein eines solchen ist vorhanden. Ich halte meine Erklärung des scheinbaren Fadennetzes für die allein richtige und möchte sehr empfehlen, dass man sie prüfe und sich mit ihr vertraut mache; gerade meine Erklärung der Säure- und Goldsäurebilder scheint mir ein wichtiger Punkt für eine allseitige Verständigung über den Bau der quergestreiften Muskelfasern zu sein.

Es handelt sich aber jetzt vorerst noch darum, den Bau der Flossenmuskelfasern des Seepferdchens auch noch mittelst anderer Methoden klar zu legen. Ich will zu dem Ende zunächst mit den Querschnitten der vergoldeten Fasern die Querschnitte von in Alkohol gehärteten Flossenmuskeln vergleichen. Stücke von Flossenmuskeln, die Thieren entnommen wurden, die längere Zeit in 93% Alkohol lagen, wurden in Celloidin eingebettet und in der Weise weiter verarbeitet, wie ich es in den Untersuchungen (II. Theil I. c. p. 25) beschrieben habe.

Die erhaltenen Schnitte wurden in sehr verdünnte Hämatoxylinlösung von Renaut (I. Theil I. c. p. 97) gebracht, nach der Tinction in starkem Alkohol entwässert, mit Origanumöl durchsichtig gemacht und in einer Lösung von Dammarharz in Xylol eingeschlossen. Ist die Differenzirung gut gelungen und das hängt, wie man sich bald überzeugen wird, von der leicht auszuprobirenden Zeit des Aufenthaltes in der Hämatoxylinlösung ab, so erhält man Bilder, wie ich sie in Fig. 7 dargestellt habe.

Die Muskelsäulchendurchschnitte (Cohnheim'sche Felder) erscheinen tief blau gefärbt, das Sarkoplasma dagegen hat nur

eine schwach blaue Färbung angenommen, nur die Körnchen in demselben erscheinen dunkler blau gefärbt, in der Wandschichte des Sarkoplasma erscheinen die Kerne, eingefasst von einem tiefer blauen Contour, in der Mitte derselben ein Kernkörperchen. Die Form der Querschnitte der Muskelsäulchen und der Muskelsäulchengruppen erscheinen ganz analog wie bei den Goldbildern, nur sind sie in ihren Dimensionen ebenso, wie der ganze Querschnitt der Faser im Vergleich mit den Dimensionen der betreffenden Gebilde an den vergoldeten Muskelfasern bei derselben Vergrößerung sehr reducirt (vergl. Fig. 1 a u. b und Fig. 7).

Was wir also an den Querschnitten von vergoldeten Muskelfasern erfahren haben, bestätigt sich auch auf den Querschnitten gehärteter und tingirter Fasern.

Kurz die Vergleichung der nach den angeführten verschiedenen Methoden erhaltenen Querschnitte der Flossenmuskelfasern führt uns zu demselben Resultate, welches ich bei der Vergleichung der Querschnitte vergoldeter und gehärteter Arthropodenmuskeln immer erhielt. Die mit Hämatoxylin stark gefärbten Cohnheim'schen Felder der gehärteten Muskeln entsprechen den im vergoldeten Muskel weiss gebliebenen Feldern, die nicht oder nur schwach tingirte Substanz um und zwischen den Cohnheim'schen Feldern des Querschnittes gehärteter Muskelfasern entspricht den durch Gold roth gefärbten Theilen des Querschnittes vergoldeter Muskelfasern (Untersuchung. I. u. II. Theil I. c. pag. 110 u. pag. 24).

Die Längensicht von in der beschriebenen Weise tingirten, gehärteten Flossenmuskeln des Seepferdchens ist ebenfalls mutatis mutandis in Uebereinstimmung mit der Längensicht der Goldbilder. Die Randschicht, entsprechend $S_1 S_1$ Fig. 6, erscheint nur schwach tingirt, und ebenso die breiten Sarkoplasmadurchgänge entsprechend $S_2 S_2$ Fig. 6, die Muskelsäulchengruppen, entsprechend M, M, M Fig. 6 erscheinen dagegen tief blau gefärbt und dadurch tritt an der tingirten Muskelfaser ebenso, wie an der vergoldeten eine grobe Längsstreifung neben der den Durchgängen zwischen den Muskelsäulchen entsprechenden feinen Längsstreifung in die Erscheinung.

So wie ich früher in vergleichend histologischer Beziehung dem Goldbilde der Flossenmuskel-Querschnitte das Goldbild eines Fliegenmuskel-Querschnittes an die Seite gestellt habe, so möge das jetzt auch mit den Hämatoxylinbildern geschehen. Fig. 8 ist

ein mit Hämatoxylin gefärbter Querschnitt einer gehärteten Fliegenmuskelfaser bei derselben Vergrößerung wie das Goldbild Fig. 3. Es möge diese Gegenüberstellung ebenso zur Erläuterung der oben über die Arthropodenmuskeln gemachten Angaben, wie zum Erweise der schon mittelst der Goldbilder dargelegten morphologischen Aehnlichkeiten der Flossenmuskeln des Seepferdchens und der Fliegenmuskeln dienen.

In Fig. 8 erscheinen die radiär gestellten Cohnheim'schen Felder des Querschnittes tief blau gefärbt, das Sarkoplasma ist ungefärbt, nur die Körnchen in demselben erscheinen gefärbt. Die Cohnheim'schen Felder sind in zwei gürtelförmigen Reihen um das zwei Kerne aufweisende centrale Sarkoplasma gruppiert. Der innere Gürtel zerfällt noch überdies in vier sectorenartige Gruppen.

Es erübrigt uns jetzt noch zu besprechen, ob die an vergoldeten und eben so an gehärteten Flossenmuskeln des Seepferdchens wahrnehmbare Anordnung der Muskelsäulchen und des Sarkoplasmas auch an ganz frischen Muskeln zu sehen ist.

Bei einigem Bemühen gelingt es, an kleinen Stückchen, die man mittelst einer Scheere aus einem Flossenmuskel herausgeschnitten und ohne allen Zusatz mit einem aufgedrückten Deckgläschen auf einem Objectträger ausgebreitet hat, Querschnitte frischer Flossenmuskelfasern zu sehen.

Man sieht an denselben sofort eine Abgrenzung der breiten Randschicht des Sarkoplasmas von einer davon verschiedenen inneren Parthie der Muskelfaser angedeutet und hat dann auch mehr oder weniger deutlich den Eindruck, als ob die breite Randschicht eine, wenn auch nicht so regelmässige Rosette, wie sie Ranvier zeichnet, sondern eine mit unregelmässigen und verschieden grossen Buchten und Vorsprüngen versehene Rosette umfassen würde. Das Innere dieser Rosette erscheint nicht gleichförmig gezeichnet, sondern aus helleren und dunkleren Parthien zusammengesetzt, die wie unregelmässige und verschieden grosse, nur andeutungsweise abgegrenzte Flecken neben einander zu liegen scheinen.

Es bedarf einer hingebenden und aufmerksamen Betrachtung und wiederholten Durchmusterung des Bildes, um sich zu überzeugen, dass die dunkleren Parthien in ihrer Beschaffenheit mit jenen der breiten Randschichte übereinstimmen. Sie erscheinen wie die letztern leicht körnig getrübt, während die helleren Flecken glatt erscheinen.

