UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DEN

BAU DER QUERGESTREIFTEN MUSKELFASERN.

II. THEIL.

VON

ALEXANDER ROLLETT,

WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

(Mit 4 Tafeln.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 2. JULI 1885.

In dem ersten Theile dieser Untersuchungen wurde schon darauf hingewiesen, dass ein genaues Studium des Querschnittes der Muskelfasern aus mancherlei Gründen für mich nothwendig wurde. In erster Linie musste es mir erwünscht sein, die Flächenbilder, von Schnitten die durch Zerfällung der Muskelfasern in 1%iger Ameisensäure mit oder ohne vorausgegangener Vergoldung gewonnen wurden, zu vergleichen mit Faserquerschnitten, die mittelst des Messers erhalten waren.

Man kann aber ferner an diesen letzteren Querschnitten auch am sichersten über die Stellung und Vertheilung der Kerne in den Muskelfasern ins Reine kommen und endlich sind die Querschnitte von Wichtigkeit für die Frage des fibrillären Baues der Muskelfasern. Über die eben berührten Gegenstände werde ich in den nachfolgenden Abschnitten der Abhandlung einige Mittheilungen bringen.

IV.

Über Muskelquerschnitte und Kernvertheilung in den Muskelfasern.

An Querschnitten von Muskelfasern gewinnt man vor Allem eine richtige Vorstellung von der wechselseitigen Vertheilung und Anordnung der fibrillären Substanz und des Sarkoplasmas der Muskelfasern und über die Zusammenordnung der Fibrillen zu Bündeln. Es herrschen in dieser Beziehung, wenn man die auf pag. 9 [89], 10 [90] und 11 [91][1] des ersten Theiles dieser Abhandlung genannten Thiere in Betracht zieht, überaus grosse und merkwürdige Verschiedenheiten. Hält man damit noch die mannigfach abweichende Vertheilung und Stellung der Muskelkerne zusammen, so wird man die nachfolgenden Auseinandersetzungen gewiss nicht als zu weitläufig bezeichnen.

[1] Die freistehenden Zahlen sind die Seiten des Separatabdruckes, die unter Klammern daneben stehenden die Seiten des XLIX. Bandes der Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ich muss im Gegentheile gestehen, dass es mir scheint, man habe derartige Studien bisher in ungerechtfertigter Weise vernachlässigt.

Seitdem ich meine an Ritter's Beobachtungen über den Unterschied der Erregbarkeit der Benger und Strecker anschliessenden Versuche[1] publicirt habe, sind dieselben von A. Fick[2] mit ebenso viel Unrecht als Hartnäckigkeit angefochten, von mehreren Seiten[3] dagegen bestätigt worden.

Ich selbst hatte bald eingesehen, dass die weit ausgreifendsten Untersuchungen physiologischer und histologischer Natur nothwendig seien, um in der Frage jenes Phänomens einen Schritt vorwärts zu thun. Und ich muss heute besonders mit Rücksicht auf diesen Ausgangspunkt vieler Studien, die ich angestellt habe, das Folgende betonen.

Was wir brauchen, um dem Verständniss der Muskeln als Bewegungs- oder Arbeitsorganen der Thiere näher zu kommen, ist in morphologischer Beziehung eine möglichst eindringende und umfassende Kenntniss des Baues der Muskelfasern. Die Histologie des quergestreiften Muskels wäre, wenn auch von ihrer für den Verkürzungsvorgang vielleicht bedeutungsvollsten Seite angefasst, doch nur einseitig bearbeitet, wenn sie in einer blossen Histologie der Querstreifung sich erschöpfen wollte. Es verdienen noch eine Menge anderer histologischer Thatsachen unsere volle Aufmerksamkeit.

Dahin gehören aber namentlich auch die Beobachtungen, welche sich auf dem Faserquerschnitte machen lassen.

Ich muss darum bedauern, dass der Umfang der Arbeit, die hier zu bewältigen wäre, die Zeit, die darauf angewendet werden müsste und die Schwierigkeiten, die überwunden werden müssten, es mir versagen, mehr darüber zu bringen, als in der nachfolgenden ziemlich lückenhaften Darstellung enthalten sein wird.

Vorerst mögen einige Bemerkungen über die Methoden ihren Platz finden. Zunächst habe ich in dieser Beziehung anzuführen, dass ich im Anschlusse an Cohnheim[5] die Querschnitte gefrorener Muskeln untersucht habe. Dieselben wurden mittelst eines Gefriermikrotoms von Jung angefertigt und zwar brachte ich die kleinen eben dem lebenden Thiere entnommenen Muskelstückchen in Eiweiss frischgelegter Hühnereier, setzte sie dann mit den daran hängenden Tropfen des dicken Eiweisses in passender Lage auf das Gefriermikrotom und hüllte sie durch sofortiges Auftropfen von neuem Eiweiss in eine dicke Lage des Letzteren ein.

Die Behandlung mit dem Eiweiss, welches die Muskeln, wie wir sehen werden, lange im überlebenden Zustand conservirt, wurde aus zwei Gründen vorgenommen. Erstens wurde damit eine hinreichende Basis für die Befestigung der Muskelstückchen an der Objectplatte des Mikrotoms gewonnen, zweitens hatte aber die Behandlung mit dem Eiweiss noch einen anderen ausgezeichneten Erfolg. Trachtete man das Schnittchen rasch auf einen Objectträger zu bringen, so befand sich dasselbe nach dem Aufthauen sofort in einer Schichte Eiweiss, in welcher sich dasselbe flach ausbreitete. Man kann so ein Verwerfen oder Auseinanderweichen der Faserquerschnitte am besten verhindern. Hat man sich überzeugt, dass der Schnitt sich flach ausgebreitet hat und ist derselbe durch kurze Zeit in Eiweiss gelegen, während welcher er mit einem Deckgläschen bedeckt zu Untersuchungen verwendet werden kann, dann kann man das Eiweiss, in welchem das Schnittchen liegt, durch Glycerin (zwei Theile auf einen Theil Wasser) verdrängen, was eine gesteigerte Durchsichtigkeit des Schnittchens, aber kein bemerkbares Schrumpfen und keine sonstige wesentliche Veränderung der Faserquerschnitte zur Folge hat. Solche Präparate können dann sofort eingeschlossen und lange Zeit aufbewahrt werden. Ganz anders wirkt das Glycerin dagegen auf Querschnitte gefrorener Muskeln, die man vorher nicht mit Eiweiss

---

[1] A. Rollett, Sitzungsber. d. Wiener Akad., mathem.-naturw. Cl., Bd. LXX, 1874, III. Abth., p. 7; Bd. LXXI, 1875, III. Abth., p. 33; Bd. LXXII, III. Abth., p. 349.

[2] Bonr, Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparate. Inaugural-Abhandlung Würzburg 1875. — A. Fick, Pflüger's Archiv, Bd. 30, p. 596.

[3] L. Hermann, Handbuch der Physiologie, Bd. I, 1. Theil. Leipzig 1879, p. 112. — Grützner, Breslauer ärztliche Zeitschrift, Nr. 18, 22. Sept. 1883 und Nr. 24, 22. Dec. 1883; Recueil zoologique Suisse, tom. I, 1884, p. 665.

[4] Cohnheim, Virchow's Archiv, Bd. XXXIV, p. 606.

behandelt hat. Diese schrumpfen im Glycerin sichtlich. Sie verbiegen sich dabei. Die Faserquerschnitte weichen auseinander und bekommen einen höheren Glanz, kurz erleiden Veränderungen, welche sie für eine weitere Untersuchung untauglich machen. Die Wirkungen der vorausgehenden Eiweissbehandlung sind so auffallende, dass sich leicht jeder davon überzeugen wird.

Auch für Muskeln von Käfern, die nur kurze Zeit in Alkohol gelegen haben, kann man sich vortheilhaft des Einlegens in frisches Eiweiss und der Einhüllung derselben in Eiweiss zum Zwecke der Anfertigung von Schnitten mittelst des Gefriermikrotoms bedienen. Solche Schnitte bringt man dann zweckmässig gleich in einen Tropfen Glycerin, den man vorher auf den Objectträger gesetzt hat. In beiden Fällen ist dafür zu sorgen, dass der Schnitt noch fest gefroren auf den Objectträger gelangt und nicht schon auf dem Messer des Mikrotoms aufthaut, da im letzteren Falle seine Übertragung und Ausbreitung schwierig wird und meist ohne Zerreissung nicht gelingt. Man muss darum immer mit gut gekühlten Messern arbeiten.

Hat man Querschnitte von Muskeln anzufertigen, die durch längeres Liegen in Alkohol gehärtet wurden, dann bediene man sich des Einbettens der Muskeln in Celloidin.

Ich habe eine grosse Reihe von Querschnitten mittelst dieser Methode gewonnen und die ausgezeichnetsten Dauerpräparate erhalten. Mein Verfahren war das folgende. Muskelstücke und bei Käfern wo die Weichheit des Chitinpanzers es erlaubte, der Kopf, der Prothorax, die Flügelbrust oder ganze Beine wurden in verdünnte alkoholisch ätherische Lösung von Celloidin gebracht. Darin blieben sie 24 bis 48 Stunden, um dann in concentrirte Lösung von Celloidin (1 Grm. auf 4 Cub.-Ctm. einer Mischung von gleichen Theilen Alkohol und Äther) eingelegt zu werden. Nachdem sie auch darin durch 24 Stunden gelegen hatten, brachte ich sie mit der Lösung in kleine Gläschen von der Form sehr kleiner Präparatencylinder, die mit abgeschliffenem Rande und mit einer aufgeschliffenen Glasplatte versehen waren. Darin liess ich das Celloidin durch langsames Abdunsten des Lösungsmittels gallertig werden. Dann stürzte ich die das Object einschliessende Gallerte, nachdem ich sie von den Glaswänden durch Umschneiden losgelöst hatte, auf eine Glasplatte heraus. Das Object befindet sich dann in den obersten früher nahe dem Boden gelegenen noch weicheren Partien der cylindrischen Gallerte.

Diese wird nun im umgekehrten Zustande in das Gläschen zurückgebracht und neuerdings unter Vermeidung alles Lufteinschlusses mit der concentrirten Celloidinlösung übergossen. Diese bewirkt, dass die Partien der Celloidingallerte, in welchen sich das Präparat befindet, wieder erweichen, das Präparat sinkt etwas tiefer ein, gelangt aber bis auch die neu aufgegossenen Mengen des Celloidin wieder gallertig geworden sind, nicht mehr auf den Boden des Gläschens, sondern bleibt in Mitte der Celloidingallerte eingeschlossen. Bei einiger Übung lassen sich diese Proceduren, welche nur darauf abzielen das Object in die Mitte der Einbettungsmasse zu bringen, sehr leicht ausführen.

Ich bringe schliesslich, sobald sich die das Object einschliessende Celloidingallerte aus dem Gläschen im Zusammenhange entfernen lässt, dieselbe in Alkohol (zwei Volumina Alkohol von 93% und ein Volumen Wasser), in welchem sie nach 24 Stunden die gehörige Schnitteonsistenz gewinnt. Dabei bewahrt sie einen solchen Grad von Transparenz, dass man noch leicht die Lage des Objectes und die Richtung der Schnittführung beurtheilen kann, die wegen der freien Lage des Objectes in Mitte der Einbettungsmasse auch völlig frei zu wählen ist. Die Schnitte fertigte ich theils mit dem Schlittenmikrotom von Jung, theils aus freier Hand an. Ich brachte sie in die früher (1. Theil, pag. 17 [97]) angeführte Verdünnung der Haematoxylinlösung von Renaut. Entwässerte sie nach der Tinction mit starkem Alkohol, machte sie mit Origanumöl, welches unter den von Schieferdecker angegebenen Mitteln weitaus den Vorzug verdient, durchsichtig und schloss sie in einer Lösung von Dammarharz in Xylol ein. Wie vortrefflich diese Präparate auch sind, so muss ich doch hervorheben, dass man die Anfertigung von Querschnitten nach den früher genannten Methoden nicht unterlassen möge. Es ist gut, die Wahrnehmungen an der einen Art von Präparaten durch die an der anderen Art zu controliren. Manche Details treten an den durchsichtigeren Präparaten im Lackeinschluss weniger deutlich hervor als an minder durchsichtigen Präparaten in Glycerin, während die ersteren den Vortheil der Übersichtlichkeit und für die Beurtheilung der Kernstellung ihren ganz besonderen Werth besitzen.

Ich werde aber nun zunächst alles das besprechen, was in einer ganz ähnlichen Weise an allen Querschnittspräparaten, mögen sie nach der einen oder der andern der angeführten Methoden gewonnen sein, beobachtet werden kann.

Die Form der Querschnitte der Muskelfasern bei den Käfern im Allgemeinen ist eine sehr wechselnde, man kann aber sicher sein, dass man, je kleiner die Durchmesser der Fasern sind, um so mehr rundliche oder ovale Durchschnitte beobachten wird, während je grösser die Faserdurchschnitte sind, auch um so mehr gegen einander abgeplattete, polygonale Formen auftreten. Was die Verschiedenheit der Polygone anbelangt, so gilt für sie im Allgemeinen, was wir früher[1] für die Muskeln der Dyticiden angeführt haben, nur treten bei diesen ganz besonders verlängerte und mit einzelnen ausgezogenen Ecken versehene Polygone verhältnissmässig am häufigsten hervor, während bei den übrigen Käfern diese vorherrschende assymmetrische Entwicklung in einer Richtung seltener oder nicht so hochgradig auftritt und die Polygone trotz aller Unregelmässigkeit doch weniger unsymmetrisch entwickelt sind.

Da im Allgemeinen bei grossen Käfern die Muskelfasern breitere Durchmesser besitzen als bei kleinen Käfern, herrschen bei den ersteren die verschieden gestaltigen Polygone, bei den letzteren die runden und ovalen Durchschnitte vor. Man vergleiche zum Beispiele Muskelquerschnitte von den verschiedensten Theilen des Skeletes von *Procerus gigas, Procrustes coriaceus, Dyticus marginalis, Hydrophilus piceus, Lucanus cervus, Ergates faber* und *Cerambyx heros;* von *Carabus cancellatus, Staphylinus caesareus, Melolontha vulgaris, Osmoderma eremita, Blaps mortisaga;* ferner von *Cantharis rustica, Lamprorhyza splendidula, Meloë majalis, Donacia impressa* und *Melasoma populi* untereinander.

Der Umstand, dass bei den Käfern im Allgemeinen mit der Grösse des Thieres wachsende Durchmesser der Faserquerschnitte wahrgenommen werden, weist darauf hin, dass als Mittel der Anpassung der Muskelquerschnitte an die Grösse des Thieres nicht allein ein Wechsel der Anzahl der Muskelfasern, sondern auch der Wechsel der Dicke der einzelnen Fasern eine Rolle spielt. Man wird also zunächst darauf gefasst sein müssen, dünne und dicke Fasern mit wesentlich denselben anatomisch-physiologischen Eigenschaften bei den verschiedenen Käfern vorzufinden. Und die Erfahrung bestätigt auch dieses Vorkommen.

Allein wir können an den Muskeln der Käfer auch noch eine andere sehr merkwürdige Erfahrung machen, die ebenso wie die erstere beweist, dass man sich hüten muss in der Verschiedenheit der Grösse der Faserquerschnitte etwa einen Hinweis auf eine verschiedene anatomisch-physiologische Dignität der betreffenden Muskelfasern unter allen Umständen zu erblicken.

Ich führe das besonders an, weil Beobachtungen, welche ich selbst,[2] Ranvier[3] und Grützner[4] an Muskeln von Wirbelthieren gemacht haben, darauf hinzudeuten schienen, dass auffallende Verschiedenheiten der Faserdurchmesser mit einem abweichenden histologischen Bau und einem differenten physiologischen Verhalten der verschieden dicken quergestreiften Muskelfasern zusammentreffen.

Bei den Käfern kommt nun bei einigen Familien durchwegs ein anderer Bau der Skelettmuskeln vor als bei anderen Familien und diesem verschiedenen Bau der ganz besonders auf dem Faserquerschnitte zum Ausdruck gelangt, entsprechen auch, wie ich[5] vorläufig schon mitgetheilt habe, wesentlich differente physiologische Eigenschaften der betreffenden Muskelfasern.

An Querschnitten von Muskeln solcher in verschiedene Familien gehöriger Käfer nimmt man aber Fasern von sehr wechselndem Durchmesser wahr, ja oft einzelne Fasern, welche auffallend dünner oder auffallend dicker sind, als die Fasern von der mittleren Dicke, die bei dem betreffenden Thiere vorherrscht. Es stimmen aber in solchen Fällen die dünnen und die dicken Fasern desselben Käfers in Bezug auf den, für die betreffende Familie charakteristischen histologischen Bau mit einander überein und unterscheiden sich

[1] 1. Theil, p. 39 [119].
[2] Rollett, Sitzungsber. d. mathem.-naturw. Cl. d. Wiener Akad. Bd. XXIV, 1857, p. 311 u. 312, Fig. 7.
[3] Ranvier, Archiv de Physiol. norm. et pathol. Ser. II, tom. I, 1874, p. 5, pl. I, fig. 1 et 2.
[4] Grützner, Recueil zoologique Suisse, tom. I, 1884, p. 665, fig. 1 u. 3.
[5] Rollett, Sitzungsber. d. mathem.-naturw. Cl. d. Wiener Akad. Bd. LXXXIX, 1884, Abth. III, p. 346.

dadurch sammt und sonders von den wieder übereinstimmenden verschieden dicken Fasern der Muskeln anderer in andere Familien gehöriger Käferspecies. Während es in solchen Fällen fraglich bleibt, ob zwischen Muskelfasern desselben Käfers, die eine verschiedene functionelle Bedeutung für den lokomotorischen Apparat des Skelettes haben, noch feinere die physiologische Qualität der Fasern modificirende Unterschiede des molekularen Baues existiren, kommen wieder bei anderen Käferfamilien ganz entschieden und constant für die einzelnen Individuen derselben Species zwei oder sogar mehrerlei typisch verschieden gebaute quergestreifte Muskelfasern vor, welche nach den früher angeführten Erfahrungen zu urtheilen, höchst wahrscheinlich den Muskeln, die eine verschiedene functionelle Bedeutung für den lokomotorischen Apparat der betreffenden Thiere haben, auch eine ganz verschiedene physiologische Dignität verleihen. Diese verschieden gebauten Muskelfasern desselben Thieres unterscheiden sich aber in Bezug auf ihre Durchmesser gar nicht, oder es wechseln die Durchmesser der einen Art innerhalb derselben Grenzen, wie die Durchmesser der anderen Art.

Berücksichtigt man nicht allein die Käfer, sondern wirft man noch einen Blick auf andere Insecten und auf Krebse, so treten noch andere oft sehr eigenthümliche Structurverhältnisse der quergestreiften Muskeln wieder ganz besonders auf dem Faserquerschnitte zu Tage, wie das zum Beispiele bei den Fliegen in ganz hervorstechender Weise der Fall ist.

Ich glaube jetzt einige allgemeine Gesichtspunkte entwickelt zu haben, welche für die Beurtheilung der nachfolgenden histologischen Beobachtungen festzuhalten sind. Anknüpfend an die früher[1] mitgetheilten verschiedenen Bilder, welche man von der Flächenansicht der nach Säurewirkung oder nach Gold- und Säurewirkung aus den Muskelfasern isolirten Scheiben erhält, soll nun zuerst die Übereinstimmung der Form der Cohnheim'schen Felder auf Muskelquerschnitten mit der Form der Maschenräume zwischen den Balkennetzen der durch Säurewirkung isolirten Scheiben[2] und die Lage der Kerne auf dem Querschnitte behandelt werden.

Ich habe dort drei Formen von Balkennetzen hervorgehoben, beschrieben und abgebildet. Solche, deren Maschen ebenmässig entwickelte Polygone darstellen (I. Theil, pag. 37 [117], Fig. 18 *A*); zweitens solche, deren Maschen verlängerte Rhomben oder Polygone mit radiär gestellten langen Diagonalen darstellen (I. Theil, pag. 36 [116], Fig. 17 *e*); endlich das eigenthümliche Bild der Dyticidenmuskeln (I. Theil, pag. 38 [118], Fig. 19 *A*). In entsprechender Weise können wir auch für die Muskelquerschnitte von Käfern die Form der Cohnheim'schen Felder und die Anordnung der Substanz zwischen denselben (des Sarkoplasmas) nach drei solchen Typen sondern, wie sogleich gezeigt werden soll. In Bezug auf die Erscheinungsweise der Cohnheim'schen Felder und des Sarkoplasmas, zwischen denselben habe ich aber noch früher Einiges zu bemerken. Sowohl auf den Querschnitten aus gefrorenen frischen Muskeln, die in der früher angegebenen Weise aufpräparirt wurden, als auch an Querschnitten aus in Alkohol gehärteten Muskeln, mögen dieselben mit Glycerin oder mit Origanumöl oder mit Lack durchsichtig gemacht sein, erscheinen bei tiefer Einstellung die Cohnheim'schen Felder dunkel, dagegen das Sarkoplasma zwischen denselben hell. Aus dieser Lichtvertheilung hat schon Cohnheim[3] den Schluss gezogen, dass die Felder aus stärker lichtbrechender Substanz, das Geäder zwischen denselben aus schwächer lichtbrechender Substanz bestehen.

An Präparaten, die in Lack liegen, sind die Differenzen zwischen den Feldern und dem Sarkoplasma begreiflicher Weise viel weniger auffallend, als an Präparaten in Glycerin. Wenn man aber die Schnitte vorsichtig mit Haematoxylin in der früher beschriebenen Weise färbt, so gelingt es die Färbung zu unterbrechen, wenn nur erst die Kerne und die Felder sich gefärbt haben.

Es ist dazu grosse Aufmerksamkeit nothwendig, man erhält aber dann Präparate, die in Lack eingeschlossen in Bezug auf die Klarheit, mit welcher sie die Lage der immer am stärksten gefärbten Kerne und die Form und Anordnung der Felder und des Sarkoplasmas darthun, allen anderen vorzuziehen sind.

---

[1] 1. Theil, p. 36—40 [116—120].

[2] Vergleiche auch 1. Theil, p. 46 [126].

[3] Cohnheim, Virchow's Archiv, Bd. XXXIV, p. 606.

Die nachfolgende Beschreibung stützt sich vorzüglich auf solche Präparate.

In den Cohnheim'schen Feldern selbst ist an solchen Präparaten nur unter besonders günstigen Bedingungen, bei sehr starken Vergrösserungen (Zeiss homog. Im. $^1/_{18}$, Reichert homog. Im. $^1/_{20}$) noch eine weitere Differenzirung angedeutet.

Wir sehen von dieser vorerst ab und werden erst später auf dieselbe zurückkommen.

Die Querschnittsbilder, welche ich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen bei den Käfern im Allgemeinen unterscheiden möchte, sind nun die Folgenden:

I. Die Cohnheim'schen Felder stellen ziemlich ebenmässig entwickelte oder verhältnissmässig nur wenig verzogene Polygone dar, deren Grösse in demselben Muskel nur innerhalb enger Grenzen schwankt. Die hellen Adern zwischen den Cohnheim'schen Feldern trennen die letzteren aber nicht wie die geradlinigen unter scharfen Winkeln sich durchschneidenden Strassenzüge die Häusercarrés auf den Plänen moderner Städte, sondern die hellen Adern machen viel eher den Eindruck vielfach sich kreuzender mäandrisch geschwungener Pfade. Ein Netz der ersteren Art kommt nur zu Stande, wenn die Cohnheim'schen Felder durchaus von völlig geraden Seiten begrenzt sind, wie das nach Cohnheim bei Frosch- und Kaninchenmuskeln der Fall ist und wie wir es später auch bei Muskeln von Krebsen finden werden. Bei den Käfermuskeln sind die Seiten der Polygone nicht so gerade, sondern meist etwas gebogen und die Winkel derselben erscheinen abgerundet und einzelne Ecken verhältnissmässig stark ausgezogen. Im Allgemeinen lassen sich aber die Felder meist als verzerrte Fünfecke erkennen. Das ist um so besser der Fall, je mehr sich die Seiten der Polygone geraden Linien annähern, was bei einigen Käfern viel mehr geschieht als bei andern, ohne dass aber die früher erwähnte Regelmässigkeit je wirklich erreicht würde. Die mehr oder weniger unregelmässigen Formen der Felder bedingen zusammen mit den ungleichförmigen Abständen der Felder namentlich an jenen Stellen, wo sich drei und mehr Felder gegenüberstehen, den eigenthümlichen Charakter des Netzes, welches zwischen den Cohnheim'schen Feldern vorhanden ist.

Mit der beschriebenen Form und Anordnung der Cohnheim'schen Felder, die sich sehr wesentlich von den zwei später zu erwähnenden anderen Arten von Form und Anordnung derselben unterscheidet, concurriren nun eine Reihe von auffallenden histologischen Abweichungen anderer Natur, die ich zur Unterscheidung von drei Unterabtheilungen heranziehen will.

1. Die Kerne der Muskeln sitzen an der Oberfläche der Fasern unmittelbar unter dem Sarkolemma. Einen Querschnitt dieser Art stellt Fig. 1 dar und zwar von einer Muskelfaser des Maikäfers. Der auf diesem Querschnitte sichtbare Kern ist mit *K* bezeichnet. Es ist das ein möglichst einfaches Beispiel für die Anordnung des Sarkoplasmas und die geringste Zahl von Kernen, welche man beobachten kann. Bei so einfacher Anordnung des Sarkoplasmas kommt es aber auch, wenngleich selten vor, dass überhaupt kein Kern im Umkreis des Faserquerschnittes zu sehen ist.

Complicirter wird die Anordnung der Cohnheim'schen Felder in Muskelfasern von grossem Querschnitte. Ein Beispiel dafür bietet Fig. 2, der Querschnitt einer Muskelfaser von *Cerambyx heros*. Sie enthält die Cohnheim'schen Felder zu grösseren Gruppen geordnet. Das Sarkoplasma erscheint stellenweise zu Knoten (Fig. 2 *n*) verbreitert, von welchen stärkere Balken ausgehen, die sich aber nach kurzem Verlauf wieder in die die Polygone umgrenzenden dünneren Balken auflösen und dann nur noch dadurch kenntlich bleiben, dass sie Adern von etwas gestreckterem Verlaufe bilden als jene, welche im Innern einer Gruppe verlaufen.

Ein Querschnitt einer solchen breiteren Faser zeigt am Rande in der Regel mehrere Kerne, oft eine sehr grosse Anzahl, wie sich auch in Fig. 2 sieben solcher Kerne (*K*) wahrnehmen lassen.

Die Anzahl der Knoten und der von denselben auslaufenden Adern und die dadurch gegebene Gruppentheilung ist eine sehr wechselnde und werden von Querschnitten der Form Fig. 1 zu solchen von der Form Fig. 2 die mannigfachsten Übergänge beobachtet, die sich nur durch Abbildungen leicht wiedergeben liessen. Uns mögen aber hier die vorstehenden Angaben zur Charakterisirung der Muskeln mit polygonalen Feldern und unter dem Sarkolemma sitzenden Kernen genügen. Sehr selten und meist erst nach Durchmusterung einer grossen

Anzahl von Querschnitten, also als Ausnahme von der Regel findet man bei solchen Muskeln einen vereinzelten Kern im Innern der Faser. Muskeln der beschriebenen Art finden sich bei den Histeriden, Lucaniden, Scarabaeiden, Curculioniden, Cerambyciden und zwar sind alle Skelettmuskeln bei diesen Familien von der vorerwähnten Beschaffenheit. Sie kommen aber entweder ausschliesslich oder mit anderen Formen zugleich auch noch bei vielen anderen Familien vor. Nach allen Erfahrungen, die ich gemacht, haben Muskelfasern, deren Kerne an der Oberfläche der Faser gelagert sind, immer Cohnheim'sche Felder von der beschriebenen Form. Mit Kernen im Innern der Fasern treffen dagegen sowohl Cohnheim'sche Felder von der beschriebenen Form, als auch von anderen später zu beschreibenden Formen zusammen.

Die Lagerung der Kerne soll später übersichtlich für alle untersuchten Käferfamilien behandelt werden und verweise ich mit Rücksicht auf das eben gesagte auf jene Übersicht.

2. Das Querschnittsbild, welches ich jetzt beschreiben will, stimmt in Bezug auf die Lagerung der Kerne und die Form der Cohnheim'schen Felder mit dem im früheren Absatze beschriebenen Querschnittsbilde überein. Es ist in Fig. 3, dem Querschnitte einer Muskelfaser vom *Hydrophilus* dargestellt. Der Grund, warum es besonders angeführt werden muss, ist eine ganz regelmässig wiederkehrende Erscheinung in jedem einzelnen Cohnheim'schen Felde selbst.

Ich habe in dem ersten Theile dieser Arbeit pag. 37 [117], 42 [127] und 45 [125] einen zuerst von Bremer[1] für Goldsäurebilder des *Hydrophilus*-Muskels hervorgehobenen Befund im Wesentlichen bestätigen können.

Bremer sah an solchen Präparaten ausser dem rothgefärbten Netz, welches zwischen den Cohnheim'schen Feldern vorhanden ist, noch in der Mitte eines jeden Feldes einen rothen Punkt. Ich habe mich über diesen mittelständigen Punkt Bremer's dahin geäussert,[2] dass ich an Goldpräparaten in der Mitte eines jeden Polygones eine kleine rothe Figur sehe, die bald rundlich, bald drei- oder viereckig, bald polygonal und langgestreckt oder sternförmig mit einer beschränkten Anzahl von Strahlen erscheint. Dagegen konnte ich die Behauptung Bremer's, dass regelmässig, radienartig verlaufende Fäden von dieser mittelständigen Figur zur rothen Umfassung der Polygone hinlaufen, nicht bestätigen.

Die Anschauung, welche ich über diesen Befund an Goldsäurebildern vom *Hydrophilus*-Muskel ausgesprochen habe, war, dass an diesen Muskelfasern eine Anordnung mit grosser Regelmässigkeit wiederkehrt, welche gelegentlich und vereinzelt auch bei anderen Käfermuskeln zu beobachten ist.

Es werde nämlich nicht nur, wie es zum grössten Theile ausschliesslich der Fall ist, die durch Gold nicht gefärbte Substanz (Fibrillenbündel) von der durch Gold gefärbten Substanz (Sarkoplasma) umschlossen, sondern auch das Sarkoplasma von der Substanz der Fibrillenbündel. Mit anderen Worten hohle und in ihrem Innern mit einem Strang von Sarkoplasma erfüllte Fibrillenbündel erscheinen, wie sonst die soliden Fibrillenbündel in das Sarkoplasma eingebettet.

Diese Deutung erhält aber ihre wesentlichste Stütze eben erst durch den Befund an Muskelquerschnitten von *Hydrophilus*.

Es gelingt an diesen nicht schwer sich davon zu überzeugen, dass man ebenso wie das helle Geäder zwischen den Cohnheim'schen Feldern, auch in der Mitte jedes Feldes eine helle Figur wahrnimmt. Eine Beschreibung der Form dieser Figur kann ich mir unter Hinweisung auf Fig. 3 und die Angaben, welche ich über die mittelständige Figur der Goldbilder gemacht habe, ersparen.

Wichtiger ist, dass die Figur in der Mitte der Felder bei Veränderung der Einstellung dunkel wird, wenn das Geäder zwischen den Feldern dunkel wird, während dann die den mittelständigen Punkt umgebende Substanz der Felder hell wird.

Ferner muss ich hervorheben, dass man hier ja nicht versäumen darf, Querschnitte nach allen früher angegebenen Methoden sich zu verschaffen und wohl gelungene Präparate mit einander zu vergleichen. Gerade

---

[1] Bremer, Archiv f. miskrosk. Anatomie, Bd. XXII, 1883, p. 318.

[2] 1. Theil, p. 45 [125].

hier sind nicht die mit Lack, sondern die mit Glycerin durchsichtig gemachten Präparate von in Alkohol gehärteten Muskeln diejenigen, welche zuerst zur Überzeugung von dem vorliegenden Sachverhalte führen, der dann aber auch an allen nach anderer Methode behandelten Präparaten wieder zu finden ist.

An den hier besonders empfohlenen Präparaten in Glycerin ist auch die an den Cohnheim'schen Feldern der Fig. 3 angedeutete Zusammensetzung derselben aus Fibrillen am besten wahrzunehmen, worauf ich später zurückkommen werde.

Endlich muss ich anführen, dass ich auch auf den Flächenansichten von Bowman'schen Scheiben aus *Hydrophilus*-Muskeln, die den Scheibenzerfall in Alkohol erlitten hatten, die Anordnung der Cohnheim'schen Felder und das Sarkoplasma um und in den Feldern so wahrgenommen habe, wie auf Faserquerschnitten vom *Hydrophilus*.

Ich habe schon bei Gelegenheit der Besprechung der Goldsäurebilder angeführt, dass die Muskeln von *Hydrocharis caraboides* dasselbe Bild zeigen, wie die Muskeln von *Hydrophilus*. Das Gleiche gilt auch für die Querschnitte der Muskeln beider Käfer, nur sind die mittelständigen Figuren bei *Hydrocharis* noch kleiner als bei *Hydrophilus* und daher in beiden Fällen noch grössere Aufmerksamkeit bei der Untersuchung der Muskeln des ersteren Käfers nothwendig.

Bei beiden Hydrophiliden fand ich denselben Bau in den verschiedensten Skeletmuskeln wiederkehren. Bei anderen Käfern habe ich denselben bisher nicht beobachtet.