Hat man sich einmal über diese Verhältnisse in der erwähnten Weise belehrt, dann ist es nicht mehr schwer in den helleren Flecken die verschiedenartig gestalteten Muskelsäulchengruppen des Querschnittes zu erkennen, welche wir an Gold- und Hämatoxylinpräparaten kennen gelernt haben. Dass die Deutung, welche man dem Bilde des Querschnittes der frischen Faser also gegeben hat, die richtige ist, wird dann am Besten dadurch erhärtet, dass man, während das Auge des Beobachters auf dem Präparate ruht, 1% ige Ueberosmiumsäurelösung zwischen Objectträger und Deckgläschen eindringen lässt. Durch die Wirkung dieses Reagens, dessen sich, wie angeführt, auch Ranvier für die Muskeln der Rückenflosse bediente, werden die Grenzen zwischen den glatt erscheinenden Muskelsäulchengruppen und dem Sarkoplasma verdeutlicht und beide dadurch besser differencirt, dass sich das Sarkoplasma noch mehr verdunkelt und dessen Körnung viel deutlicher hervortritt. Zugleich werden auch die Kerne der Wandschicht dadurch deutlich. Ein Querschnitt, wie er sich nach kurzer Einwirkung der Ueberosmiumsäure und Verdrängung derselben durch Glycerin auf einem auf diese Weise erhaltenen Dauerpräparate präsentirte, ist in Fig. 9 dargestellt und nach den gegebenen Auseinandersetzungen ohne weitere Erklärung verständlich.

Bei länger dauernder Wirkung der in der beschriebenen Weise applicirten Ueberosmiumsäure tritt häufig noch ein anderes belehrendes Bild auf.

Die Muskelsäulchengruppen umgeben sich mit hellen Säumen und man hat den Eindruck, als ob sie sich durch Schrumpfung von dem Sarkoplasma etwas zurückgezogen hätten. In diesem Falle kann man sich bei flüchtiger Betrachtung besonders an Fasern mit reichlicheren, kleineren Gruppen (vergleiche Fig. 1 f) zu der Annahme verleitet sehen, dass das von der Wandschicht umfasste Innere durch ein helles Geäder in verschieden gestaltete, aber das Innere gleichmässig erfüllende Felder zerlegt würde. Eine sorgfältige Betrachtung deckt aber die wahren Verhältnisse: die inselförmigen Muskelsäulchengruppen und die confluirenden Sarkoplasamassen sofort auf und bei starken Vergrößerungen und günstiger Beleuchtung sieht man durch die die Muskelsäulchengruppen und das Sarkoplasma trennenden hellen Säume noch zarte Bälkchen laufen und in die feinen, die einzelnen Muskelsäulchen einer Gruppe trennenden Sarkoplasmaabalken übergehen.

Ich habe ganz frische Muskelfasern der Flossenmuskeln des Seepferdchens auch im polarisirten Lichte und zwar auf Gypsgrund Roth I. Ordnung zwischen gekreuzten Nikolschen Prismen untersucht und will auch dieser Untersuchung hier Erwähnung thun, weil ihr Ergebniss in vollem Einklange steht mit den nach anderen Methoden gemachten Befunden und sie zur Controlle derselben nicht vernachlässigt werden sollten.

Vor allem fällt an den einzelnen Fasern die Abwechslung von breiten Längsstreifen, in welchen die Farbe des Grundes nicht oder nur wenig geändert scheint, mit solchen auf, in welchen lebhaftere höhere oder niedere Interferenzfarben je nach der Orientirung der Fasern auf der Gypsplatte zu beobachten sind. Die ersteren Streifen entsprechen den Randschichten des Sarkoplasma und den Sarkoplasmadurchgängen (zur Orientirung vergleiche man S_1S_1 und S_2S_2 Fig. 6). In denselben ist keinerlei Querstreifung zu sehen. Die letzteren Streifen entsprechen den Muskelsäulchengruppen (zur Orientirung vergleiche man Fig. 6 M, M, M.). In der ausgezeichneten Querstreifung derselben wechseln einfach und doppelt lichtbrechende Abschnitte in der gewöhnlichen Weise mit einander ab. In der Additionslage wie gewöhnlich Blau II. Ordnung mit Roth I. Ordnung, in der Subtractionslage Gelb I. Ordnung mit Roth I. Ordnung. Mit der grössten Schärfe tritt schon bei mittleren Vergrösserungen in diesen Abschnitten die den feinen Sarkoplasmadurchgängen zwischen den einzelnen Muskelsäulchen der Gruppe entsprechende feine Längsstreifung als ungeänderte Grundfarbe hervor.

In den den breiten Sarkoplasmadurchgängen (zur Orientirung vergleiche S_2S_2 Fig. 6) entsprechenden Streifen beobachtet man aber bei bestimmter Einstellung auch häufig, den ganzen Streifen oder einen Theil desselben einnehmend, Aenderungen der Grundfarbe, die als gleichmässig mit verwaschener gestiegener oder gesunkener Farbe bedeckte Flecken erscheinen. In diesem Falle gelingt es immer leicht durch Veränderung der Einstellung diese Flecken in das deutliche Bild der Muskelsäulchengruppen im polarisirten Lichte überzuführen und sich zu überzeugen, dass die Flecken von nicht in die Einstellebene fallenden sondern darunter- oder darüberliegenden Muskelsäulchengruppen herrührten. Nur wenn eine Muskelfaser zufällig so orientirt ist, dass das Licht, welches sie durchdringt nur Sarkoplasma durchsetzt, erscheinen breite Längsstreifen, welche bei allen Einstellungen nur die Farbe

des Grundes zeigen, das letztere ist bei einer grösseren Anzahl von Beobachtungen gar nicht selten zu sehen.

Ebenso verhalten sich die den Randschichten (zur Orientirung vergl. Fig. 6 $S_1 S_1$) entsprechenden Streifen bei allen Einstellungen als einfach lichtbrechend. Diese Befunde bestätigen nur, was man über das Verhalten des Sarkoplasmas und der Muskelsäulchen bei den quergestreiften Muskelfasern ganz allgemein erfahren hat und sind, wie gesagt, nur als Ergänzung der früheren Befunde an den Flossmuskelfasern von Werth.

Ich will nun nach der Darstellung des Baues der Flossmuskeln des Seepferdchens, die sich völlig der Darstellung des Muskelbaues anschliesst, die ich in den erwähnten Untersuchungen zu geben mich bemühte, einige kritische Blicke auf die früher erwähnten neueren Muskularbeiten werfen.

Wir werden damit einige Blüthen jener romantischen Histologie kennen lernen, die sich gerade die quergestreiften Muskelfasern als ein ganz bevorzugtes Object ausgewählt hat.

In der Muskelromantik ist in der That Erstaunliches geleistet worden.