3. Die Kerne der Muskeln befinden sich nicht an der Oberfläche, sondern im Innern der Faser. Einen Muskelfaserquerschnitt dieser Art stellt Fig. 4 dar und zwar stammt derselbe von *Procerus gigas*. Auch unter diesen Muskelfasern kommen solche vor, auf deren Querschnitt das Sarkoplasma ein einfaches Balkennetz bildet und solche auf deren Querschnitt stärkere von Knoten ausstrahlende Balken hervortreten, die dann eine Sonderung der Cohnheim'schen Felder zu Gruppen ähnlich jener in Fig. 2 hervorbringen.

Auf dem Längsschnitte solcher Muskeln sieht man die Kerne, wie später noch des Näheren erwähnt werden soll, in Strängen geordnet. Ist nur ein solcher den Muskel durchziehender Kernstrang vorhanden, dann sieht man in dem Querschnittsbilde den Kern meist nahe central gelagert. Sind zwei und mehrere solche Kernstränge vorhanden, so stehen die auf dem Querschnitt sichtbaren Kerne meist excentrisch. Ist das Sarkoplasma auf dem Querschnitt in Form eines einfachen Balkenwerkes sichtbar, so erscheint um die Kerne meist ein breiter runder Hof, in welchen die gleichmässig dicken Sarkoplasmabalken von allen Richtungen her übergehen, wie das in Fig. 4 bei *K* und *K* zu sehen ist. Treten Knoten und davon abgehende stärkere Sarkoplasmabalken auf, so sitzen die Kerne gewöhnlich in den Knoten des Sarkoplasmas. An Muskeln, deren Kerne in einfachem Strange oder zu mehrfachen Strängen geordnet die Muskelfaser durchziehen, kommt es sehr selten vor, dass ein oder der andere Kern nahe der Oberfläche des Muskelfadens gefunden wird. Derselbe sieht dann auf dem Längsschnitt der Muskelfaser wie ein verirrtes Exemplar aus, da alle anderen Kerne in strangförmiger Anordnung die Muskelfaser durchziehen.

Der Fall eines solchen abgeirrten Kernes *K*, Fig. 4, ist an Muskelfasern, welche nur einen axialen Kernstrang besitzen, äusserst selten zu beobachten. Werden die Muskelquerschnitte grösser, womit die Vervielfältigung der Kernstränge gewöhnlich zusammenfällt, dann kommen auch vereinzelte Kerne nahe der Oberfläche häufiger zur Beobachtung. Immer bleibt aber die Lagerung der Kerne an der Oberfläche ein seltener Fall im Vergleich mit den unter 1 und 2 angeführten Muskeln und denjenigen, welche sofort unter 4 angeführt werden sollen. Muskeln wie die unter 3 beschriebenen kommen vor bei den grösseren Carabiden: *Procerus, Procrustes, Broscus, Megadontus, Carabus.*

4. Es ist hier noch ein Querschnittsbild zu erwähnen, welches dem unter 3 beschriebenen völlig gleicht und nur darin von demselben abweicht, dass an der Oberfläche der Fasern gelagerte Kerne häufiger neben den im Innern der Fasern sitzenden Kernen zu beobachten sind. Dieses Bild kommt bei Muskeln vor, welche der Länge nach betrachtet, sich von den unter 3 beschriebenen dadurch unterscheiden, dass sie nicht wie jene Kernstränge besitzen, welche durch die ganze Länge der Fasern sich erstrecken. Es treten vielmehr discret im

der Faser Kernstränge auf, welche einen begrenzten Verlauf haben. Solche kürzere Kernstränge beobachtete ich bei den Silphiden und die Muskelfasern, in welchen sie vorkommen, erscheinen verhältnissmässig sehr reich an Kernen. Man findet auf Querschnitten von verhältnissmässig kleinem Durchmesser meist 4 bis 6, oft bis zu 8 solche Kernreihen der Quere nach getroffen. Neben diesen Muskelfasern kommen aber bei den Silphiden auch immer andere vor, welche eine beschränkte Anzahl von langen Kernsträngen oder nur einen in der Mitte sitzenden durch die ganze Faser sich hinerstreckenden Kernstrang zeigen und die sich dann von den unter 3 angeführten Muskelfasern nicht unterscheiden. Bei den Tenebrioniden finden sich Muskelfasern, welche ihre Kerne zerstreut im Innern der Faser sitzen haben, entweder vereinzelt oder in Form sehr kurzer meist nur zwei oder drei der Länge nach aufgereihte Kerne darbietender Kernstränge.

II. Die Cohnheim'schen Felder sind langgestreckt und mit ihren langen Durchmessern in radiärer Richtung gelagert. Die Kerne sitzen in Längsreihen geordnet im Innern der Fasern. Ist nur ein Kernstrang vorhanden, so hat derselbe gewöhnlich seine Lage in der Mitte der Faser. Sind zwei und mehrere Kernstränge vorhanden, so liegen diese excentrisch in verschiedener Gruppirung. Auf dem Querschnitte erscheint das die Kerne umgebende Sarkoplasma dann gewöhnlich durch eine breite Brücke verbunden. Diese Brücken behalten, wie Serienschnitte zeigen, in derselben Faser Form und Lagerung, ganz kleine Abweichungen abgerechnet, bei.

Die Kernreihen liegen also in diesen Fällen an den entgegengesetzten Säumen von blattartigen Ansammlungen des Sarkoplasma, die der Länge nach in den Muskel eingelagert sind und von denen gleichsam das zwischen die Cohnheim'schen Felder, beziehungsweise die den Cohnheim'schen Feldern entsprechenden Muskelsäulchen, eindringende Sarkoplasma in Form dünnerer Balken oder Blätter auszustrahlen scheint.

Ein Muskelquerschnitt der beschriebenen Art von *Brachynus crepitans* ist in Fig. 5 abgebildet. Man sieht dort zwei Kerne *K K*, deren Höfe durch die Brücke *b* verbunden erscheinen. Die Höfe und Brücken erscheinen oft sehr deutlich von Körnchen durchsetzt, oft aber völlig homogen, wie die Balken zwischen den Cohnheim'schen Feldern. Es kommen solche Muskelfasern mit sehr stark gestreckten Cohnheim'schen Feldern und wieder andere mit weniger stark gestreckten Feldern vor. Es ist leicht einzusehen, dass in dem Falle, wo die Felder sehr wenig gestreckt erscheinen, die Querschnitte, den unter I, 3 beschriebenen Querschnitten sehr ähnlich werden.

Ich habe darum schon früher (I. Theil, pag. 38 [118]) bemerkt, dass das Vorkommen dieser beiden Arten von Muskeln sich schwer abgrenzen lässt. Man wird aber finden, dass ebenso wie die stark verlängerten Cohnheim'schen Felder, auch die weniger stark verlängerten stets wiederkehrende Eigenthümlichkeiten der Muskeln bestimmter Arten und Gattungen sind.

Muskelfasern mit verlängerten radiär gestellten Feldern finden sich bei den kleineren Carabiden: *Platynus, Agonum, Brachynus, Nebria, Pterostichus*; bei *Staphilinus caesareus* und *similis*; bei *Cantharis rustica*.

Besonders lang sind sie bei den *Pterotichus*-Arten. Es kommt dann in einzelnen Muskeln vor, dass auf dem Querschnitte von dem die Kerne umgebenden Sarkoplasma stärkere Balken gegen die Peripherie hin ausstrahlen und die langen Felder um diese federartig angeordnet erscheinen. Solche Muskelquerschnitte bilden die Übergänge zu dem jetzt noch besonders zu erwähnenden Querschnittsbilde der Dyticiden-Muskeln, an welches die *Pterostichus*-Muskeln schon sehr auffallend erinnern.

III. Ein Querschnitt einer Muskelfaser von *Dyticus marginalis* ist in Fig. 6 dargestellt. Die Cohnheim'schen Felder desselben sind sehr lange gestreckt oft so lange, dass sie von der die Kerne *K* enthaltenden Sarkoplasmaanhäufung im Innern der Faser bis zum Sarkolemma reichen; sie sind im Allgemeinen radiär gestellt oder um stärkere gegen die Peripherie hin ausstrahlende Sarkoplasmabalken federartig geordnet. Stellenweise sind in dem zwischen den Feldern verlaufenden Sarkoplasmabalken Knoten *n* vorhanden, welche durch zusammenfliessen von drei oder mehreren der ebenfalls radiär gestellten Sarkoplasmabalken entstehen. In Bezug auf die wechselnde Form der Querschnitte, die Zahl der Kerne und die Anordnung des Sarkoplasma's verweise ich auf die Beschreibung, welche ich von dem Querschnittsbilde der mit Säure behandelten Dyticiden-

Muskeln früher (I. Theil, pag. 38 [118] u. d. f.) gegeben habe, da sich alles, was dort von den Sarkoplasmabalken des gequollenen Muskels und von den Maschenräumen zwischen den Balken gesagt wurde, auf die Anordnung der Sarkoplasmabalken und der Cohnheim'schen Felder der mit dem Messer erhaltenen Querschnitte der Dyticiden-Muskeln übertragen lässt.

Das auf Schnittreihen der Muskelfasern immer und immer wiederkehrende Bild der Sarkoplasmabalken des Querschnittes, erweist diese als die Querschnitte von Scheidewänden von Sarkoplasma, ebenso wie die stets wiederkehrende Form der Cohnheim'schen Felder diese als Querschnitte der von jenen Sarkoplasmawänden auseinandergehaltenen Muskelsäulchen erkennen lässt.

Das gilt von allen verschiedenen früher mitgetheilten Querschnittbildern ebenso wie von dem Dyticidenmuskel und ich glaube für die richtige Auffassung der Anordnung von Muskelsäulchen und Sarkoplasma im Muskel kann nichts so förderlich sein als vergleichend histologische Studien, wie wir sie eben an den Käfermuskeln angestellt haben. Durch einen Zufall bin ich auf ein Bild des *Dyticus*-Muskels aufmerksam geworden, welches die Anordnung der von Sarkoplasmawänden getrennten platten Muskelsäulchen und die Form der letzteren in einer sehr instructiven Weise beleuchtet.

Ehe ich das Celloidin, welches ich früher empfohlen habe, zur Einbettung der Muskeln für die Gewinnung von Querschnitten derselben anwendete, versuchte ich auch Einbettungen in Zugparafin und in Gummi. Ich habe beide wieder aufgegeben, weil Alkohol-Muskeln von Käfern auf Querschnitten die mit Hilfe dieser Einbettungsmassen gewonnen werden, allzuleicht ihren Zusammenhang verlieren. Das ist namentlich bei Verwendung des Gummi der Fall. Gerade dabei erhält man aber die Bilder, welche ich jetzt besprechen will.

Ich sah nämlich, wenn ich solche Muskelquerschnitte in Glycerin übertrug, sie nicht blos in zusammenhanglose Faserquerschnitte auseinanderfallen, sondern auch die Querschnitte der einzelnen Fasern fallen auseinander und da ereignete es sich bei dickeren Schnitten von *Dytitus marginalis* sehr häufig, dass die mittleren Partien einer Faser herausfielen, während die peripherischen Partien in Form einer zusammenhängenden Schleife zurückblieben. Solche Schleifen schlagen sich aber dann beim Auflegen des Deckgläschens häufig auf die Mantelfläche um und übt man einigen Druck mit dem Deckgläschen aus, so weichen die in der Schleife nebeneinander liegenden Muskelsäulchen ohne sich völlig zu trennen etwas auseinander und die Schleife sieht dann so aus als wäre sie aus mit ihren Rändern übereinandergelegter Kartenblättern gebildet.

Ein solches Bild ist in Fig. 7 von einem Muskel des Dyticus marginalis abgebildet. Es bedarf nach dem Vorgebrachten für jetzt keiner weiteren Erläuterung, wir werden es aber später auch noch als wichtig für die Zusammensetzung der Muskelsäulchen kennen lernen.

In Bezug auf die in der Fig. 7 sichtbare Querstreifung bemerke ich nur, dass dieselbe einer contrahirten Muskelfaser angehört.

Ich wende mich nun noch einer weiteren Betrachtung der Kerne in den Muskelfasern der Käfer zu. Die bei den Querschnittsbildern besprochene und durch die beigefügten Abbildungen illustrirte verschiedene Anordnung der Muskelkerne bedingt auch meist sehr eclatante Verschiedenheiten der Längenansicht der Muskelfasern. Man soll sich aber bei solchen Untersuchungen nur an gelungene Hämatoxylintinctionen halten, denn nur an solchen sind die Kerne gut zu sehen.

Muskeln, welche ihre Kerne im Innern der Faser enthalten, also die früher unter I 3 und 4, II und III angeführten Fasern zeigen ihre Kerne in Längsreihen geordnet, welche zumeist den Muskel seiner ganzen Länge nach durchsetzen. Ist nur eine solche Längsreihe vorhanden, so liegt dieselbe wie schon gesagt nahe in der Mitte der Faser. Die Kerne erscheinen bald mehr gestreckt, bald gedrungener und folgen oft nach kürzeren, oft nach längeren Intervallen aufeinander. Stellt man das Mikroskop genau auf den optischen Längsschnitt einer solchen Kernreihe ein, so hat man den Eindruck, dass die Kerne durch Sarkoplasma zu einem zusammenhängenden die Muskelfaser durchziehenden Strang verbunden sind. Das ist namentlich der Fall, wenn in dem

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

die Kerne verbindendem Sarkoplasma grössere und dichter gelagerte Körnchen vorhanden sind, diese letzteren fehlen aber oft in dem um die Kerne liegenden Sarkoplasma ebenso, wie in dem zwischen die Muskelsäulchen eindringenden Sarkoplasmalagen. Dann hat man den Eindruck, als ob die Kerne in einem die Muskelfaser durchziehendem Canale stecken würden. Oft nehmen die Kerne nicht die ganze Breite des Stranges ein und ist das Sarkoplasma ebenso wie an den Polen der Kerne auch an ihren Seiten sichtbar, oft aber sind die Kerne so breit wie der Strang selbst und scheinen dann nur an ihren Polen durch Sarkoplasma verbunden. Ein Muskelfaden dieser Art von *Staphylinus caesareus* ist in Fig. 8 abgebildet. In demselben sind die Schichten *Z*, *E*, *N*, *J* und *Q* durch die Färbung ausgezeichnet differenzirt und ebenso die hier besonders gestreckt erscheinenden Kerne und das die Kerne verbindende Sarkoplasma. Gerade bei sehr gestreckten Kernen kommt es vor, dass die Kerne die ganze Breite des Stranges einnehmen. Man sieht, dass nur die Schichten *E* und *J* und das Sarkoplasma ungefärbt geblieben sind.

Die Muskeln von *Staphylinus caesareus* lassen sich mit sehr geringer Mühe vor Überfärbung bewahren und bieten dann so scharfe Bilder, wie das dargestellte. Sind mehrere Längsreihen von Kernen in derselben Muskelfaser vorhanden, dann liegen dieselben meist in verschiedenen Tiefen und nur selten liegt eine Muskelfaser so, dass man zwei Längsreihen neben einander gleichzeitig in scharfer Einstellung wahrnehmen kann. Man muss dann auf die in verschiedener Tiefe liegenden Kernreihen besonders einstellen, um ganz ähnliche Bilder zu erhalten, wie wir es früher beschrieben und abgebildet haben. Verfolgt man die Kernreihen an Muskelfasern, die man auf lange Strecken hin isolirt hat, so sieht man, dass die Kernreihen nicht immer in derselben Ebene bleiben, sondern häufig leicht geschwungen verlaufen. Es ist das namentlich an dickeren Fasern, welche mehrere Kernreihen enthalten, der Fall. Man sieht dann auch gelegentlich, dass zwei Kernreihen unter spitzen Winkeln sich gegen einander neigen und in eine Kernreihe, die aber wieder nur einzelne hintereinander aufgereihte Kerne enthält, übergehen.

Selten beobachtet man die Kerne in doppelter Längsreihe in demselben Sarkoplasmastrang, dann treffen die Kerne beider Reihen gewöhnlich in der Querrichtung nicht aufeinander, in einzelnen Fällen beobachtete ich sogar ein sehr regelmässiges Alterniren der Kerne beider Streifen, so dass der Kern der einen Reihe mit seinem grössten Breitendurchmesser in den Zwischenraum zweier Kerne der nebenliegenden Reihe fiel. Eine Grundbedingung guter Bilder ist aber immer die richtige Färbung, die sich zwar bei allen Muskeln, aber oft mit nicht geringer Mühe, treffen lässt.

Bilder, die dem in Fig. 8 dargestellten gleichen, hat schon Ranvier[1] sehr gut beschrieben. Er sagt: „Chez certains insectes du genre des carabiques, régulièrement chez les cicindelles et fréquemment chez les hydrophiles, les noyaux musculaires occupent le centre même du faisceau. Ils sont placés au millieu de la fibre dans une sorte de canal central, entouré d'une zone de substance granuleuse, et sont placés les unes andessus des autres, comme les grains successifs d'un chapelet.“

Ich kann nur der Angabe Ranvier's, dass auch die Muskeln der Hydrophiliden solche Kernstränge im Innern besitzen, nicht beistimmen. Bei den Hydrophiliden befinden sich die Kerne, wie früher an Querschnitten gezeigt wurde, an der Oberfläche der Faser und es soll bald erwähnt werden, welche Erscheinung zu der Täuschung veranlassen kann, dass bei den Hydrophiliden ein gleiches Bild, wie bei den Carabiden und Cicindeliden zu beobachten sei.

In rein descriptivem Sinne könnte man als das gerade Gegentheil der Muskeln mit Kernreihen im Innern jene Muskeln bezeichnen, deren Kerne an der Oberfläche sitzen, und zwar einzeln und in Bezug auf ihre Abstände in der Richtung der Axe und in der Peripherie der Muskelfaser mehr oder weniger regelmässig vertheilt.

Eine Faser dieser Art von *Hister quadrimaculatus* ist in Fig. 9 abgebildet.

Man sieht die Kerne solcher Fasern im Profil oder Halbprofil am Rande der Fasern 1, 2, 3, Fig. 9. Oder man sieht sie an der oberen oder unteren Oberfläche der Muskelfaser, also im letzteren Falle durch die

[1] Ranvier, Leçons d'anatomie générale sur le système musculaire, p. 71. Paris 1880.

Substanz der Muskelfaser hiedurch 4, 5, Fig. 9. Begreiflicherweise sieht man dann die in verschiedenen Ebenen liegenden Kerne nicht bei derselben Einstellung des Mikroskopes deutlich, sondern nur jene, die gerade in die Einstellebene fallen, die darunter und darüber liegenden aber als dunkle, schlecht begrenzte und verwaschene Flecken. Dieses Bild und die Möglichkeit, successive auf die verschieden gelagerten Kerne so einzustellen, dass man sie nach einander alle scharf begrenzt wahrnimmt, belehrt uns aber im einzelnen Falle gerade über die in Wirklichkeit vorhandene Anordnung der Kerne.

Bei den Muskelfasern, welche ihre Kerne an der Oberfläche haben, kommt aber häufig auch noch eine anderes Bild zur Beobachtung. Die Kerne stehen nicht vereinzelnt wie in Fig. 9, sondern in kürzeren oder längeren, oft auch hier über die ganze Faser hinlaufenden Längsreihen geordnet. Es ist das für die Muskelfasern von *Hydrophilus* eine längst bekannte und oft berührte Thatsache. Solche Längsreihen an der Oberfläche treten aber dann immer combinirt mit discret stehenden Kernen an der Oberfläche auf. Fig. 10 stellt eine Muskelfaser von *Otiorrhynchus planatus* dar, an welcher man Längsreihen von Kernen im Profil (1 und 2) und discret stehende Kerne an der oberen (3 und 4) und an der unteren (5) Seite der Faser wahrnimmt.

Die Kerne erscheinen in dieser Figur gross oval und stark prominirend.

Durch das Vorhandensein solcher Kerne zeichnen sich der genannte Rüsselkäfer und einige andere *Otiorrhynchus*-Arten in ganz hervorragender Weise aus, so dass ich bei keinem der vielen anderen untersuchten Käfer etwas Ähnliches zu sehen bekam. Über die sehr auffallenden inneren Structurverhältnisse dieser grossen Kerne, die übrigens ebenso an den kleineren Kernen anderer Käfer namentlich *Staphylinus caesareus* und *similis*, *Nebria Dahli*, *Pterostichus metallicus* beobachtet wurde, sowie über die sehr wechselnde Beschaffenheit der Muskelkerne bei verschiedenen Käfern und die Formveränderung der Kerne bei der Muskelcontraction, will ich nur bemerken, dass mir alle diese Dinge nicht entgangen sind, dass ich aber erst in späterer Zeit diese Beobachtungen über die Structur der Kerne selbst zu verwerthen gedenke. Kernreihen an der Oberfläche sind — um zu unserem eigentlichen Gegenstande zurückzukehren — häufig zu beobachten bei den Muskeln der Hydrophiliden, Scarabaeiden, Elateriden, Curculioniden, Cerambyciden, Chrysomeliden. Bei den Hydrophiliden haben offenbar diese Kernreihen an der Oberfläche Ranvier zu seiner früher von uns angefochtenen Angabe über die Hydrophilidenmuskeln verführt.

Es bedarf in der That, wenn die Kernreihe sich nicht gerade im Profile präsentirt, sondern über den nach oben oder nach unten liegenden Theil der Oberfläche der Muskelsubstanz hinzieht, grosser Aufmerksamkeit und wiederholter Änderungen der Einstellung, um nicht in den Glauben zu verfallen, dass eine solche Kernreihe im Innern der Faser sich befinde.

Die verfänglichsten Objecte für die Entscheidung der Lage der Kerne in den Muskelfasern sind, so lange man sich auf die Untersuchung isolirter Fasern allein beschränkt, die unter I, 4 angeführten Muskelfasern, in denen kurzabgebrochene Kernstränge oder einzelne Kerne in dem Innern der Fasern mit eben solchen auf der Oberfläche concurriren.

Solche Fasern verrathen sich durch die Schwierigkeiten, auf welche man bei der Bestimmung der Lage der Kerne mittelst der Änderung der Einstellung stösst. Querschnitte zur Sicherung der auf der Längenansicht der Muskelfaser gemachten Beobachtungen sind hier unumgänglich nothwendig.

Nachfolgend werde ich jetzt noch eine vorläufige Übersicht über das Vorkommen der verschiedenen Kernvertheilung in den Muskelfasern der untersuchten Käfer geben. Zu dieser Übersicht habe ich zu bemerken, dass sie sich auf Hämatoxylintinctionen von zahlreichen Faserquerschnitten und Fasern stützt, die unter methodischer Durchmusterung [1] der Skelettmuskeln der untersuchten Käfer gewonnen wurden.

Nichtsdestoweniger möchte ich sie nur als den ersten Entwurf dieses Theiles der vergleichenden Histologie der Skelettmuskeln der Käfer angesehen wissen, der durch die nothwendigen aber noch fehlenden descriptiv- und topographisch-anatomischen Untersuchungen und durch die Ausdehnung der Untersuchung auf noch viel

[1] Vergleiche 1. Theil, p. 7 [87].

mehr Repräsentanten von Familien und Gattungen[1] und vielleicht unter Berücksichtigung des Lebensalters der einzelnen Individuen, insbesondere der Zeit nach Vollendung des Larvenstadiums erst zum giltigen Abschlusse gebracht werden müsste.

Mir ist es vorläufig darum zu thun, dass sich ergebe, dass man aus Beobachtungen, welche an einem oder dem anderen Käfer gemacht werden, nicht Schlüsse auf das Vorkommen bei anderen Käfern machen darf. Die vergleichend histologischen Mittheilungen, welche ich gemacht habe, und die durch die folgende Übersicht erweitert werden sollen, haben nicht blos an sich, wie alle vergleichend anatomischen Erfahrungen ihren Werth. Sie sind auch, wie ich schon früher angedeutet habe, wichtig in Bezug auf eine Reihe von physiologischen Versuchen, die sich an Käfermuskeln anstellen lassen, und die in sehr engem Zusammenhange mit Fragen der allgemeinen Muskelphysiologie stehen.

In der Übersicht, die sich auf das im 1. Theile, p. 9 [89], 10 [90] und 11 [91] gegebene Verzeichniss der untersuchten Käfer bezieht, werde ich die Familien und wo es nothwendig ist, noch einzelne Gattungen anführen. Der Beisatz gleichartige Muskeln bedeutet, dass in jeder der vorausgehend angeführten Familien bei jeder bestimmten Species in der gesammten Musculatur des Skelettes nur eine Art von Muskelfasern, nach einem der früher angeführten Typen gebaut, vorgefunden wurde. Der Beisatz zweierlei Muskeln bedeutet, dass bei demselben Käfer zweierlei Arten von Muskelfasern in den Skelettmuskeln vorgefunden wurden. Darauffolgend wird die bei den betreffenden Familien und Gattungen beobachtete Kernanordnung angeführt werden.

Diejenigen Familien, innerhalb welcher bei einzelnen Gattungen Verschiedenheiten herrschen, oder von welchen nur eine Gattung untersucht wurde, sind unter Klammern angeführt und die betreffenden Gattungen daneben geschrieben.

1. Gleichartige Muskelfasern mit Kernen an der Oberfläche besitzen: die Hydrophiliden; Sphaeridiiden; (Staphyliniden) *Anthophagus*; Nitiduliden; Dermestiden; (Cistelliden) *Byrrhus*; Histeriden; Lucaniden; Scarabaeiden; (Buprestiden) *Trachys*; (Elateriden) *Melanotus* und *Corymbites*; Byrrhiden; Alleculiden; Lagriiden; Meloiden; Curculioniden; Apioniden, Rhynchitiden; Hylesiniden; Tomiciden; Cerambyciden; (Chrysomeliden) mit Ausnahme der unter 3 angeführten.

2. Gleichartige Muskelfasern mit Kernsträngen im Innern besitzen: die Cicindeliden; Carabiden; Dyticiden; Gyriniden; (Staphyliniden) *Staphylinus*; (Buprestiden) *Anthaxia*; (Elateriden) *Lacon*; Cantharidien; Pyrochroiden; Mordelliden; Oedemeriden; Pythiden; Coccinelliden.

3. Zweierlei Muskelfasern, bei den einen die Kerne an der Oberfläche, bei den andern Kernstränge im Innern, besitzen: die (Staphyliniden) *Aleochara*; (Elateriden) *Elater, Cardiophorus, Athous, Agriotes* und *Dolopius*; (Cleriden) *Cleroides*; (Chrysomeliden) *Donacia, Plateumaris, Crioceris.*

4. Zweierlei Muskelfasern, bei den einen die Kerne an der Oberfläche, bei den anderen vereinzelnte Kerne oder kurze Kernstränge in verschiedenen Tiefen der Faser besitzen: die Tenebrioniden.

5. Muskelfasern mit Kernsträngen im Innern, und zwar in gewissen Fasern lange, die ganze Faser durchziehende Stränge in beschränkter Zahl, in anderen Fasern sehr zahlreiche kürzere Kernstränge besitzen: (die Silphiden) *Phosphuga, Thanatophilus, Silpha, Necrophorus*; bei der ebenfalls zu den Silphiden gehörigen Gattung *Choleva* finden sich zweierlei Muskelfasern, und zwar in überwiegender Anzahl solche, welche die Kerne an der Oberfläche haben, in geringerer Anzahl solche, welche kurze Kernstränge und vereinzelnte Kerne im Innern besitzen.

6. Bei (den Dryopiden) *Dryops*; (Cisteliden) *Cistella*; (Cleriden) *Clerus*, deren Muskeln sehr kernreich sind, beobachtete ich Fasern mit langen Kernsträngen im Innern; Fasern mit kurzen Kernsträngen und vereinzelnten Kernen in allen Tiefen, die zugleich eine beträchtlichere Zahl von Kernen an der Oberfläche zeigten; endlich Fasern mit Kernen an der Oberfläche.

---

[1] In dem Catalogus coleopterorum Europae et Caucasi. Auctoribus Dr. L. v. Heyden, E. Reitter et J. Weisse. Ed. III. Berolini 1883, sind 80 Familien und über 2700 Gattungen von Coleopteren angeführt.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wie eine Vergleichung der gegebenen Übersicht mit dem citirten Käferverzeichniss des ersten Theiles ergeben wird, sind die Muskeln der meisten der dort angeführten Käfer auch auf die Anordnung der Kerne untersucht worden.

Aus den Mittheilungen über Form und Anordnung der Muskelsäulchen und über die Anordnung der Kerne, welche ich gemacht habe, geht hervor, dass bei den Käfern eine überaus grosse Mannigfaltigkeit des Muskelbaues realisirt ist, eine Mannigfaltigkeit, die sich kaum beherrschen liesse, wenn nicht bei einzelnen Familien und Gattungen nur ein bestimmter Typus von Fasern angetroffen würde.

Ranvier, welcher der Anordnung der Kerne in den Muskeln noch die meiste Aufmerksamkeit geschenkt hat und dessen Angabe über die Käfermuskeln wir oben angeführt haben, kommt an einer späteren Stelle seines Buches[1] noch einmal darauf zurück.

Er führt dort an, dass die Lage der Kerne bei den Cicindeliden jener analog sei, welche sich in den Herzmuskelfasern und in den glatten Muskelfasern vorfindet und dass die Ordnung der Kerne zu einer die Mitte des Muskels durchziehenden Längsreihe eine Erscheinung sei, welche auch an quergestreiften Muskelfasern höherer Thiere (der Säugethiere) während der Entwicklung beobachtet werde.

Bei den Reptilien, Batrachiern und einer Anzahl von Vögeln seien die Kerne in den entwickelten Muskelfasern zwar nicht in Reihen geordnet, aber doch zerstreut im Innern vorhanden. Bei den Säugethieren mit rothen und weissen Muskeln zeige es sich, dass in den rothen Muskeln (z. B. dem Semitendinosus vom Kaninchen) zwar viele Kerne an der Oberfläche, immer aber auch einige im Innern sich befinden, während in den weissen Muskeln (z. B. dem Adductor magnus des Kaninchens) stets alle Kerne an der Oberfläche gefunden werden.

Das Letztere sei in allen Muskeln des Hundes und des Menschen (die aber roth sind [der Verfasser]) auch der Fall.

Ranvier glaubt aus diesen Beobachtungen schliessen zu können, dass je kernreicher eine Muskelfaser ist, sie um so näher dem embryonalen Stadium sich befinde.

Um so weniger sei sie aber auch physiologisch differenzirt.

In physiologischer Beziehung stehen aber Ranvier die flinken Muskeln höher, als die trägen, also beim Kaninchen die weissen höher als die rothen.

„Les muscles pâles“, sagt er, „dont la contraction se produit avec rapidité, brusquerie, énergie, et qui peuvent répéter cette dernière à très-brefs intervalles, sont, par exemple, ceux de tous qui ont le moins de noyaux pour un même volume de substance musculaire proprement dite.“ Und weiter folgt die Bemerkung: „plus les noyaux musculaires sont rapprochés de la périphérie du faisceau primitif, c'est-à-dire reportés vers le sarcolemme au fur et à mesure du developpement, plus le muscle lui-même presente une organisation avancée et complète“.

Mit dieser Auffassung Ranvier's sind die an Käfermuskeln zu ermittelnden Thatsachen nicht in Einklang zu bringen, denn ich habe schon gezeigt[2] und werde in demnächst zu veröffentlichenden Mittheilungen noch ausführlicher darthun, dass die Dyticidenmuskeln, welche Kernstränge in ihrem Innern enthalten, rasch zucken, dagegen die Muskeln der Hydrophiliden und Scarabaeiden, welche ihre Kerne an der Oberfläche haben, eine gedehnte Zuckungscurve besitzen. Die letzteren setzen schon wenige Einzelzuckungen in der Secunde zu einem vollkommenen Tetanus zusammen, während die rasch zuckenden Dyticidenmuskeln erst bei höherer Frequenz der Einzelzuckungen einen vollkommenen Tetanus geben.

IV. Bei den Wespen (*Vespa crabro* und *germanica*, *Polistes gallica*), bei der Biene und bei der Hummel finden sich und zwar in allen Muskeln des Skelettes Muskelfasern mit radiär gestellten, verlängerten Cohnheim'schen Feldern und Kernreihen im Innern.

---

[1] Ranvier, l. c. p. 228.

[2] A. Rollett, Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. LXXXIX, Abth. III, 1884, p. 346.

Am häufigsten beobachtet man bei den genannten Thieren einen und sehr häufig auch zwei solcher Kernstränge in einer Muskelfaser. Ist nur ein Kernstrang vorhanden, so steht dieser nahe in der Mitte der Faser; sind zwei Kernstränge vorhanden, so erhält man auf dem Querschnitt ein Bild, welches dem in Fig. 5 abgebildeten Querschnitte sehr ähnlich ist. Sehr selten beobachtete ich drei Kernstränge in derselben Faser.

Bei zwei verschiedenen Species von Ameisen fand ich die Muskeln nach demselben Typus gebaut, wie bei den früher genannten Thieren. Es waren kleine Ameisenspecies mit Muskeln von kleinem Querschnitt und immer nur einen Kernstrang in der Mitte. Die Muskeln der genannten Hymenopteren stimmen also mit den unter II angeführten Käfermuskeln überein. Durch Säure allein oder durch Säure nach vorausgehender Vergoldung isolirte Scheiben der Muskeln der genannten Hymenopteren zeigen demgemäss auch ein den Scheiben aus den entsprechenden Käfermuskeln (I. Theil, p. 36 [116], Fig. 17 C) völlig analoges Bild.