Schon im Jahre 1872 bemerkte du Bois-Reymond gelegentlich mit feiner Satyre, dass kaum zwei Histologen sich finden möchten, die über den Bau der Sehne mit einander einig sind, und kaum einer der über den Bau des Muskels mit sich selber einig ist. Wer möchte sich viel wundern, wenn heute ein neuer Kritiker sich abermals so vernehmen liesse.

Diesen Zustand der Muskelhistologie hat aber nach meiner Ueberzeugung weit weniger die Schwierigkeit des Objectes selbst, sondern vielmehr die Ueberproduction phantastischer Auslegungen, mit welchen es bedacht wurde, verschuldet. Ein ruhiges, streng analytisches, auf die Beobachtung möglichst zahlreicher, den verschiedensten Thieren entnommener Objecte gegründetes Verfahren, welches sorgsam auf die Verknüpfung älterer und neuerer Erfahrungen bedacht gewesen wäre, wurde den complicirten Erscheinungen des Muskelbaues gegenüber weit weniger oft in Anwendung gebracht, als die zusammenhanglose Ausdeutung einzelner Befunde, die sich nach dieser oder jener bestimmten Methode ergaben. So ist die aussergewöhnlich umfangreiche Literatur über diesen Gegenstand entstanden, in welcher sich die widersprechendsten Ansichten

niedergelegt finden. Und damit ist, wie ich schon an einem anderen Orte bemerkte auch das Misstrauen gegen richtig erkannte Thatsachen gewachsen und der Verwirrung und Unentschiedenheit Thür und Thor geöffnet worden. Oder lässt es sich bestreiten, dass kaum ein anderer Gegenstand existirt, dem selbst viele Fachleute so urtheilslos gegenüberstehen, wie dem Bau der quergestreiften Muskelfasern. Die abenteuerlichsten Ansichten können vorgelegt werden, ohne dass sie gleich von vornherein mit Kopfschütteln abgewiesen werden; nein sie werden neuen Ergebnissen streng methodischer Erweiterung unserer Kenntnisse oft ganz gleich gehalten und wie diese mit eben so viel Beachtung oder eben so viel Missachtung nur als Neuigkeiten im Wandel der Anschauungen hingenommen. Jahresberichte und Referate in Zeitschriften fördern aber unter der Devise: Keine Kritik! Nur objective Berichterstattung! diesen Zustand auf das Trefflichste, und er tritt uns auch an Orten entgegen, wo man im Gegentheile strengste Kritik absolut fordern sollte und müsste, in Lehr- und Handbüchern, die im Capitel: Muskel nur ein buntes Allerlei aufgetauchter Meinungen neben einanderstellen.

Hier wie dort sollte man endlich doch anfangen, mit mehr Bedacht vorzugehen.

Keine Kritik! kann doch unmöglich bedeuten, dass über Alles, was veröffentlicht wird, auch wenn es den Stempel des Aberwitzes an der Stirne trägt, in ernsthafter Weise referirt werden muss. Würde z. B. der „anatomische Anzeiger“ ein mit Abbildungen ausgestattetes Referat bringen, wenn heute einer käme, der behaupten würde, dass das Gehirn nicht, wie man bisher geglaubt, in der Schädelhöhle sich befindet sondern vielmehr in der Brusthöhle und dass in der Schädelhöhle die Lungen sich befinden?

Gewiss nicht!

Kommt aber jemand der über die Histologie der Muskelfasern Lehren vorbringt, die — ich sage nicht zu viel — ungefähr dieselbe Bedeutung haben, wie das fingirte Beispiel aus der Anatomie, dann erfüllen in der Regel ausführliche Referate darüber die Jahresberichte und Zeitschriften.

Möge man mir diese Mahnworte nicht übel nehmen, ich wollte damit hauptsächlich für die Zukunft warnen vor den in den Muskelfasern nicht vorhandenen aber in sie hineingedichteten Fadennetzen, welche jetzt die verhängnisvolle Rolle in der Histologie der Muskeln weiter zu spielen drohen, welche früher andern

Trugbildern und Urtheilstäuschungen zufiel, deren Ueberwindung eben nahe gerückt zu sein schien.

Die Veröffentlichungen von Melland, van Gehuchten und Marshall verbreiten sich über diese Fadennetze.

Unsere Widerlegung der von diesen Autoren darüber vorgebrachten Ansichten wird sich auf drei Punkte hauptsächlich concentriren. Erstens auf die Deutung, welche sie den Bildern vergoldeter Muskeln geben, zweitens auf das Bild, welches sie von frischen Muskelfasern darstellen und endlich auf das Bild, welches sie den mit Härtemitteln behandelten Muskelfasern zuschreiben. Melland und Marshall, deren Abhandlungen in dem directen Zusammenhange der Fortsetzung der einen durch die andere stehen, stützen ihre Beschreibung eines aus quer- und längslaufenden Faden zusammengesetzten, im Muskel vorhandenen Netzes vorzugsweise auf die Beobachtung vergoldeter Muskeln. Nur Melland befasst sich auch eingehender mit dem Bilde ganz frischer ohne Zusatz untersuchter und dem Bilde gehärteter Muskelfasern, um die Ausdeutung der Goldbilder damit zu bewahrheiten. Darauf komme ich später zurück. Vorerst die Goldbilder. Was beide Autoren an diesen als Faden beschreiben sind nur Quer- oder Längsschnitte der Wände des Wabenwerkes, welches das Sarkoplasma um die Muskelsäulchen bildet und alle ihre Goldbilder sind so zu deuten, wie wir die früher besprochenen Goldbilder (die in Fig. 1, 2, 3, 4, 5 u. 6 abgebildet sind) gedeutet haben. Für die Muskeln zahlreicher Coleopteren findet sich meine Deutung der Goldbilder überdies ausführlich begründet in den Untersuchungen (l. c. I. Theil pag. 110 u. d. f.).

Der Vergleich des in den Muskeln mittelst der Vergoldung dargestellten angeblichen Netzwerkes mit dem intracellulären Netzwerke niedriger stehender contractiler Gebilde (z. B. der Amöben, Flimmerzellen etc.), welchen Melland und Marshall anstellen, zerfällt damit in Nichts, und der von Melland ausgesprochene Satz: „that the striated muscular fibre really agrees fundamentally as regards histological structure with the other contractil tissue elements, in containing an intracellular network, differing from them merely in the greater amount of differentiation and more regular arrangement of the network“ ist reine Schwärmerei.

Van Gehuchten sieht an den Goldbildern dieselben Fadennetze, wie Melland und Marshall sie sehen.