V. Sehr eigenthümliche Verhältnisse finden sich bei den Muskeln der Fliegen *(Musca domestica* und *vomitoria, Sarcophaga carnaria).* Eine sehr ungenügende Beschreibung und höchst schematische Abbildung des Querschnittes von Fliegenmuskeln findet sich schon bei Amici.[1] Darnach erscheint in der Mitte des Querschnittes der Durchschnitt eines die Kerne enthaltenden Centralcanales der Faser. Dieser ist aber umgeben von den ringförmigen Durchschnitten mehrerer scheidenartig um den Centralcanal gelagerter und alternirender Schichten, von welchen die einen aus weichem zelligen Gewebe bestehen sollen, während die anderen von radiär verlaufenden, dicht stehenden Fäden durchzogen sind. Den Querschnitt des Centralcanales soll zunächst eine zellige Schichte umgeben, darauf soll nach aussen eine radiär gestreifte Schichte, dann wieder eine zellige, auf diese noch einmal eine radiär gestreifte Schichte und endlich der doppelt contourirte Durchschnitt einer äusseren Hülle folgen.

Anschliessend an seine Untersuchungen vergoldeter Muskeln von Dyticus hat dann Retzius[2] viel mehr entsprechende Darstellungen von Querschnitten vergoldeter Muskeln von *Musca* und *Oestrus* gegeben und dieselben mit folgenden kurzen Worten begleitet: „Bei ihnen" (*Musca* und *Oestrus*) „findet man wie bei *Dyticus,* an den Querdurchschnitten (Taf. II, Fig. 35, 36, 38) centrale Zellenreihen mit zwei, drei oder vier ausstrahlenden Flügelfortsätzen, sowie von diesen federartig radiirende Fäden; an den letzteren sind aber bei den fraglichen Dipteren die Knoten in einer oder zwei concentrischen Reihen oder Zonen angeordnet."

Für das Verständniss der Säurebilder und Goldsäurebilder der Fliegenmuskeln ist es aber vor Allem nothwendig, sich über das Querschnittsbild der Fasern zu orientiren, welches man auf Durchschnitten gefrorener oder gehärteter Muskeln beobachten kann. Ganz ausgezeichnet dienen hier wieder gelungene, mit Hämatoxylin gefärbte Präparate.

Die Cohnheim'schen Felder sind bei den Fliegenmuskeln verlängert und mit ihrem langen Durchmesser radiär gestellt und die Kerne bilden Längsreihen im Innern der Faser.

Was aber die Fliegenmuskeln ganz besonders auszeichnet, ist, dass die Cohnheim'schen Felder zu gürtelförmigen Reihen geordnet erscheinen. Diese Gürtel umschliessen entweder das die Kernreihen enthaltende Sarkoplasma, oder es tritt um diesen inneren Gürtel und von diesem durch eine ebenfalls gürtelförmige Lage von Sarkoplasma getrennt, ein zweiter äusserer Gürtel auf. Von diesem wieder durch Sarkoplasma getrennt, kommt in bestimmten Fasern noch ein die beiden anderen Gürtel umfassender dritter Gürtel vor; endlich manchmal auch noch ein vierter.

Bei allen früher genannten Fliegen habe ich Fasern mit solcher Abwechslung gefunden, wenn ich die aus dem Bruststück zu den Hüften und Schenkeln der drei Beinpaare hinlaufenden Muskeln auf Querschnitten untersuchte. Ich bettete zu dem Ende gewöhnlich nach Entfernung des Kopfes, des Abdomen und der Flügel das ganze Bruststück ein und machte die Schnitte theils senkrecht auf die Körperaxe, theils parallel der Bauchfläche, wobei immer andere Muskeln quer getroffen werden. Wenn man solche Schnitte mit einander vergleicht,

---

[1] Amici („Il Tempo". Giornale ital. di medic. etc. Firenze 1858. Anno I. Vol. II, p. 328), übersetzt von Lambl, Virchow's Archiv, Bd. XVI, p. 414. Berlin 1859.

[2] Retzius, Biologische Untersuchungen, 1881, p. 16, Taf. II, Fig. 35, 36 u. 38.

wird man finden, dass die vielgürteligen Querschnitte in bestimmten Muskeln vereinigt vorkommen, während wieder andere Muskeln, und zwar die Mehrzahl, aus Muskelfasern sich zusammensetzen, welche weniger solche Gürtel auf dem Querschnitte aufweisen.

Der innerste Gürtel weicht in seiner Form von den äusseren Gürteln gewöhnlich etwas stärker ab.

Es herrscht aber hier eine sehr grosse Mannigfaltigkeit auf den einzelnen Faserquerschnitten.

Fig. 11 *A* ist ein Beispiel für einen zweigürteligen Faserquerschnitt, welcher nach einem gelungenen Hämatoxylinpräparate bei Reichert homogene Imm. $^1/_{20}$ möglichst naturgetreu dargestellt wurde.

Er entstammt einer Faser, welche zwei Kernreihen in ihrem Innern enthielt. Ein Fall, der zwar nicht so häufig vorzukommen scheint als nur eine Kernreihe im Innern, die gewöhnlich nahe der Mitte der Faser vorhanden ist, der aber gar nicht selten beobachtet wird, während nur selten drei Kernreihen in derselben Faser beobachtet werden.

Die stark blaugefärbten Kerne (Fig. 11 *A*) *k, k* liegen in einer grösseren Sarkoplasmaanhäufung, die unmittelbar um den Kern einen leicht tingirten Hof *H* desselben erkennen lässt. Es gehen von diesem Sarkoplasma um den Kern Fortsätze ab, welche theils zu einer die Sarkoplasmaanhäufungen an beiden Kernen verbindenden breiten Brücke zusammenfliessen, theils gegen die Peripherie hin ausstrahlen um nach kürzerem oder längerem Verlauf zu endigen.

Die eigenthümliche Figur, welche so das centrale Sarkoplasma (Fig. 11 *A*) *Spc* der Muskelfaser bildet, ist nun umgeben von dem innersten Gürtel (Fig. 11 *A*) G^{I}, G^{I} der radiär gestellten verlängerten Cohnheim'schen Felder.

Um die nach links abgehenden Ausläufer der centralen Figur sind die Cohnheim'schen Felder dieses Gürtels federartig angeordnet. Die innere Grenze dieses Gürtels zeigt Vorsprünge und Buchten, von welchen die ersteren Buchten, die letzteren Vorsprüngen der ebenfalls wellig geschwungenen äusseren Grenze des inneren Gürtels entsprechen. Buchten und Vorsprünge der äusseren Grenze sind flacher als jene der inneren Grenze des Gürtels, was davon herrührt, dass die in der gürtelförmigen Reihe liegenden Cohnheim'schen Felder eine wechselnde Länge in radiärer Richtung besitzen. Auf die äussere Grenze des inneren Gürtels folgt eine die Form jener Grenze nachahmende Lage von Sarkoplasma (Fig. 11 *A*) Sp^{I}, Sp^{I} und auf diese der zweite äussere Gürtel (Fig. II *A*) G^{II}, G^{II} der in Bezug auf die Form seiner inneren Grenze sich der äusseren Grenze des inneren Gürtels ziemlich genau anschliesst, weil die dünne Sarkoplasmalage zwischen beiden Gürteln an allen Stellen ziemlich gleich dick erscheint. Die äussere Grenze des zweiten Gürtels ist wieder flacher buchtig. Ihr schliesst sich nach aussen eine dünne Lage von Sarkoplasma (Fig. 11 *A*) *Sps, Sps* an, welche vom Sarkolemma (Fig. 11 *A*) *Sl, Sl* überzogen wird.

In dem Sarkoplasma, welches innerhalb und ausserhalb und zwischen den gürtelförmigen Reihen von Cohnheim'schen Feldern liegt, erscheinen gröbere und feinere, meist eckige Körner, die sich mit Hämatoxylin schwach tingiren (Fig. 11 *A*). Das in die Zwischenräume der Cohnheim'schen Felder in der Richtung der Radien eindringende Sarkoplasma erscheint dagegen völlig homogen und sowie das die Körner einschliessende Sarkoplasma ungefärbt.

Wir haben nun an der Fig. 11 *A* alles das in Betracht gezogen, worauf man achten soll, wenn man die in Bezug auf Configuration äusserst wechselnden Querschnitte der in den Fliegenmuskeln vorkommenden Fasern untersucht. Eine Auswahl solcher Querschnitte bei mittlerer Vergrösserung (Reichert, Obj. 7, Oc. 3) nach gelungenen, mit Hämatoxylin tingirten Präparaten gezeichnet, stellt Fig. 12 dar. Es sind in diesen Bildern die Kerne und die aus Cohnheim'schen Feldern gebildeten Gürtel dunkel, das centrale Sarkoplasma und die Sarkoplasmagürtel hell gezeichnet, wie man das unter dem Mikroskop auch wirklich wahrnimmt. Die Mannigfaltigkeit der Querschnitte ist mit dieser Auswahl lange nicht erschöpft, sie enthält aber Repräsentanten der wichtigsten Abweichungen. Fig. *a, b, c, d, e* stellen Querschnitte von Fasern mit einer Kernreihe dar. Dieselben zeigen zugleich die wechselnden Durchmesser und die mannigfache Form des äusseren Umrisses der Faserquerschnitte an. In Bezug auf den Umriss ist zu bemerken, dass derselbe bei aller Verschiedenheit immer gerundet erscheint. Polygone mit geraden Seiten und scharfen Winkeln habe ich bei den Fliegen-

Muskeln nicht beobachtet, nur ein oder der andere Querschnitt nähert sich manchmal einem ausgesprochenen Polygone an. Fig. 12*f* entspricht dem Durchschnitte einer Faser mit zwei, Fig. 12*g* dem Durchschnitte einer Faser mit drei Kernreihen. Die Durchschnitte solcher Fasern erscheinen gewöhnlich in der Richtung der Verbindungslinie der Kerne stark verlängert. Sind drei Kernreihen vorhanden, so erscheint gewöhnlich ein Kern in der Mitte zwischen den beiden andern, nur wenig aus der Verbindungslinie der letzteren abweichend. Solche Fasern zeigen ähnliche Formen des Umrisses auf dem Querschnitte, wie die eine Kernreihe besitzenden Fasern Fig. 12 *a, b, c, d, e,* wie aus Fig. 11 *A* zu ersehen ist. Immer erscheinen aber die Querschnitte vieler solcher Fasern ganz eigenthümlich geformt, nämlich als Oblonge mit abgerundeten Winkeln. Fig. 12*f, g*.

Das um die Kerne gelagerte Sarkoplasma läuft in zwei Fig, 12*a* und *g* (am mittleren Kerne), oder in drei Fig. 12 *b, d* u. *f*, und *g* (an den seitlichen Kernen); oder in vier Fortsätze Fig. 12 *c, e* aus. Fig. 12 *a, b, c, f* u. *g* lassen zwei Gürtelreihen von Cohnheim'schen Feldern, wie Fig. 11 *A* erkennen; Fig. 12 *e* zeigt drei; Fig. 12 *d* vier solcher Gürtelreihen, die durch Sarkoplasmalagen geschieden erscheinen. Endlich ist aus den Bildern auch die wechselnde Form der Grenzen der einzelnen Gürtelreihen und die mannigfach wechselnde Dicke sowohl der von den aneinandergereihten Cohnheim'schen Feldern gebildeten Gürtel, als auch die viel weniger wechselnde Dicke der dünnen Sarkoplasmalagen, welche zwischen den Gürtelreihen liegen, zu entnehmen.

Die eigenthümlichen Anordnungen, welche wir nun auf dem Querschnitte der Fliegenmuskeln kennen gelernt haben, bedingen auch besondere Bilder, wenn man diese Muskeln in der Längenansicht betrachtet.

Ein solches Bild ist in Fig. 11 *B* dargestellt, und zwar entspricht es einem optischen Längsschnitte, in welchen genau ein Kernstrang fällt. Man sieht die Faser in breitere und schmälere bandförmige Streifen zerfallen, welche den auf dem Querschnittsbilde wahrgenommenen Lagen entsprechen. Das mittlere Band Fig. 11 *B Spe* entspricht dem centralen Sarkoplasma, die zwei Kerne *k*, welche in der Figur in demselben erscheinen, zeigen sich von dem früher erwähnten gefärbten Hof Fig. 11 *B, H* umgeben, und der Längsschnitt lehrt uns, dass es sich in der That um eine auf die Umgebung jedes einzelnen Kernes beschränkte, stärker tingirte Masse handelt, die aber ohne scharfe Grenze in das übrige Sarkoplasma übergeht. Zwischen den Kernen mit ihren Höfen befindet sich mit grösseren gefärbten Körnern durchsetztes Sarkoplasma. Auf das centrale Sarkoplasma folgt jederseits ein breiterer Streifen. Diese Streifen (Fig. 11 *B*) G^{I}, G^{I} sind leicht als Längsschnitte des inneren Gürtels zu erkennen. Darauf folgt nach aussen jederseits ein heller, schmaler, von Körnern durchsetzter Streifen (Fig. 11 *B*) Sp^{I}, Sp^{I}, die Längsschnitte des Sarkoplasmas, welches den inneren Gürtel von dem äusseren Gürtel, dessen Längsschnitte die Streifen G^{II}, G'' (Fig. 11 *B*) darstellen, trennt.

An der gezeichneten Faser sind die Schichten *Z* und *Q* mit *h* durch die Färbung ausgezeichnet differenzirt. Das Sarkolemma *Sl, Sl* (Fig. 11 *B*) und die unter demselben liegende dünne Lage von Sarkoplasma *Sps, Sps* (Fig. 11 *B*) erscheinen den Schichten *Q*+*J* entsprechend, von der fibrillären Substanz des Muskels abgehoben, während an *Z* das Sarkoplasma noch festhaftet, weswegen die bekannten Gewölbebogen an den Seiten der Faser zu sehen sind. (1. Th., p. 18 [98]). Der in Fig. 11 *B* dargestellte Längsschnitt ist wieder nur ein Beispiel für die Längenansicht eines Fliegenmuskels. Das Bild, welches dieselbe darbietet, ist aber im Allgemeinen ein sehr wechselndes. Und zwar rührt dieser Wechsel von der verschiedenen Form und Zahl der gürtelförmigen Schichten her, die sich an verschiedenen Muskelfasern vorfinden (vgl. Fig. 12), von der verschiedenen Lage, in welcher sich solche Fasern unter dem Mikroskope darbieten und von der Einstellung auf verschiedene optische Längsschnitte der beobachteten Faser. Nach der gegebenen Darstellung wird es aber leicht sein sich in den verschiedenen Bildern der Längenansicht der Fliegenmuskeln zu orientiren.

Es unterliegt ferner die Vertheilung und Grösse der in den gürtelförmigen Sarkoplasmalagen vorhandenen Körner einem merkwürdigen Wechsel, da dieselben oft ziemlich regellos, wie in Fig. 11 *B* in Sp^{I}, Sp^{I} zu beobachten sind, während in anderen Fällen sehr gleichmässig grosse Körner von eckiger Form in Längsreihen geordnet auftreten, und zwar entspricht dann je ein Korn sehr regelmässig seiner Lage nach dem

Streifen *Q*, wie eine solche Anordnung auch Amici[1] in seiner Fig. 2 allerdings wieder nur sehr schematisch dargestellt hat.

Das Bild Fig. 11 *B* wurde ausgewählt, weil sich mit Hilfe desselben die wichtigsten Erscheinungen an den nun zu erwähnenden, mit Säure oder mit Goldchlorid und Säure in analoger Weise veränderten Fliegenmuskeln erläutern lassen.

Aus Gründen, welche ich später bei der Besprechung einer zweiten, den Säurebildern nicht analogen Art von Goldbildern der Muskelfasern anführen will, empfiehlt es sich bei den Fliegenmuskeln vor allem solche Bilder in Betracht zu ziehen, welche man mittelst Säure allein erhalten kann. Ich empfehle dazu wieder die Art der Reaction, welche ich im 1. Theile für Käfermuskeln angegeben habe.

Man sieht dann im Falle starker Säurewirkung (1. Th., p. 35 [115] u. d. folg.) entsprechend den aus den Muskelsäulchen gebildeten Lagen der Muskelfasern (in Fig. 11 *B* G^{I}, G^{I}, G'', G'') die durch feine Fäden verbundenen Knotenreihen I und II ganz ähnlich, wie an den durch Säure veränderten Käfermuskeln auftreten.

In dem centralen Sarkoplasma und in den den Sarkoplasmagürteln des Querschnittes entsprechenden Lagen der Muskelfaser (in Fig. 11 *B* *Spc*, Sp^{1}, Sp^{1}, *Sps*) treten viele stark lichtbrechende Körnchen von variabler Grösse und meist unregelmässiger Anordnung hervor; nur in den Lagen *Sp* nimmt man öfters die schon früher erwähnte regelmässige Reihenordnung gleichmässig grosser Körnchen wahr. Stellt man auf den optischen Längsschnitt einer solchen Sarcoplasmalage (Fig. 11 *B*, Sp^{1}, Sp^{1}) ein, so nimmt sich derselbe an dem durch Säure veränderten Muskel wie ein dunkler, an beiden Seiten unregelmässig ausgezackter Strang aus. Im Allgemeinen entsprechen die nach der quergestreiften Substanz hin gerichteten Spitzen der Zacken den Schichten *Z* der Muskelfaser; die Verengerungen des Stranges zwischen den Zacken den gegen die Mitte des Stranges hin gewölbten Schichten *Q*. Regelmässige, den Schichten *Z* entsprechende rundliche oder ovale Knoten, die der Länge nach durch glatte Fäden verbunden wären, kommen aber für gewöhnlich nicht zu Stande. Man wird nur manchmal durch eine grössere Regelmässigkeit der mit den Schichten *Q* zusammenfallenden seitlichen Buchten des Stranges an eine verstärkte Wiederholung der der Länge nach verbundenen Knoten der Knotenreihen I erinnert. Ein Scheibenzerfall der mit Säure behandelten Fliegenmuskeln ereignet sich regelmässig nicht, nur an den Enden der Fasern treten manchmal Bilder auf, in welchen sich eine stärkere Aufblätterung der Faser in der Richtung der Querstreifen und Bruchstücke des Querschnittbildes beobachten lassen. Es gelingt aber immer leicht, gequollene Fliegenmuskeln auf dem Objectträger so mit dem Scalpell zu zerhacken dass man sich dünne Querschnitte für die mikroskopische Beobachtung verschafft. Das Bild, welches diese darbieten, stimmt mit den Querschnitten gehärteter Muskelfasern (Fig. 11 *B*) sehr gut zusammen.

Man sieht in demselben die langen Cohnheim'schen Felder hell, und durch feine, dunkle Streifen getrennt, welche von dem centralen Sarkoplasma zu der innersten, und von dieser zu der darauffolgenden äusseren, und von dieser zu der unter dem Sarkolemma liegenden gürtelförmigen Sarcoplasmalage sich erstrecken. Analoge Bilder erhält man, wenn nicht bloss zwei, sondern drei und mehr gürtelförmige Sarkoplasmalagen (Fig. 12 *c*, *d*) vorhanden sind.

Auch auf den Querschnitten sieht man im centralen Sarkoplasma und in den gürtelförmigen Sarkoplasmalagen die stark lichtbrechenden Körner. Die Grenzen der gürtelförmigen Sarkoplasmalagen selbst erscheinen unregelmässig, man hat den Eindruck, als ob ein Kranz confluirender Knoten zwischen je zwei der radiär gestreiften Lagen vorhanden wäre. In diesen Kranz pflanzen sich mittelst conisch verbreiterter Enden und in ziemlich gleichen Abständen die radiären dunklen, die Cohnheim'schen Felder trennenden Streifen von der inneren und äusseren Seite her nie. Indem ich die völlige Continuität der gürtelförmigen Sarkoplasmalage besonders betone, mache ich darauf aufmerksam, dass dadurch die Cohnheim'schen Felder je zweier, einander umschliessender Gürtel völlig von einander getrennt erscheinen. Man darf sich also nicht vorstellen, dass die helle Substanz auf dem Muskelquerschnitte von dunklen Streifen durchzogen erscheint, die von dem

[1] L. c.

centralen Sarkoplasma bis zum Sarkolemma hinlaufen, und an der Stelle der dunklen Ringe knotig verdickt erscheinen. Die dunklen Ringe sind vielmehr ganz continuirlich zwischen je zwei einander umgebende radiär gestreifte Gürtel eingelagert und die knotigen Anschwellungen der dunklen Ringe sind bei weitem in geringerer Anzahl vorhanden, als die in radiärer Richtung von innen und von aussen auf den dunklen Ring zulaufenden feinen dunklen Streifen.

An den Säurebildern correspondirenden Goldbildern sieht man alle beschriebenen Verhältnisse so, wie an den Säurebildern, und ich mache darauf aufmerksam, dass Retzius in seinen Figuren 35, 36 und 38 die Nichtübereinstimmung der Anzahl der Knoten der dunklen Ringe des Querschnittes und der Anzahl der feinen radiären Streifen ganz richtig dargestellt hat.

Vielfach habe ich mich bemüht, solche durch Säure veränderte oder analog veränderte vergoldete Muskelfasern aufzusuchen, welche so liegen, dass sie dem Beschauer eine breitere Flächenansicht einer der beschriebenen Sarkoplasmalagen zuwenden, um dann auf eine solche Schichte genau einstellen zu können, und so einen optischen Längsschnitt zu gewinnen, dessen Lage, die in der Richtung der Pfeile in Fig. 11 *A* durch die Faser gelegte Ebene veranschaulichen mag.

Beides gelingt auch nicht schwer. Es ist aber dann immer die Ansicht eines solchen Längsschnittes durch die complicirten, den darunter und darüber liegenden Schichten angehörigen Zeichnungen in hohem Grade gestört und erschwert. Ich vermochte darum nicht zu einem klaren Urtheil über eine etwa vorhandene besondere Differenzierung des Sarkoplasmas in jenen Schichten zu gelangen. Einige Male hatte es aber den Anschein als ob von den stark lichtbrechenden Körnern, die in jenen Sarkoplasmaschichten auftreten, fädige Fortsätze auslaufen würden, welche sich zu einem in der Fläche entwickelten Netzwerke vereinigen.

Vielleicht gelingt es noch, durch andere Methoden hier die erwünschte Klarheit zu schaffen, vorläufig ist aber zu betonen das reichliche Vorkommen von Körnern, welches diese Sarkoplasmaschichten von den zwischen die Cohnheim'schen Felder eindringenden, radiär gestellten Sarkoplasmawänden, in welchen jene Körner völlig fehlen, auszeichnet.

An Fliegenmuskeln habe ich bisher leider keine Experimente anstellen können.

Dieselben wären sehr wünschenswerth, da sie zur Prüfung einer sehr nahe liegenden Vermuthung über die Bedeutung des eigenthümlichen Baues der Muskelfasern der Fliegen führen würden.

Man nimmt jetzt allgemein an, dass nur die Verkürzung der Muskelfasern ein activer, durch die im Muskel selbst erzeugten Kräfte bedingter Vorgang sei, dass dagegen die Wiederverlängerung der Fasern passiv, d. i. durch Kräfte erfolgt, die ausserhalb des Muskels ihren Sitz haben (eigenes Gewicht der Muskeln, Schwere der Gliedmassen, an welchen die Muskeln angreifen, elastischer oder thätiger Zug der Antogonisten). Während des Ablaufes der Lebenserscheinungen am thierischen Körper haben die sich contrahirenden Muskeln solche Kräfte immer zu überwinden, die, wenn die Contraction aufhört, für die Wiederverlängerung der Muskeln thätig sind.

Man könnte sich nun denken, dass die scheidenförmigen Inscriptionen verdichteter Sarkoplasmalagen in den Muskelfasern der Fliegen nur eine besondere Form solcher Belastung der Muskelfasern darstellen, und dass dieselben bewirken, dass eine solche Muskelfaser nach dem Aufhören der Contraction sich auch anscheinend selbstthätig wieder verlängert. Ich sage anscheinend, denn die Verlängerung würde doch nur durch die bei der Verkürzung des Muskels entwickelten Kräfte, von welchen ein Theil zur Spannung der Sarkoplasmascheiden verwendet wurde, bewirkt werden.

Eine solche theilweise Transformation der bei der Contraction entwickelten kinetischen Energie in potentielle Energie, die ihrerseits wieder nach dem Aufhören der Erregung in kinetische Energie der Wiederverlängerung der Muskelfasern zurückverwandelt würde, könnte aber möglicherweise einen in die Functionen des locomotorischen Apparates bestimmter Thiere eingreifenden Ersatz für den Ausfall von Leistungen bilden, welche sonst von der Schwere oder dem Zug antagonistischer Muskeln besorgt werden.

Würde sich unsere Vermuthung für die Fliegenmuskeln als begründet herausstellen, dann würde damit auch der Frage näher getreten sein, ob nicht auch bei verschiedenen anderen Muskeln eine verschiedene

Anordnung und verschiedene Grade von Plasticität oder elastischer Resistenz des Sarkoplasmas eine bestimmte Rolle in den Leistungen derselben spielen.

VI. Bei den Krebsen (*Astacus fluviatilis, Homarus vulgaris, Maja squinado*, einer *Palaemon*-Art), findet sich, wie Querschnitte zeigen, unter dem Sarkolemma der Muskelfasern eine verhältnissmässig dicke Sarkoplasmalage, von dieser gehen mittelst conischer Ansätze eine beschränkte Anzahl von starken Sarkoplasmabalken (Balken 1. Ordnung) aus, welche theils netzartig zusammentreten, theils sich baumförmig in die gleich zu erwähnenden, kleineren Balken auflösen, und so den ganzen Querschnitt mehr oder weniger vollkommen in eine kleine Anzahl grosser Felder theilen (Felder 1. Ordnung). Von dem Sarkoplasma an der Oberfläche entspringen ferner zwischen den Ansätzen der grossen Balken und ebenso von den grossen Balken selbst, wieder mit conischen Ansätzen, die aber entsprechend kleiner sind, kleinere Sarkoplasmabalken (Balken 2. Ordnung), die wieder theils netzartig zusammentreten, theils baumförmig sich in kleinere Balken auflösen, und die grossen Felder wieder mehr oder weniger vollkommen in eine Anzahl kleinerer Felder abtheilen (Felder 2. Ordnung). Endlich entspringen sowohl von dem Sarkoplasma an der Oberfläche, als auch von den Balken 1. und 2. Ordnung wieder kleinere, zu einem Netz zusammentretende Balken (Balken 3. Ordnung), welche die Felder 2. Ordnung sehr vollkommen in eine Anzahl noch kleinerer Felder abtheilen, (Felder 3. Ordnung), die Cohnheim'schen Felder. Die letzteren sind polygonal, meist fünfeckig und von geraden Seiten, die in scharfen Winkeln zusammenstossen begrenzt, worauf ich schon früher hingewiesen habe.

Die Kerne der Muskelfasern sitzen zerstreut in dem Sarcoplasma an der Oberfläche und im Inneren in den Balken 1. Ordnung. Auf dem Querschnitte von mit Säure behandelten Muskelfasern der Krebse oder an den den Säurebildern analogen Goldbildern des Querschnittes[1] nimmt man in Bezug auf Anordnung des Sarcoplasmas und Form der Cohnheim'schen Felder ganz analoge Verhältnisse wahr, wie wir sie eben nach Querschnitten gehärteter Muskeln beschrieben haben.

V.

Über Muskelsäulchen und Muskelfibrillen.

Die Lehre, dass der Inhalt der Muskelfaser selbst wieder einen faserigen Bau besitze, ist eine sehr alte. Wenn man auch von den Angaben absehen wollte, die von Hook[2] bis auf Ficinus[3] über die Muskelfäserchen gemacht wurden, müsste man wenigstens bis Schwann zurückgehen, wenn man eine Darstellung der Geschichte der Muskelfibrille geben wollte. Der letztere hat die Resultate seiner Untersuchungen über die Muskelfibrillen in Joh. Müller's Handbuch der Physiologie des Menschen (II. Bd., 1. Abth., Coblenz 1837, p. 33) niedergelegt, während in seinen berühmten „mikroskopischen Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen" sich nur wenig darüber vorfindet. Eine eingehende Besprechung widmete bald darnach auch Bowman[4] den Muskelfibrillen, über welche in der darauffolgenden Zeit eine grosse Menge von Angaben und Bemerkungen in der Literatur sich vorfinden,[5] die ihren Bau und die Frage, ob sie präformirte Bestandtheile oder artefacte Spaltungsproducte der Muskelfasern seien, betreffen.

---

[1] Vergl. Retzius l. c. p. 17, Taf. II, Fig. 43.

[2] Muys, Investigatio fabricae, quae in partibus musculos componentibus extat Lugd. Batav. 1741. Nach dessen Zeugniss Hook die Muskelfäserchen entdeckte.

[3] Ficinus, De fibrae muscularis forma et structura. Lipsiae 1836.

[4] Bowman, Philosophical Transactions of the royal society of London for the yaar 1840, Part. II. London 1840, p. 463—466.

[5] Vergleiche unter Anderen: Remak, Müller's Archiv, 1843, p. 187; Sharpey in Quain's Anatomy, 5. ed., part. II. London 1846; Carpenter, Manual of physiology. London 1846; Quekett, A practical treatise on the use of microscope. London 1848; Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt 1857, p. 44; A. Rollett, Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Cl. der Wiener Akademie, Bd. XXIV, 1857, p. 301 u. d. f.

Digitized by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

In ein ganz neues Stadium hätte die Lehre vom faserigen Bau des Muskelinhaltes durch den Nachweis[1] der Cohnheim'schen Felder des Faserquerschnittes und durch die an Cohnheim's Entdeckung anknüpfenden Arbeiten Kölliker's[2] treten sollen, da man durch diese zur Unterscheidung von zweierlei verschiedenen Elementen des faserigen Baues geführt würde, nämlich zu den den Cohnheim'schen Feldern entsprechenden Muskelsäulchen und den diese letzteren zusammensetzenden eigentlichen Fibrillen.

Es ist dann in der That diese Auffassung in vielen späteren Schriften[3] wieder vorgebracht und festgehalten worden. Merkwürdigerweise ist aber auch, nachdem die Cohnheim'schen Felder und die ihnen entsprechenden Muskelsäulchen an vergoldeten Muskeln als ganz besonders abgegrenzte morphologische Elemente die Aufmerksamkeit der Histologen[4] neuerdings auf sich gezogen hatten, doch weder in vergleichend histologischer Beziehung, noch auch in physiologischer Beziehung der richtige Werth darauf gelegt worden.

In den Arbeiten von W. Krause,[5] Flögel,[6] Engelmann[7] und Merkel[8] wird ausschliesslich oder doch in ganz überwiegender Weise nur die Frage der Querstreifung der Muskelfasern behandelt und der faserige Bau der quergestreiften Substanz nur im Sinne der Zusammensetzung derselben aus Fibrillen gelegentlich berührt. Ja, als Engelmann[9] sich einmal besonders veranlasst sah, den faserigen Bau der Substanz der quergestreiften Muskelfaser mit Nachdruck zu vertheidigen, führt er nicht die Thatsache der Existenz der Cohnheim'schen Felder und der ihnen entsprechenden Muskelsäulchen, sondern nur die viel schwerer discutirbare Präformation der Muskelfibrillen ins Treffen.

Ich unterschätze darum nicht das Gewicht der Gründe, welche er dort der Annahme eines flüssigen Aggregatzustandes des Inhaltes der quergestreiften Muskelfaser entgegensetzt. Eine Annahme, die — worin ich Engelmann vollkommen beistimme — trotz der Vertheidigung, welche sie auf Grund physiologischer Erfahrungen schon oft, neuerlich aber namentlich von L. Hermann[10] erfahren hat, doch als unhaltbar bezeichnet werden muss. Ich glaube aber, dass eines der wichtigsten Argumente gegen jene Annahme sich in erster Linie schon aus der Anordnung des Sarkoplasmas und der Form und Anordnung der von demselben auseinandergehaltenen Muskelsäulchen, ganz abgesehen von der weiteren Zusammensetzung der letzteren aus Fibrillen, ergibt.

Wichtig für die sichere Begründung einer solchen Anschauungsweise sind aber dann allerdings ganz vorzugsweise die Resultate vergleichend histologischer Studien, wie wir sie in dem vorausgehenden Abschnitte niedergelegt haben. Die Beobachtungen von Retzius[11] an den Querschnitten vergoldeter Muskeln von *Dyticus marginalis*, einer *Musca*- und *Oestrus*-Art, einer *Locusta*- und *Notonecta*-Art, von *Astacus fluviatilis*, *Triton cristatus* und *Turdus muticus* waren die ersten, welche die weitgehenden eigenthümlichen morphologischen Verschiedenheiten in der Anordnung des Sarkoplasmas und in der Form der Cohnheim'schen Felder bei verschiedenen Thieren zu Tage förderten.

---

[1] Cohnheim, Virchow's Archiv, Bd. 34, 1865, p. 606.

[2] Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie, Bd. 16, 1866, p. 374 und Handbuch der Gewebelehre. Leipzig 1867, p. 151 u. d. f.

[3] Vergleiche Grunmach, Über die Structur der quergestreiften Muskelfasern bei den Insecten. Berlin 1872; Frédéricq, Génération et structure du tissu musculaire. Bruxelles 1875, p. 55.

[4] Biedermann, Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Cl. der Wiener Akademie, Bd. LXXIV, Abth. III, 1876, p. 49; Gerlach, Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. XIII, 1877, p. 399.

[5] W. Krause, Zeitschrift für Biologie, Bd. V, p. 413, Bd. VI, p. 453, Bd. VII, p. 104. München 1869—1871; Pflüger's Archiv, Bd. VII, 1873, p. 508.

[6] Flögel, Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. VIII. Bonn 1872, p. 69.