Van Gehuchten's Abhandlung wirkt aber viel bestechender, als jene der englischen Autoren und zwar durch die Fülle des Materials, welches van Gehuchten bearbeitet und durch die Mannigfaltigkeit der Methoden die er anwendet. Bei *Geotrupes stercorarius*, *Astacus fluviatilis*, *Dyticus marginalis*, *Hydrophilus piceus* und anderen Arthropoden (*Hydrometra palustris*, einer Fliege, *Gryllotalpa vulgaris*, *Vanessa polychloros*; *Scorpio occitans*, *Tegenaria atrica*; *Lithobius* und *Geophilus*; *Dichelestium sturionis*, *Apus canceriformis*) soll durch Beobachtung der frischen Muskeln, durch Behandeln derselben mit kochendem Wasser, mit Alkohol, mit Chromsäure und Ammoniumbichromat, mit verdünnter Salzsäure, Ameisensäure und Kalilauge und durch Vergoldung sich die Richtigkeit einer zuerst von Carnoy im Jahre 1880 ausgesprochenen und in seiner „*Biologie cellulaire*“ (1884 p. 193) niedergelegten Anschauung über den Muskelbau erweisen lassen. Sie wird durch folgende These ausgedrückt: „La cellule musculaire est une cellule ordinaire dont le réticulum s'est regularisé, et l'enchylème chargé de myosine.“ Das Reticulum plastinien und das Enchylème myosique sollen die zwei constituirenden Bestandtheile der quergestreiften Muskelfaser sein, welche wesentlich differente Eigenschaften besitzen und durch ihr verschiedenes Verhalten zu den angeführten Reagentien in verschiedener Erscheinungsweise demonstriert werden können.

Carnoy und van Gehuchten bilden sich also über die morphologische Bedeutung des angeblichen Netzwerkes eine ähnlich schwärmerische Vorstellung, wie Melland und Marshall und Macallum, den wir früher auch erwähnten, schliesst sich, indem er ein in den Muskelkernen seines Objectes beschriebenes Netz in das Netz der contractilen Substanz übergehen lässt, wieder der von ihm besonders hervorgehobenen Anschauung von Carnoy an. Van Gehuchten betont mit Recht, dass dem von ihm supponirten Reticulum im Muskel eine wesentlich andere Bedeutung zukomme, als den von Retzius beschriebenen Querfadennetzen. Diese hat Retzius als verzweigte und anastomosirende und in der Längenrichtung der Muskelfaser eigenthümlich mit einander verbundene Ausläufer von Zellen gedeutet.

In der That weicht die von Retzius gegebene Beschreibung der Goldbilder der Muskelfasern himmelweit von jener Melland's, Marshall's und van Gehuchten's ab.

Mit der treuen Beschreibung der mikroskopischen Bilder vergoldeter Muskeln von Retzius kann man sich vollständig im Einklang befinden, wenn man auch die von ihm gegebene morphologische Ausdeutung seiner Querfadennetze und einige daran geknüpfte Folgerungen nicht acceptirt (vergl. meine Untersuchung l. c. I. Theil pag. 122).

Bei Melland, Marshall und van Gehuchten handelt es sich aber nicht bloss um eine bestreitbare morphologische Ausdeutung des richtig Gesehenen. Nein! Diese Autoren wurden vielmehr ganz vorzüglich durch falsch gesehene oder den realen Verhältnissen nicht entsprechend ausgelegte mikroskopische Bilder auf ihre Abwege geführt; davon werden wir uns des Weiteren überzeugen, wenn wir jetzt untersuchen, in welcher Weise van Gehuchten und Melland die Präexistenz ihres Fadennetzes in der lebenden Muskelfaser darzuthun suchen.

Zu diesem Zwecke muss ich zuerst in Erinnerung bringen was ich selbst durch das Studium ganz frischer noch lebender Muskelfasern festzustellen in der Lage war.

Ich habe in meinen Untersuchungen (l. c. Bd. LI pag. 53) mich viel mit dem mikroskopischen Bilde ganz frisch, ohne Zusatz untersuchter Muskelfasern beschäftigt und als Resultat dieser Untersuchungen ausgesprochen, dass an den frischen Muskelfasern die früher scizzirten Einzelheiten der Muskelstructur grösstentheils gut erfasst werden können. Von den zahlreichen Bildern, welche ich am betreffenden Orte gegeben habe, reproducire ich hier zunächst zwei, um sie mit dem Bilde, welches van Gehuchten und Melland von den frischen Muskelfasern geben zu vergleichen. Fig. 10A stellt eine frische ruhende Muskelfaser von *Geotrupes sylvaticus* bei tiefer Einstellung des Mikroskopes dar. Fig. 10B dieselbe Faser bei hoher Einstellung.

In Fig. 10A erscheinen die Streifen Z (Amici-Krause'sche Querlinien, Engelmann's Zwischenscheiben, Ranvier's disques minces) am dunkelsten, viel weniger dunkel erscheinen die Streifen Q (Bowman's Scheiben, Engelmann's anisotrope Bänder), heller erscheinen die Streifen J (isotrope Substanz von Engelmann, bandes claires von Ranvier); alle diese Streifen sind von einer deutlichen Längsstreifung durchzogen, die Längsstreifen erscheinen als sehr helle, alle Querstreifen durchsetzende Durchgänge und durch diese werden die Streifen Z in nebenein-

anderliegende Körner, die Streifen Q in Stäbe, die Streifen J in verschmälerte die Körner von Z und die Stäbe von Q verbindende Stücke zerlegt. Die der Länge nach verbundenen Stäbe und Körner entsprechen den Muskelsäulchen, die hellen Durchgänge zwischen denselben dem Sarkoplasma.

Bei hoher Einstellung Fig. 10 B kehrt sich die Lichtvertheilung um, die Sarkoplasmadurchgänge erscheinen dann am dunkelsten und entsprechend in anderen Helligkeiten die Glieder der Muskelsäulchen. Ich habe darauf aufmerksam gemacht, dass dieser Wechsel der Lichtvertheilung bei beiden Einstellungen für die Muskelfasern von Amie eingehend besprochen wurde und dass er mit dem Vorhandensein verschieden lichtbrechender Substanzen im Muskel zusammenhängt¹⁾.

Alles stärker lichtbrechende erscheint an der Muskelfaser bei hoher Einstellung heller, alles schwächer lichtbrechende dabei dunkel; dagegen alles stärker lichtbrechende bei tiefer Einstellung dunkel, alles schwächer lichtbrechende dabei hell.

An dem gewählten Beispiele sind keine Streifen N (Engelmann's Nebenscheiben, Ranvier's disques accessoires, Flögel's Körnerschichten) vorhanden. Wären sie vorhanden, so würden sie sich zu beiden Seiten von Z in ähnlicher Weise wie dieser Streifen und von dem letzteren durch einen dem Streifen J ähnlichen Streifen E getrennt darstellen (Beispiele dafür Untersuchung. I. c. II. Theil, Tafel III, Fig. 18 u. 19).

Sehen wir nun wie dagegen van Gehuchten und Melland die frische Muskelfaser abbilden. Wir werden dabei auf äusserst merkwürdige Irrthümer stossen.

Fig. 11 gibt schematisch, auf die Grösse unserer Fig. 10 gebracht, in allen wesentlichen Theilen in Bezug auf welche Melland (siehe dessen Fig. 19 I. c.) und van Gehuchten (siehe dessen Fig. 2, 38, 99, 111 und 126 in *Etude sur la struct. intime* etc. I. c. und dessen Fig. 1 in *anatom. Anzeig.* I. c.) übereinstimmen, deren Bild des frischen Muskels wieder.

Ich habe an der Fig. 11 die Bezeichnung der einzelnen Streifen mit den von mir vorgeschlagenen Buchstaben angebracht. Beide Autoren stellen also die Streifen Z dunkel und entsprechend den Muskelsäulchen in nebeneinanderliegende Körner getheilt dar, so wie sich die Streifen Z bei tiefer Einstellung darbieten (vergl. Fig. 10 A).