[7] Engelmann, Pflüger's Archiv, Bd. VII, 1873, p. 33 u. 155, Bd. XVIII, 1878, p. 1, Bd. XXIII, 1880, p. 571, Bd. XXVI 1881, p. 501.

[8] Merkel, Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. VIII, 1872, p. 244, Bd. IX, 1873, p. 293, Bd. XIX, 1881, p. 649.

[9] Engelmann, Pflüger's Archiv, Bd. XXV, 1881, p. 538.

[10] L. Hermann, Handbuch der Physiologie. Leipzig 1879, Bd. I, Th. I, p. 20 u. d. f.

[11] Retzius, Biologische Untersuchungen. 1881, p. 1.

Retzius selbst hat aber seinen Befunden diese Auslegung nicht gegeben, was auf seine an jene Befunde geknüpfte, schon im 1. Theil, III. Abschnitt dieser Abhandlung besprochene besondere Lehre von den sogenannten Querfadennetzen zurückzuführen ist.

Im Nachfolgenden soll nun der faserige Bau des Inhaltes der quergestreiften Muskelfaser mit Rücksicht auf seine Zusammensetzung aus Muskelsäulchen und mit Rücksicht auf die Zusammensetzung der Muskelsäulchen aus Fibrillen besprochen werden. Endlich sollen noch weitere Beweise für die schon im III. Abschnitte (1. Theil) dieser Abhandlung vorgebrachte und dort schon durch mannigfache Gründe unterstützte Annahme gegeben werden, dass die Querstreifung der Muskelfasern auf differente Glieder der Muskelsäulchen, beziehungsweise der dieselben zusammensetzenden Fibrillen zurückgeführt werden muss.

Wenn man lebende Muskelfasern ganz ohne Zusatz im Zustande ihrer natürlichen Durchfeuchtung oder in ganz frischem, unverdünntem Hühnereiweiss untersucht, gelingt es ganz gut, die Anordnung des Sarkoplasmas und die Form der Cohnheim'schen Felder auf dem Querschnitte der Muskelfasern zu sehen.

Bei grösseren Käfern schneide man zu dem Zwecke Stückchen blossgelegter Muskeln rasch aus und breite dieselben mittelst eines leicht aufgedrückten Deckgläschens über einem Objectträger ganz ohne Zusatz aus, was gerade hier leicht möglich ist.

Bei kleineren Käfern, namentlich solchen mit weicherem Chitinpanzer, reisse man den Kopf ab und darauf den Prothorax mit dem ersten Beinpaare und bringe den letzteren rasch in einen schon vorher auf den Objectträger gesetzten Eiweisstropfen, um ihn mittelst Präparirnadeln in demselben in kleinere Stückchen zu zerzupfen. Über diese und die Eiweissschichte, in welcher sie sich befinden, lässt sich dann auch ein Deckgläschen flach und gleichmässig auflegen und nur solche Präparate, bei welchen das möglich wird, sind gut zu brauchen. Ich vermeide den Eiweisszusatz dort, wo es möglich ist und nehme ihn vor, wo er nothwendig ist, weil sich ohne denselben die Muskelstückchen nicht auf dem Objectträger ausbreiten lassen.

Man findet nun in dem einen und in dem anderen Falle die Muskeln sehr häufig noch in lebhaften Contractionen begriffen, die auch genügend lange Zeit andauern und während dieser Zeit Formen und Geschwindigkeiten annehmen,[1] um an denselben die mannigfachsten Beobachtungen anstellen zu können.

Es sind aber begreiflicherweise nicht alle so angestellten Versuche brauchbar und ist, um gelungene Beobachtungen zu machen, eine Geduld und Ausdauer erforderlich, die auch ofte Wiederholung derselben Präparation nicht scheut. Man muss sich vorzüglich solche Objecte auswählen, wo die Muskelfasern in einfacher Lage oder als isolirte Fasern an Stückchen des Chitinpanzers hängend auf dem Objectträger sich vorfinden.

Von solchen Fasern kann man eine Ansicht des Querschnittes in zweierlei Weise erhalten:

Einmal dadurch, dass dieselben ein aufgebogenes freies Ende dem Beschauer zuwenden und man auf die Fläche des Schnittes oder Risses hinsieht; zweitens verlaufen aber auf längere Strecken isolirte Muskelfasern auch in der Weise gebogen, dass es gelingt, auf einen optischen Querschnitt der Faser einzustellen. Man sieht nun an solchen Fasern, während sie sich noch contrahiren, an beiderlei Arten von Querschnitten die Anordnung des Geäders des Sarkoplasma und die Form der Cohnheim'schen Felder, welche nach den Erfahrungen an Säure- oder Goldsäurepräparaten oder an mittelst des Messers angefertigten Querschnitten für die Muskelfasern der betreffenden Käfer charakteristisch sind. Und man kann sich, während die Fasern sich contrahiren, überzeugen, dass das eigenthümliche Bild des Querschnittes während aller Phasen der Contraction erhalten bleibt. Wenn sich nun auch gegen das Querschnittsbild an den Enden der Fasern der Einwand erheben lässt, dass es sich hier um ein mit dem Absterben des künstlichen Querschnittes erst auftretendes Bild handle, welches einem an der sich contrahirenden Faser hängenden todten Ende angehört, so ist dieser Einwurf doch für den optischen Querschnitt einer an der beobachteten Stelle sich oft wiederholt abwechselnd zusammenziehenden und wieder erschlaffenden Muskelfaser nicht mehr möglich.

---

[1] Es sollen diese Thatsachen in einem späteren von der Contraction der Muskelfasern handelnden Abschnitte noch genauer besprochen werden.

Ich muss noch anführen, dass sich der Fall einer für diese Beobachtung günstigen Lage der Muskelfasern bei den früher angegebenen Versuchen an kleinen Käfern ungleich häufiger ereignet als an völlig isolirten Muskelstückchen grösserer Käfer. Ich muss darum jene Versuche besonders empfehlen, obwohl auch bei den Versuchen an grösseren Käfern, wenn dieselben nur in grosser Anzahl angestellt werden, die Gelegenheit zu günstigen Beobachtungen sich oft ergibt.

Ich habe sehr zahlreiche solche Versuche an grossen und kleinen Käfern angestellt und finde in meinen Tagebüchern specielle Aufzeichnungen über solche Versuche an *Cicindella hybrida, Procerus gigas, Orinocarabus hortensis, Carabus cancellatus, Pseudophonus ruficornis, Pterostichus transversalis, Platynus augusticollis, Agonum prasinum, Brachinus crepitans* und *explodens, Platambus maculatus, Hybius gutiger* und *fuliginosus, Dyticus marginalis, Hydrophilus piceus, Staphylinus caesareus, Phosphuga atrata, Byrrhus pilula, Hister quadrimaculatus, Dorcus parallelopipedus, Aphodius granarius* und *fimetarius, Geotrupes sylvaticus, Hoplia squammosa, Melolontha vulgaris, Phyllopertha horticola, Cetonia aurata, Trichius fasciatus, Lacon murinus, Agriotes pilosus, Dolopius marginatus, Cantharis rustica, Ragonycha melanura, Cleroides formicarius, Clerus apiarius, Opatrum sabulosum, Otiorrhynchus carinthiacus* und *gemmatus, Spondylis buprestoides, Prionus coriaceus, Acmaeops collaris, Obrium brunneum, Donacia impressa, Crioceris asparagi, Clytra quadrimaculata, Chrysomela graminis, Melasoma populi, Cassida viridis.*

Ausserdem habe ich die gleichen Versuche an den Muskeln von Bienen, von *Vespa germanica* und *Bombus terrestris,* von Ameisen und von *Musca vomitoria* und *Sarcophaga carnaria* gemacht. In Bezug auf die Fliegen hebe ich besonders hervor, dass das Querschnittsbild mit allen früher beschriebenen Details auch an den ganz frischen Muskeln zu beobachten ist.

Die Cohnheim'schen Felder, beziehungsweise die Muskelsäulchen, welchen dieselben entsprechen, sind also schon an der lebenden Muskelfaser nachzuweisen. Man bediene sich zu solchen Untersuchungen vorerst einer Vergrösserung, welche Hartnack Obj. 7, Oc. 3, oder Reichert Obj. 8*a*, Oc. 3, entspricht. Mit Immersionssystemen gelingt es nur in einzelnen besonders günstigen Fällen, in der sich contrahirenden Muskelfaser deutliche Bilder des Querschnittes zu erhalten, was daher rührt, dass man, durch verhältnissmässig dicke Schichten der Muskelfaser hindurchsehend, nicht genug Licht erhält und nicht rasch genug einen günstigen optischen Querschnitt auffinden kann. Übrigens habe ich, wie gesagt, auch damit reussirt und so die Überzeugung von der richtigen Deutung des Geschenen für einzelne Fälle noch besonders erhärtet. Man wird sich aber auch mit den schwächeren Vergrösserungen begnügen, wenn man bedenkt, dass es sich nur um die Controle von Bildern handelt, welche man vorher mit vollster Evidenz und bei den stärksten Vergrösserungen an mit Säure behandelten oder vergoldeten Muskeln oder an Querschnitten gehärteter Muskeln gesehen hat.

Die Controle mit den früher angeführten Luftlinsen ist schon ausreichend, um sich die Überzeugung von der präformirten typischen Anordnung des Sarkoplasmas und der Form des Querschnittes der Muskelsäulchen zu verschaffen.

Kölliker[1] führt gegen Cohnheim polemisirend an, dass die Mosaikzeichnung der Querschnitte der Muskelfasern bei Säugethieren und Amphibien an ganz frischen, ohne Zusatz untersuchten Muskelfasern nicht oder nur in ganz schwachen Andeutungen wahrnehmbar sei. Cohnheim irre, meint Kölliker weiter, wenn er jene Mosaikzeichnung als ein Merkmal ganz unveränderter Muskelfasern ansehe. Nur wenn man diese, wie Cohnheim gethan habe, mit verdünntem Blutserum oder halbprocentiger ClNa-Lösung, oder, wie Kölliker hinzufügt, mit Wasser oder verdünnten Lösungen von beliebigen Neutralsalzen behandle, träte dieselbe hervor, und zwar, wie Kölliker annimmt, aus dem Grunde, weil die genannten Zusätze in die flüssige Zwischensubstanz der Muskelfasern eindringen und dieselbe zum Theile ausziehen, auf jeden Fall aber den Zusammenhang der Elemente der Muskelfaser lockern. Es ist klar, dass hier nur ein Streit vorliegt, der das Wesen der Sache, nämlich die Zusammensetzung des Faserquerschnittes aus Feldern, die durch eine Zwischensubstanz von einander geschieden sind, eigentlich nicht berührt. Da Kölliker anführt, dass an unveränderten Muskelfasern

[1] Kölliker l. c.

schon eine Andeutung der Mosaikzeichnung wahrnehmbar sei, hätte er eigentlich nur behaupten sollen, dass diese Mosaikzeichnung durch Zusatz von Reagentien verdeutlicht werde, anderseits konnte Cohnheim die Mosaikzeichnung als ein Merkmal ganz unveränderter Muskelfasern strenge eigentlich nicht behaupten, weil er nicht unveränderte Muskelfasern, sondern die Querschnitte gefrorener Fasern mit indifferenten Zusatzflüssigkeiten untersuchte. Er setzte aber für diese Einwirkungen offenbar voraus, dass sie nicht im Stande seien, ein Bild des Querschnittes, wie er es beobachtete, hervorzubringen, wenn nicht schon in der unveränderten Muskelfaser eine Differenzirung in die Substanz der Felder und die jene Felder scheidende Zwischensubstanz vorhanden wäre. Ich habe früher auseinandergesetzt, wie man sich an noch lebenden Muskelfasern schon von der Existenz der Cohnheim'schen Felder überzeugen kann. Weiter bin ich aber an den lebenden Muskelfasern, welche ich untersuchte, nicht gekommen.

Fibrillen lassen sich an lebenden Muskelfasern der von mir untersuchten Thiere nicht direct beobachten. Was man von Längsstreifung an lebendigen Muskelfasern wahrnimmt, ist auch nur auf die durch Sarkoplasma auseinandergehaltenen Muskelsäulchen zu beziehen, worauf ich gleich später noch in eingehender Weise zurückkommen werde. Die Schwierigkeit der Beobachtung von Fibrillen besteht aber nicht bloss für die lebenden Muskelfasern. An den Säure- und Goldsäurebildern des Faserquerschnittes, welche wir im ersten Theile, pag. 34 [114] u. d. f. und pag. 41 [121] u. d. f. ausführlich besprochen und in Fig. 17 *C*, Fig. 18 *A*, Fig. 19 *A* und Fig. 23 des ersten Theiles durch Abbildungen erläutert haben, sieht man völlig scharf neben einander die Cohnheim'schen Felder und das dieselben trennende Sarkoplasma, das letztere an den Goldbildern schön roth gefärbt und dadurch noch entschiedener von den ungefärbten Cohnheim'schen Feldern differenzirt.

Innerhalb der Cohnheim'schen Felder selbst ist aber auch bei den stärksten Vergrösserungen (Reichert homog. Imm. $^1/_{20}$, Zeiss homog. Imm. $^1/_{18}$) keine weitere Differenzirung wahrzunehmen. Im Gegentheile, sie erscheinen völlig homogen. Eine Ausnahme davon machen auch die Cohnheim'schen Felder von Hydrophilus und Hydrocharis nicht. Wir sehen nur in deren Mitte in Form eines durch die homogene Substanz des Feldes isolirten, auf dem Querschnitte rundlich, drei-, vier- oder mehrstrahlig erscheinenden Stranges eine Substanz, welche in Bezug auf ihre Erscheinung und ihre Reactionen mit dem die Felder umfassenden Sarkoplasma übereinstimmt.

An Querschnitten von gefrorenen frischen Muskeln ist ebenfalls nur eine scharfe Scheidung des Sarkoplasmas von den Cohnheim'schen Feldern zu sehen, die letzteren erscheinen auch hier in ihrer Substanz völlig homogen und lassen keine weitere Differenzirung erkennen.

Auch an den Querschnitten von in Alkohol gehärteten Muskeln, welche wir in dem vorausgehenden Abschnitte in Bezug auf die Anordnung des Sarkoplasmas und die Form der Cohnheim'schen Felder beschrieben und durch die Figuren 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 11 *A* erläutert haben, ist, wie schon erwähnt, vor Allem nur die scharfe Scheidung der Cohnheim'schen Felder von dem diese Felder trennenden Sarkoplasma zu gewahren. Es ist das besonders an solchen Querschnitten der Fall, welche man durch Behandlung mit Origanumöl und Einschliessen in Xylol-Damarlack in hohem Grade durchsichtig gemacht hat.

Der Alkohol steht seit länger Zeit schon in dem Ansehen, dass er unter die Mittel gehört, welche die Muskelfibrillen zur Anschauung bringen. Ich glaube man wird ihm auch bei einiger Beschäftigung mit den Muskelfasern in der That vor anderen zu demselben Zwecke empfohlenen Mitteln, z. B. vor der Maceration der Muskeln in kaltem Wasser (Temp. 1—8° R.), die Schwann[1] anwendete, oder vor der Maceration in Chromsäure gerne den Vorzug einräumen.

Muskeln, welche durch längere Zeit in Alkohol gelegen haben, lassen sich in die feinsten Fasern zerspalten. Allein nicht in allen Fällen und unter allen Umständen kann der Alkohol diese Wirkung ungestört auf die Muskeln hervorbringen. Er ruft unter Umständen eine von Bowman zuerst beobachtete und von uns im II. Abschnitte dieser Untersuchungen (I. Th., pag. 3 [83]) als Anfangswirkung charakterisirte Wirkung anderer Natur, den Scheibenzerfall der Muskelfasern, hervor.

---

[1] Müller's Physiologie. II, 1. Coblenz 1837, p. 33.

Diese Wirkung tritt zu einer Zeit auf, wo die Substanzen des Muskels, welche durch die fortdauernde Wirkung des Alkohols immer mehr gehärtet[1] werden, noch verhältnissmässig weich sind. Hat die Muskelfaser durch diese eigenthümliche Anfangswirkung einmal ihren Zusammenhang verloren, dann macht sich die weitere Wirkung des Alkohols nur auf die isolirten Scheiben geltend, diese werden aber dann in der That gehärtet und dabei, wie man sich beim Aufpräpariren solcher Muskelfasern in Glycerin oft überzeugen wird, in ganz ähnlicher Weise in Abschnitte von Fibrillen spaltbar, wie die Muskelfasern, welche während der ersten Einwirkung des Alkohols ihren Zusammenhang bewahren, durch die längere Wirkung des Alkohols leicht in Fibrillen zerlegbar werden.

Es gelingt nun erst an Querschnitten von Muskelfasern, welche sich in diesem Zustande leichter Spaltbarkeit befinden, auch die Fibrillen zu sehen. Es ist aber zu dem Ende nothwendig, den Schnitten nicht einen zu hohen Grad von Durchsichtigkeit zu verleihen, was dadurch geschehen kann, dass man sie mit verdünntem Glycerin anstatt mit Lack durchsichtig macht.