1) Vergleiche Dippel, das Mikroskop, I. Theil p. 851 u. d. f. 2. Aufl. Braunschweig 1883.

In der Zeichnung von Melland sind diese Körner von Z der Länge nach, in den Zeichnungen von van Gehuchten dagegen der Quere nach durch dunkle Linien verbunden, das ist die wesentlichste Abweichung in den Zeichnungen beider Autoren.

Melland, welcher dem Wechsel der Lichtvertheilung beim Wechsel der Einstellung des Mikroskopes unter dem Titel: *Transposition of the Bands*, eine besondere Auseinandersetzung widmet, führt ganz entschieden an und bildet das auch in besonderen Figuren ab, dass bei tiefer Einstellung die Streifen Z am dunkelsten erscheinen, dagegen die Streifen J am hellsten, während die Streifen Q heller, als die Z, aber dunkler, als die Streifen J erscheinen; dass dagegen bei hoher Einstellung die Streifen Z am hellsten, die Streifen J am dunkelsten, dagegen die Q wieder in mittlerer Helligkeit erscheinen.

Kurz er behauptet nicht nur für die Streifen Z, sondern für alle Streifen bei beiden Einstellungen ganz dasselbe, was ich auch als das Resultat meiner Untersuchungen angeführt habe.

Es ist mir darum schwer begreiflich, wie Melland bei tiefer Einstellung in die Streifen Q (Fig. 11) feine dunkle Linien einzeichnen konnte, welche die den einzelnen Muskelsäulchen entsprechenden dunklen Körner der Streifen Z der Länge nach verbinden. Solche dunkle Linien sind in den Streifen Q bei tiefer Einstellung nicht zu sehen (vergl. Fig. 10 A), sondern nur bei hoher Einstellung (vergl. Fig. 10 B), und bei dieser liegen sie dann nicht in der Verbindungslinie der Mittelpunkte der dann hell erscheinenden, den einzelnen Muskelsäulchen entsprechenden Körner der Streifen Z, sondern sie fallen zwischen dieselben (s. Fig. 10 B). Diese bei hoher Einstellung dunkel erscheinenden Linien sind bei tiefer Einstellung hell und wie gesagt nichts anderes als Theile der optischen Längsschnitte des die gegliederten Muskelsäulchen trennenden Sarkoplasmas.

Das Bild welches van Gehuchten gibt stimmt, wie schon hervorgehoben, mit dem von Melland gezeichneten in Bezug auf die Lichtvertheilung überein.

Van Gehuchten führt aber im Texte und in der Tafelerklärung ausdrücklich an, dass sein Bild der hohen Einstellung entspreche. Bei dieser Einstellung treten die Sarkoplasmadurchgänge in Q in der That in Form von dunklen Linien auf, dagegen erscheinen aber dann die Körner von Z nicht, wie van Gehuchten

sie zeichnet, dunkel, sondern wie ich und Melland übereinstimmend finden, hell; und wieder erscheinen die dunklen Linien in Q nicht in der Verbindungslinie der Körner Z, sondern sie treffen zwischen die Körner von Z (siehe Fig. 10 B). Es haben also sowohl Melland, als auch van Gehuchten in dieselbe Darstellung der Muskelfaser Einzelheiten eingezeichnet, welche theilweise der tiefen, theilweise der hohen Einstellung entsprechen und noch überdies dieselben in linearer Richtung falsch auf einander bezogen.

Gerade diese Bilder sollen aber die Existenz des von Melland und von van Gehuchten angenommenen Netzes in den frischen Muskelfasern darthun. Die dunklen Linien in den Streifen Q Fig. 11 sollen die längslaufenden Fäden des Fadennetzes, die Körner von Z sollen Theile dieses Fadennetzes sein und zwar die Knoten, in welchen die querlaufenden Fäden des Fadennetzes sich ansetzen und ebenso wie die Körner von Z sollen auch die Körner von N, wenn die letzteren Streifen vorhanden sind, Verdickungen der längslaufenden Fäden des Fadennetzes sein. Nach Melland ist die zwischen den dunklen Linien im Streifen Q (Fig. 11) gelegene Substanz die Matrix, aus welcher sich beim Härten der Muskeln die *sarcous elements* bilden. Auch nach van Gehuchten existiren solche prismatische Elemente im frischen Muskel nicht, sondern die Maschen des Fadennetzes sind erfüllt mit dem *enchylème myosique* und die hellen Streifen J, welche zwischen den Streifen Q und Z auftreten, bezeichnet er ohne weitere Begründung als ein optisches Phaenomen.

So meinen nun Melland und van Gehuchten das Fadennetz am frischen Muskel demonstirt zu haben und dieses selbe Fadennetz soll nun durch die Vergoldung im imprägnirten, roth gefärbten Zustande in die Erscheinung treten. Faktisch sieht man dagegen am frischen Muskel nur die Muskelsäulchen mit den Gliedern Q, J und Z (Fig. 10 A) eventuell noch den Gliedern E und N und zwischen den Muskelsäulchen die Sarkoplasmadurchgänge.

Ich behaupte und habe früher dargethan, dass sich bei der gewöhnlichen Vergoldung der Muskelfasern das Sarkoplasma färbt, die Muskelsäulchen dagegen nicht und dass die zierlichen Knotenreihen, welche man an den Goldbildern der Muskelfasern (vergleiche Fig. 6) sieht, davon herrühren, dass das Sarkoplasma zwischen den stark quellenden Gliedern Q der Muskelsäulchen

verdünnt, dagegen zwischen den weniger quellenden Gliedern Z der Muskelsäulchen zusammengedrängt und angesammelt erscheint. Die Knoten sind nur die optischen Querschnitte der Verdickungen der Wände des Wabenwerkes von Sarkoplasma, welches die Muskelsäulchen in sich schliesst, und von dieser Verdickung, die auch in der Seitenansicht durch stärkere Absorption sich geltend macht, rührt auch die scheinbar durch Fäden bedingte Querverbindung der Knoten her (Fig. 6).

Melland und van Gehuchten identificiren dagegen die Knoten der Goldbilder mit den Gliedern Z der Muskelsäulchen, weil sie, wie wir gesehen haben, fälschlich die bei hoher Einstellung in den Streifen Q auftretenden dunklen Linien (Sarkoplasmadurchgänge im optischen Längsschnitte) in die Verbindungslinie jener Glieder der Muskelsäulchen verlegen.

So wie die Goldbilder habe ich auch die Säurebilder einer ausführlichen Analyse unterworfen (Untersuchungen I. Th. I. c. pag. 110) und gefunden, dass sich an mit Säure behandelten Muskelfasern die Muskelsäulchen und das Sarkoplasma in ganz ähnlicher Weise differenziren, wie bei der Vergoldung, und so wie meine Deutung der Goldbilder den Anschauungen, welche Melland, van Gehuchten und Marshall über die Fadennetze vergoldeter Muskeln ausgesprochen haben widerstreitet, so widerstreitet auch meine Deutung der Säurebilder den mittelst Säuren von van Gehuchten dargestellten Fadennetzen. Mit verdünnter Kalilauge, die van Gehuchten auch für die Darstellung der Netze besonders rühmt, finde ich aber wieder nur eine ganz ähnliche Differenzirung von Muskelsäulchen und Sarkoplasma, wie dieselbe an in Säuren gequollenen oder vergoldeten und dann in Säuren gequollenen Muskelfasern zu beobachten ist.

Ich habe jetzt noch die Bilder zu besprechen, welche Melland und van Gehuchten den mit Härtemitteln behandelten Muskelfasern zuschreiben und an welchen sie wieder das Fadennetz demonstrieren, welches sie an vergoldeten und an frischen Muskelfasern gefunden zu haben glauben.

Ich werde denselben wieder meine Anschauung des Bildes gehärteter Muskelfasern entgegensetzen, welche ich in meinen Untersuchungen ausführlicher dargelegt und begründet habe.

Es sollen mir hier die zwei schematischen Zeichnungen Fig. 12 R, und R,, dienen, diese Anschauung zu entwickeln.

Fig. 12 R, stellt das Bild einer in Alkohol gehärteten Muskelfaser bei tiefer Einstellung dar. Man sieht in derselben die Muskelsäulchen von einander getrennt durch helle Sarkoplasma-durchgänge. Die Muskelsäulchen erscheinen gegliedert. Die Glieder Z derselben, entsprechend dem Streifen Z, erscheinen am dunkelsten. Heller erscheinen die Glieder Q derselben, entsprechend den Streifen Q, diese Glieder erscheinen an ihren Enden abgerundet, in ihrer Mitte verschmälert, also auf dem optischen Längsschnitte bisquitförmig. Ich habe diese Form der Glieder Q für das Schema gewählt, weil sie sehr häufig zu beobachten ist und weil sie auch von Melland so gezeichnet werden und auch van Gehuchten dieselben in vielen Fällen so beobachtet hat.

Diese Form ist aber nicht immer und ausschliesslich zu beobachten. Im Gegentheile es treten die verschiedensten Formen derselben an Weingeistpräparaten zu Tage. Sie können walzenstab- spindelförmig beobachtet werden, wie das sich auch aus der Darstellung von van Gehuchten ergibt. Ich selbst habe solche verschiedene Bilder in den meinen Untersuchungen beigegebenen Tafeln in zahlreicher Menge dargestellt.

Für die Muskelfasern der Biene habe ich durch rasche Applikation von Alkohol auf frische, unter dem Mikroskope beobachtete Fasern gezeigt, wie sich deformirte Glieder Q von der Art, wie sie in die schematische Fig. 12 R, eingezeichnet wurden, aus den stabförmigen Gliedern Q der frischen Faser herstellen (vergl. Untersuch. I. c. Bd. LI pag. 54 Taf. III Fig. 14 A, B, C, D).

Die Glieder J der Muskelsäulchen (Fig. 12 R,) erscheinen am hellsten und etwas verschmälert.

Vergleichen wir mit dem beschriebenen Bilde der Muskelfaser bei tiefer Einstellung das Bild derselben Faser bei hoher Einstellung (Fig. 12 R,,), so sehen wir eine ähnliche Umkehr der Lichtvertheilung, wie wir sie beim Wechsel der Einstellung an den frischen Muskelfasern beschrieben haben. Die Sarkoplasmadurchgänge, welche ihrer Form nach das getreue Abbild der hellen Sarkoplasmadurchgänge des Muskels bei tiefer Einstellung sind, erscheinen am dunkelsten, die Glieder Z der Muskelsäulchen am hellsten, weniger hell die Glieder Q, dunkler die Glieder J. Die in Form von mit Knoten besetzten Fäden erscheinenden Sarkoplasma-durchgänge stellen wieder nur die optischen Längsschnitte der Wände des Wabenwerkes von Sarkoplasma dar, welches die Muskelsäul-

chen umschliesst. Durch Differenzirung der Muskelsäulchen, und des Sarkoplasmas gehärteter Muskeln mit Haematoxylin; durch Serien von Querschnitten gehärteter Muskeln; und Vergleichung des Bildes, welches mit dem Messer angefertigte Querschnitte gehärteter Muskeln der verschiedensten Arthropoden ergeben, mit dem Bilde des Querschnittes vergoldeter oder mit Säure behandelter Muskeln glaube ich meine Anschauung über das Bild gehärteter Muskelfasern in ausreichender Weise begründet zu haben. (Vergl. Untersuchungen l. c. Bd. XLIX pag. 110, und Bd. LI p. 23).

Sehen wir dagegen wieder, wie Melland und van Gehuchten das Bild der gehärteten Faser darstellen. Die Fig. 12 M giebt die Darstellung von Melland wieder (vergl. dessen Diag. 8 und Fig. 21 l. c.). Die durch das Härtemittel geschrumpften und in ihrer Form veränderten Elemente der Streifen Q liegen lose in den Maschen eines Netzwerkes, dessen Knoten die Körner der Streifen Z sein sollen. Diese Körner, welche durch längs- und querlaufende Fäden mit einander verbunden erscheinen, sollen alternirend mit den Elementen von Q liegen, und zwischen je zwei der letzteren sollen die Körner von Z der Länge nach verbindenden Fäden durchlaufen. Gegen diese Darstellung, wollen wir nur anführen, dass sie sich im Widerspruche befindet mit einer leicht an hunderten von Präparaten von in Alkohol conservirten Arthropodenmuskeln zu constatirenden Thatsache. Man findet an diesen immer die Körner der Streifen Z genau in die Richtung der Längensaxe der in der Längenrichtung sich correspondirenden Stäbe von Q fallen, wie das in Fig. 12 R, dargestellt ist, und wie das von Amici bis heute alle Autoren, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, behauptet haben.

Zu den letzteren gehört denn auch van Gehuchten, der von den gehärteten Muskelfasern zahlreiche Bilder (vergleiche seine Figuren 5, 6, 14, 15, 65, 70, 89, 91, 100, 102, 135 und viele andere) beschreibt, die was die Lage der Theile betrifft alle übereinstimmen mit der als Beispiel hier dargestellten schematischen Fig. 12 G. In dieser treten zunächst die längs- und querlaufenden Fäden des Fadennetzes hervor. Die Körner der Streifen Z sind die schon am frischen Muskel sichtbaren Knoten des „reticulum plastinien“, wie das schon früher angeführt worden ist. Während aber am frischen Muskel die Maschen dieses Netzes ausgefüllt erscheinen mit dem Enchylème myosique, haben sich am gehärteten

Muskel an die längslaufenden Fäden des Netzes besonders geformte Gerinnsel aus dem Enchylem ausgeschieden und angesetzt, die jetzt als Stäbe (*bâtonnets*) der Streifen Q in die Erscheinung treten.

Man wird sich nun vor Allem fragen, warum diese Niederschläge aus dem Enchyleme, gerade die längslaufenden Fäden des Fadennetzes als Ansatzstellen in so regelmässiger Weise bevorzugen sollen. Mir scheint dieser Versuch einer Erklärung der Stäbe von Q ein äusserst geschraubter zu sein, und er hat, wie man sieht, das Vorhandensein des Fadennetzes zur Voraussetzung, dessen Existenz wir schon widerlegt haben. Ich habe Bilder, wie sie Melland und van Gehuchten der gehärteten Muskelfaser zuschreiben, durchaus niemals finden können. Ich halte sie für reine Phantasiegebilde und man kann hier nur wieder annehmen, dass wenigstens zum Theile die Verwechslung der hohen und tiefen Einstellung einiges Verschulden trifft.

Es ist endlich auch sehr leicht noch eine ganze Reihe von Eigenschaften, welche van Gehuchten seinem „*reticulum plastinien*“ und seinem „*enchylème myosique*“ zuschreibt, einfach abzuweisen. Das Reticulum soll durchaus einfach brechend sein. Da aber nun die von anderen Autoren beschriebenen Körner der Streifen Z und der Streifen N nach van Gehuchten dem Netze angehören und zwar die ersteren die optischen Querschnitte der Quersfäden, die letzteren Verdickungen (*épaississements*) der Längsfäden sein sollen, so kann van Gehuchten's Behauptung über die optischen Eigenschaften seines Reticulum nicht richtig sein. Man weiss seit Brücke's Untersuchungen der Muskelfasern im polarisirten Lichte, dass die Körner oder Stäbe von Z und N (Zwischen- und Nebenscheiben; Brücke's aus kürzeren *sarcous elements* gebildete, doppeltbrechende Streifen) anisotrop sind. Ich habe das bei sehr eingehenden und vielfachen Untersuchungen frischer, ohne Zusatz im polarisirten Lichte untersuchter Muskelfasern immer nachweisen können. Sehen wir uns endlich das Enchylem an, welches nach van Gehuchten die Maschen des Fadennetzes im frischen Muskel erfüllen soll. Es soll eine hyaline, glanzlos und homogen erscheinende, mehr oder weniger flüssige oder teigige Substanz sein, welche, in Wasser gelöst, mineralische Salze und eine grosse Menge von Eiweisssubstanzen enthalten soll. Der Hauptbestandtheil der Lösung soll das Myosin sein. Das „*Enchylème myosique*“ soll die doppeltbrechende Sub-

stanz des frischen Muskels sein und diese Eigenschaft verdanke es dem Myosin, welches es enthält. Alles sehr schön! aber Alles nur Behauptungen ohne Beweise.

Wenn jemand die Behauptung aufstellt, dass eine Eiweisslösung die positiv einaxige Anisotropie der frischen Muskelfasern bedingt, so ist das jedesfalls eine Behauptung, die von vornherein nach unseren dermaligen physikalischen Kenntnissen nicht sofort verständlich erscheint. Im Gegentheile, derjenige der das behauptet, müsste es sich sehr angelegen sein lassen, uns auseinander zu setzen, wie er das eigentlich meint, und zu begründen vermag. Es kämen dabei alle die oft hervorgehobenen Schwierigkeiten in Betracht, auf welche schon die Anwendung des Begriffes Lösung auf die sogenannten unechten Lösungen der Eiweisskörper stösst, und die ebenso oft betonten Schwierigkeiten, welche die Definition des Aggregatzustandes organischer und organisirter Substanzen darbietet. Was das Myosin betrifft, so ist noch überdies zu bemerken, dass die Substanz, welche wir im geronnenen Muskel als Myosin bezeichnen, als solche gar nicht im lebenden Muskel vorhanden ist, sondern sich wahrscheinlich durch sehr complicirte Processe aus einer anderen Eiweisssubstanz oder durch das Zusammenwirken mehrerer Substanzen bildet.

Ich komme also zu dem Resultate, dass ein Netzwerk im Sinne von Melland, Marshall und van Gehuchten und ein Enchylem im Sinne des Letzteren in der quergestreiften Muskelfaser nicht existirt.

Die Annahme eines solchen Netzes beruht auf Irrthümern in der Auslegung mikroskopischer Bilder und der Vernachlässigung bekannter Thatsachen der vergleichenden Morphologie der Muskeln.

Viele von den an die Existenz eines solchen Netzwerkes geknüpften Annahmen erscheinen gezwungen und einem einheitlichen und allgemeinen Verständnisse der bei verschiedenen Thieren auftretenden morphologischen Verschiedenheiten der Muskelfasern hinderlich, während durch meine im Eingange skizzirte Darstellung des Muskelbaues ein solches umfassendes Verständniss desselben vermittelt wird.

Die Bilder, welche die genannten Autoren auf Fadennetze im Muskel beziehen, kommen nur durch die besondere Anordnung des Sarkoplasmas im Muskel zu Stande, welches im Allgemeinen in Form eines Wabenwerkes die gegliederten Muskelsäulchen umgiebt.

Ob das in solcher Weise angeordnete Sarkoplasma als solches noch eine feinere besondere Structur besitzt, die etwa mit der feinen netzartigen oder schwammigen Structur zu vergleichen wäre, welche man als „Zellstructur“ am Protoplasma nachzuweisen versuchte, müssen erst noch weitere Untersuchungen lehren, was ich hier, um künftige Missverständnisse zu vermeiden, den fälschlich angenommenen Fadennetzen im Sinne Melland's, Marshall's und van Gehuchten's gegenüber noch besonders hervorheben will.

Zum Schlusse dieser kritischen Gänge möchte ich noch anführen, dass es mir beim Studium der umfangreichen Literatur der quergestreiften Muskelfasern immer den grössten Unmuth erregt hat, wenn ich gesehen habe, wie so oft alle Errungenschaften, welche wir Schwann, Bowman, Brücke, Cohnheim, Kölliker, Engelmann u. A. in der Erkenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfasern verdanken, leichten Sinnes völlig über Bord geworfen werden, weil ich schon lange die Ueberzeugung habe, dass in den von jenen Forschern aufgestellten Lehren vieles enthalten ist, was die directen Anknüpfungspunkte für einen erfolgreichen Ausbau der Histologie der quergestreiften Muskelfasern darbietet.

Die Richtigkeit dieser Anschauung hat sich mir auch völlig bewährt bei den schon öfter citirten Untersuchungen (Bd. XLIX und LI l. c.), in welchen ich auf breitester vergleichend histologischer Grundlage Schritt für Schritt eine Analyse des Muskelbaues zu geben versuchte. Ich muss mir erlauben, auch dieses Ergebniss meiner Arbeiten hier besonders hervorzuheben.

Ich glaube darum auch, dass wir für den Bau der Muskelfasern, trotz aller offenen Fragen doch eine Reihe erkannter That-sachen als so fest begründet ansehen müssen, dass wir an diesen nicht immer wieder rütteln lassen dürfen, sondern uns vielmehr immer zuerst fragen müssen, wie neue, wirklich reelle Funde mit denselben in Einklang gebracht werden können. Es handelt sich ja doch auch in der Histologie der Muskeln um stetige Fortentwicklung der Wissenschaft durch streng methodische Forschung, nicht aber um dichterische Conceptionen, dargestellt im Gewande wissenschaftlicher Abhandlungen. Sonst wird die Muskelhistologie niemals den wankenden Boden verlassen, auf welchem sie sich, wie ich überzeugt bin, unnöthig lange Zeit und nicht zum Ansehen der histologischen Wissenschaft bewegt hat.

Als ich die vorliegende Abhandlung eben abgeschlossen hatte, kam mir eine Abhandlung über die Muskeln von Ramón y Cajal¹⁾ zu.

Dieselbe ist befruchtet von den Lehren Carnoy's, Melland's und van Gehuchten's.

Auch Ramon y Cajal will in der Muskelfaser Fadenetze, und zwar den Krause'schen Streifen entsprechende Querfadennetze, welche durch Längsfäden verbunden sein sollen, nachweisen.

Die Maschen der Querfadennetze stellt er sich durch Membranen verschlossen vor. Als besondere Stütze der letzteren Anschauung führt er an, dass oft in Mitte einer Masche frei und ohne Zusammenhang mit dem Netze Ansammlungen einer Substanz auftreten, die sich den Faden des Netzes völlig gleich verhält. Diese Ansammlungen seien aber nur als von der in der Masche gespannten Membran getragene Knotten zu deuten.

Ich habe aber schon vor längerer Zeit namentlich für die Muskeln der Hydrophiliden (*Hydrophilus piceus*, *Hydrocharis caraboides*) ausführlich dargethan und nach verschiedenen Methoden begründet (Untersuch. Bd. XLIX l. c. pag. 125 und Bd. LI l. c. pag. 29, dass die, wie die Balken des die Cohnheim'schen Felder des Querschnittes umgebenden Netzes aussehenden, mittelständigen Punkte der Cohnheim'schen Felder nur die Querschnitte von Sarkoplasmasträngen sind, die von der Substanz der Muskelsäulchen umfasst werden. Es ist mir nicht bekannt geworden, dass irgend jemand diese meine Anschauung Schritt für Schritt, so wie ich sie zu begründen suchte, widerlegt hätte. Ich halte sie darum auch den gewagten Deutungen von Ramon y Cajal gegenüber aufrecht. Die Längsfaden stützt Ramon y Cajal ebenso wie Melland und van Gehuchten auf missdeutete dunkle Linien in den Streifen Q der frischen Muskeln. Zur Darstellung der Netze bedient er sich wie Melland und van Gehuchten der Vergoldung und der Anwendung von verdünnten Säuren und Alkalien.

In Bezug auf die Stäbe von Q in den gehärteten Muskeln

1) Observations sur la texture des fibres musculaires des pattes et des ailes des insectes. Internat. Monatssch. für Anatomie u. Physiologie, Bd. V p. 205.

(bâtonnets de myosine) schliesst sich Ramon y Cajal der durch die Figur 12 M illustrierten Ansicht von Melland an, dass sie zwischen den längslaufenden Fäden des Netzwerkes (fibrilles pre-existantes von Ramon y Cajal, bars of the network von Melland) liegen, und bestreitet die von van Gehuchten behauptete Lage der Stäbe (bâtonnets) Fig. 12 G.

Wir haben aber früher angeführt, dass die Behauptung von Melland über die Lage der Stäbe von Q im Widerspruch stehe mit leicht und klar zu constatirenden Thatsachen und mit den Angaben aller anderen Histologen. Dasselbe gilt also auch von der Behauptung Ramon y Cajal's, während van Gehuchten, abgesehen von seiner Deutung der Stäbe (bâtonnets), wenigstens ihre Lage richtig angiebt.

Ich glaube über Ramon y Cajal's Arbeit genug gesagt zu haben, um sie ebenso wie jene von Melland und van Gehuchten als nicht beweisend für die Existenz des supponirten Fadennetzes hinzustellen. Ueber die von Ramon y Cajal behandelten Flugmuskeln der Insekten enthalte ich mich vorläufig jeder Kritik, so wie ich das früher, was ich nun auch ausdrücklich anführen will, auch bezüglich der Mittheilungen van Gehuchten's über die Flugmuskeln gethan habe. Ich habe schon zu wiederholten Malen die Flugmuskeln der Insekten als eine histologische Specialität bezeichnet, die ihrer besonderen Bearbeitung bedarf.

Tafel-Erklärung.

Tafel VII.

- Fig. 1. Querschnitte vergoldeter Flossenmuskelfasern vom Seepferdchen.
- Fig. 2. Querschnitt einer vergoldeten Flossenmuskelfaser vom Seepferdchen (sehr stark vergrössert).
- Fig. 3. Querschnitt einer vergoldeten Muskelfaser von *Musca vomitoria*.

Tafel VIII.

- Fig. 4. Stück eines Querschnittes einer vergoldeten Muskelfaser von *Maja squinado*.
- Fig. 5. Querschnitt einer vergoldeten Muskelfaser eines gewöhnlichen Stamm-muskels des Seepferdchens.
- Fig. 6. Längensicht einer vergoldeten Flossenmuskelfaser vom Seepferdchen (sehr stark vergrössert wie Fig. 2).
- Fig. 7. Querschnitte von in Alkohol gehärteten und mit Hämatoxylin gefärbten Flossenmuskelfasern des Seepferdchens.

- Fig. 8. Querschnitt einer in Alkohol gehärteten und mit Hämatoxylin gefärbten Muskelfaser von *Musca vomitoria*.
- Fig. 9. Querschnitt einer mit Osmiumsäure behandelten Flossenmuskelfaser vom Seepferdchen. Die Figuren 1, 3, 4, 5, 7, 8 und 9 bei derselben Vergrößerung gezeichnet.
- Fig. 10. Lebende Muskelfaser von *Geotrupes sylvaticus*. A bei tiefer, B bei hoher Einstellung des Mikroskopes.
- Fig. 11. Bild einer lebenden Insectenmuskelfaser nach Melland und van Gehuchten.
- Fig. 12. Bilder gehärteter Muskelfasern von Insecten. R, bei tiefer, R,, bei hoher Einstellung, M. nach Melland, G. nach van Gehuchten.

Die Verknöcherung des Unterkiefers und die Metaplasiefrage.

Ein Beitrag zur Lehre von der Osteogenese.

Von

Dr. **Josef Schaffer**,

Assistent am Institute für Histologie und Embryologie in Graz.

Hierzu Tafel IX—XII.

Inhalt.

- I. Einleitung.
- II. Allgemeines und Historisches über Metaplasie.
- III. Der Unterkiefer.
- IV. Material. Untersuchungsmethode.
- V. Erste Anlage des Gelenk- und Kronenfortsatzes. — Knochenbildungs-
gewebe (osteogenes Blastem).
- VI. Die Knorpelkerne.
 - A. Erstes Auftreten. B. Weitere Entwicklung.
- VII. Die Ossificationsvorgänge an den Knorpelkernen.
 - 1. Verknöcherung des Kronenfortsatzes.
 - 2. Verknöcherung des Gelenkfortsatzes.
 - A. Ossificationsvorgänge bis zur Entwicklung einer Ossifications-
linie. — Perichondraler Typus (Typus der Auflagerung).
 - B. Weitere Ossification. — Modificirt endochondraler Typus
(Typus der Einlagerung).
- VIII. Schluss und Zusammenfassung.
Erklärung der Abbildungen.