Wegen der äussersten Feinheit der Fibrillen muss man dabei die stärksten Objective verwenden. Man sieht dann die Cohnheim'schen Felder selbst wieder in dicht neben einander liegende rundliche Feldchen zerfallen. Die Umgrenzung derselben ist aber in den meisten Fällen bei Weitem keine so scharfe, wie die der Cohnheim'schen Felder selbst und die Deutlichkeit der Umgrenzung dieser kleineren Feldchen wechselt häufig in demselben Felde. In Fig. 3 ist der Querschnitt einer Muskelfaser von *Hydrophilus piceus* dargestellt, in welcher die beschriebene Differenzirung innerhalb der Cohnheim'schen Felder möglichst getreu wieder gegeben ist. Einen ähnlichen Charakter zeigt sie aber auch in den Cohnheim'schen Feldern aller anderen Käfer und der übrigen untersuchten Insecten. Etwas schärfer umgrenzt erscheinen die Fibrillen in den Cohnheim'schen Feldern der Krebse, aber auch bei diesen ist die Umgrenzung der Cohnheim'schen Felder selbst eine bei Weitem schärfere.

Auf der Flächenansicht von Scheiben, die nach der im II. Abschnitte besprochenen Einwirkung von Alkohol erhalten wurden, sieht man, ob dieselben nun den Schichten Q allein oder den Schichten $N+J+Q+J+N$ entsprechen, ganz die nämlichen Bilder wie auf Querschnitten, welche mittelst des Messers angefertigt wurden. Was in Bezug auf die Wahrnehmbarkeit der Muskelfibrillen in situ auf dem Muskelquerschnitte gilt, tritt auch auf der Längenansicht von Muskelfasern hervor, welche durch Liegen in Alkohol leicht zerfällbar in Fibrillen wurden. Man sieht, so lange man solche Muskelfasern noch im unzerzupften Zustande beobachtet, immer leicht die gröbere Längsstreifung, welche durch die Muskelsäulchen und das zwischen dieselben eingelagerte Sarkoplasma bedingt ist. Die den Fibrillen entsprechende feinere Längsstreifung ist nur bei sehr starken Vergrösserungen und wieder an nicht zu durchsichtig gemachten Muskelfasern, und zwar auch hier wieder mit einem sehr wechselnden Grade von Deutlichkeit zu sehen. Wenn man aber solche Muskelfasern zerzupft, um die Fibrillen zu isoliren, so ist das Ergebniss, dass man feinste Fäserchen und stärkere Fäserchen, welche den Durchmesser der feinsten Fäserchen um ein Mehrfaches übertreffen und Bündel von Fäserchen von der Dicke der Muskelsäulchen neben einander erhält. Man ist aber dann in den seltensten Fällen im Stande, die Zusammensetzung dieser stärkeren Fäserchen aus feinsten Fäserchen noch deutlich zu erkennen, ja oft sieht man selbst an den Muskelsäulchen keine auf ihre Zusammensetzung aus Fibrillen hinweisende Längsstreifung. In Bezug auf die Querstreifung verhalten sich aber die der Längsstreifung entbehrenden feineren und gröberen Producte der Zerfaserung völlig gleich, so dass nur die äusserste Feinheit der Fäserchen das eine Mal und ihre beträchtlichere Dicke das andere Mal den Schluss erlaubt, dass die einen wirklich isolirte Fibrillen, die anderen dagegen noch in Fibrillen spaltbare Säulchen oder Theilstücke von solchen sein mögen. So viel vorerst über die Schwierigkeit der Beobachtung der Muskelfibrillen, wenn dieselben nicht wirklich auf mechanischem Wege von einander

[1] Man erinnere sich an das, was wir früher über die allmälige Beschränkung des Quellungsvermögens der Muskeln durch Liegen in Alkohol vorgebracht haben (1. Theil, p. 34 [114]) und an analoge Erfahrungen über die Wirkung des Alkohols auf Eiweisskörper, z. B. an die Angaben, welche A. Schmidt für die Bereitung des Fibrinfermentes aus Blutserum macht, dass nämlich das 15—20 fache Volumen starken Alkohols eine Woche bis einige Monate über dem aus Blutserum erzeugten Niederschlag von Eiweisskörpern stehen muss, um diese allmälig möglichst unlöslich zu machen.

isolirt vorliegen; ich werde gleich später bei Besprechung der Gliederung der Fibrillen diesen Gegenstand wieder berühren.

Aus der vorangehenden Darstellung ergibt sich, dass die Präformation der Muskelsäulchen im lebenden Muskel eine streng zu erweisende Thatsache ist. Anders verhält es sich mit den Fibrillen. Die Annahme, dass diese letzteren präformirt sind, kann sich vorläufig nur auf Wahrscheinlichkeitsgründe stützen.

Ausser der Thatsache, dass frische Muskelfasern nach dem Eintritt der Todtenstarre und nach der Wirkung der verschiedensten Reagentien sich leicht in Fibrillen spalten lassen, scheinen mir aber auch noch die vergleichend histologischen Erfahrungen über die Verschiedenheit der Muskelsäulchen bei verschiedenen Thieren für die Präformation der Fibrillen zu sprechen.

Der faserige Bau der lebenden contractilen Substanz der Muskeln ist durch den Nachweis der Muskelsäulchen allein schon erwiesen. Nun finden wir aber die verschieden geformten und durch verschieden angeordnete Sarkoplasmalagen auseinandergehaltenen Muskelsäulchen verschiedener Thiere ganz gleichmässig in feinste Fäserchen spaltbar. Man wird also geneigt sein, diese als das letzte Element des faserigen Baues der Muskelfasern anzusehen und anzunehmen, dass die morphologischen Verschiedenheiten der Muskelfasern verschiedener Thiere dadurch gegeben seien, dass die Fibrillen in verschiedener Zahl und Zusammenordnung in den Muskelsäulchen verschiedener Thiere sich vorfinden.

Wenn es aber auch wahrscheinlich ist, dass wir ebenso wie die Muskelsäulchen auch die Fibrillen als präformirte Bestandtheile der Muskelfasern anzusehen haben, so muss doch besonders hervorgehoben werden, dass uns eine ganze Reihe von Thatsachen zu der Annahme bestimmen muss, dass die Fibrillen in anderer Weise zu den Muskelsäulchen verbunden werden, als die Muskelsäulchen zur Muskelfaser.

Zwischen die Muskelsäulchen ist das Sarkoplasma eingelagert, und es ist anzunehmen, dass auch zwischen den Fibrillen eine dieselben trennende Substanz, wenn auch von äusserster Dünnheit, vorhanden sein wird. Der directe Nachweis einer solchen Substanz, ihrer Eigenschaften und Reactionen, stösst nun freilich wieder auf vorläufig unüberwindliche Schwierigkeiten und ebenso die Frage, ob und wie dieselbe mit dem Sarkoplasma in anatomischer und genetischer Beziehung zusammenhängt. Wie diese Fragen aber auch noch beantwortet werden mögen, so viel lässt sich, glaube ich, schon jetzt feststellen, dass zwischen den Fibrillen nicht dieselbe Substanz sich befindet wie zwischen den Muskelsäulchen.

Die zwischen den letzteren befindliche Substanz haben wir in völliger Continuität mit grösseren Ansammlungen einer ähnlichen Substanz an der Oberfläche der Muskelfasern angetroffen: in den Nervenhügeln; in den die Kerne enthaltenden Strängen oder Blättern; in den als dickere oder dünnere Knoten des Sarkoplasmagitters des Querschnittes erscheinenden Strängen; und auch in scheidenartig geordneten Lagen (Fliegen) im Innern der Muskelfasern und wir haben alle diese zusammenhängenden Massen eben als Sarkoplasma der Muskelfaser bezeichnet. Dieses Sarkoplasma erscheint nun an verschiedenen Stellen der Faser selbst wieder in etwas verschiedener Weise differenzirt, denn während es in den dünnen Brücken zwischen den Muskelsäulchen vollkommen glatt und gleichmässig lichtbrechend erscheint, ist es in den genannten grösseren Ansammlungen meist mehr oder weniger dicht mit stärker lichtbrechenden Körnchen durchsetzt. Aber sowohl die glatten als die körnigen Antheile desselben zeigen, wie wir im III. Abschnitte (1. Theil, p. 30 [110]) gesehen haben, bei der Behandlung der Muskelfasern mit Säuren oder an vergoldeten Muskeln ein sehr übereinstimmendes Verhalten.

Dagegen lässt sich weder mit Säuren noch durch die Vergoldung das Eindringen einer gleichen Substanz zwischen die das Muskelsäulchen zusammensetzenden Fibrillen nachweisen.

Mit diesen abweichenden Reactionen fällt nun noch die Gegensätzlichkeit zusammen, welche wir in Bezug auf die Nachweisbarkeit der Muskelsäulchen und der Fibrillen kennen gelernt haben.

Mit Leichtigkeit lassen sich die Muskelsäulchen an lebenden Muskelfasern sowohl, als auch an Querschnitten von gefrorenen oder in Alkohol gehärteten Muskelfasern nachweisen, während der Nachweis der Fibrillen nicht oder nur sehr schwierig gelingt.

Das sind die Gründe, welche uns bestimmen müssen anzunehmen, dass die Fibrillen in anderer Weise zu den Muskelsäulchen zusammengehalten werden, als die letzteren zur Muskelfaser, und dass wir nicht berech-

tigt sind, von einer mit dem Sarkoplasma zwischen den Muskelsäulchen identischen interfibrillären Substanz zu sprechen. Man muss sich die letzteren vielmehr als wesentlich von dem Sarkoplasma differenzirt vorstellen.

Die optischen Erscheinungen, welche die Muskelfasern darbieten, sind, wie wir gleich später sehen werden, auch wenn man nur die Erscheinungen im gemeinen Lichte vor Augen hat, nicht ganz leicht zu verstehen. Gerade mit Rücksicht auf diese optischen Erscheinungen ist es aber geboten, dass man sich eine möglichst genaue Rechenschaft über alle in den Aufbau der quergestreiften Muskelfasern eingehenden verschiedenen Substanzen geben könne.

Die eben früher vorgebrachten Erörterungen können auch in dieser Hinsicht einige Beachtung beanspruchen.

Ich gehe nun zu einer anderen, auf die Fibrillen zurückführenden Frage über. Diese betrifft die Abhängigkeit der Querstreifung der Muskelfasern von der Gliederung der Fibrillen. Schon Schwann[1] hat gelehrt, dass die Querstreifung der Muskelfasern dadurch zu Stande komme, dass die gleichnamigen Glieder der nebeneinander liegenden Fibrillen regelmässig zwischen je zwei parallelen Querschnittsebenen aufeinander treffen.

Es ist diese Anschauung wohl auch nach den neueren Erfahrungen über die mehrfach verschiedenen Querstreifen bei den Insectenmuskeln von allen Jenen festgehalten worden, welche den fibrillären Bau des Inhaltes der quergestreiften Muskelfasern anerkannt haben.

Es ist aber schon früher angeführt worden, dass sich eine grosse Anzahl von Forschern von dieser Anschauung losgesagt hat. Oft ist das geschehen, ohne dass man sich auch nur gefragt hätte, wie dann der Muskelbau in anderer Weise verständlich gemacht werden könnte. Ja, man möchte sogar eine Neigung zum Räthselhaften darin erblicken, dass die Anerkennung des regelmässigen Wechsels einer doppelt- und einfach brechenden Substanz und die Anerkennung der Beständigkeit dieser Anordnung während der Ruhe und während jedes bestimmten Erregungszustandes der Muskelfaser parallel läuft mit der Behauptung eines völlig flüssigen Aggregatzustandes des Inhaltes der Muskelfasern.

Ich weiss sehr wohl, dass dabei die anisotrope Substanz der Muskeln selbstverständlich nicht auch mit zum flüssigen Inhalte der Muskelfasern gerechnet werden konnte, sondern, dass man sich diese als feste prismatische Partikelchen (Bowman's sarcous elements) in der flüssigen isotropen Substanz vorgestellt habe. Es bleibt aber die ganz regelmässige Anordnung der zweierlei verschiedenen Substanzen noch immer vollkommen unbegreiflich, wenn man auch nur die eine derselben, die isotrope, sich als vollkommen flüssig vorstellen würde. Man hätte vielmehr in dem Streben nach einem Verständniss des Muskelbaues, gerade aus der mit grosser Beständigkeit behaupteten regelmässigen Anordnung der anisotropen Substanz den Schluss ziehen müssen, dass auch in der isotropen Substanz eine für die Erhaltung jener Anordnung bestimmende, feste Structur vorhanden sei, wie viel wirklich flüssige Masse dieselbe auch in sich schliessen möge.

Die Annahme eines flüssigen Inhaltes der Muskelfaser konnte sich denn auch den vielen immer neu und neu über den Bau der quergestreiften Muskeln gemachten Erfahrungen gegenüber nicht behaupten. Ja, man überzeugte sich auch bald allgemein, dass viel mehr als nur zwei differente Substanzen im Muskelfaserinhalte vorhanden sind und gerade an der Hand dieser Erfahrungen sind die verschiedenartigsten Anschauungen über die Structur der Muskelfasern und die Ursachen der Querstreifung aufgetaucht.

Wir sind in den vorliegenden Untersuchungen ausgegangen von Beobachtungen und Versuchen über die Querstreifung der erschlafften Muskelfaser (Abschnitt II u. III, I. Theil). Durch die eigenthümlichen Bilder, welche wir auf dem Querschnitte von mit Säure behandelten oder vergoldeten Muskeln angetroffen haben (Abschnitt III, I. Theil), sahen wir uns dann veranlasst, unsere Aufmerksamkeit den Querschnittsbildern gefrorener, erhärteter und frischer Muskelfasern zuzuwenden (Abschnitt IV, 2. Theil). Das Ergebniss dieser Untersuchungen, war aber, dass wir in Sonderheit eine ziemlich umfassende Orientirung über zwei wesentlich zu unterscheidende Bestandtheile des Muskelfaserinhaltes gewannen: über das Sarkoplasma und die Fibrillenbündel.

---

[1] Schwann, Müller's Handbuch der Physiologie. II. Bd., Abth. 1, Coblenz 1837, p. 33.

Daran knüpften sich aber die in den unmittelbar vorausgehenden Blättern dieses Abschnittes enthaltenen Auseinandersetzungen über den faserigen Bau des Inhaltes der quergestreiften Muskelfaser.

Wir kehren nun wieder zur Frage der Querstreifung der Muskelfasern zurück, um eine Reihe von Bildern zu besprechen, welche besonders geeignet sind, die Muskelsäulchen, beziehungsweise die jene zusammensetzenden Fibrillen, in dem Sinne, wie das schon Schwann angenommen hat, als die ausschliesslichen Träger der Querstreifung darzuthun.

Es wird sich das um so mehr empfehlen, weil neuerlich zwei ausgezeichnete Histologen Anschauungen über die Querstreifung ausgesprochen haben, gegen welche wir die ausschliessliche Abhängigkeit der Querstreifung von der Gliederung der Fibrillen besonders hervorkehren müssen.

Es ist hier zuerst Retzius zu erwähnen, dessen sogenannte Querfadennetze wir früher als dem Sarkoplasma angehörige Bildungen zu erläutern versucht haben.

Retzius[1] theilt, nachdem er die Gold- und Säurebilder beschrieben hat, auch Beobachtungen an Muskelfasern mit, die mit Überosmiumsäure, oder mit Alkohol, oder mit Müller'scher Flüssigkeit behandelt worden waren.

Er unterscheidet an diesen breite dunkle Bänder alternirend mit schmalen hellen Bändern und in der Mittellinie der letzteren einen aus einer Punktreihe zusammengesetzten Streifen. Also die Streifen, welche wir mit *Q, J, Z, J, Q* u. s. f. bezeichnet haben.

An contrahirten Stellen bleibe zwischen den breiten Streifen (unseren *Q*) nur der punktirte Streifen über, während der helle Streifen, der an den erschlafften Stellen die Punktreihe in seiner Mitte enthält, fehle.

Von der Punktreihe *Z*, die Retzius selbst als die Zwischenscheibe Engelmann's (Grundmembran Krause's) bezeichet, behauptet aber Retzius, dass diese die den Querfadennetzen I. Ordnung in der Seitenansicht entsprechende Körnerreihe I. Ordnung sei, wie man dieselbe auch an Säure- und Goldbildern wahrnehme.

Er führt auch an, dass er an Präparaten aus Alkohol und Müller'scher Flüssigkeit die dunklen breiten Bänder aus Stäben zusammengesetzt sieht, die an Alkoholpräparaten eine hellere mittlere Partie (den Hensen'schen Streifen) erkennen lassen. Er sieht ferner, und bildet das auch in seinen Figuren 26, 27 und 28 ab, zwischen je zwei der Schichte *Q* entsprechenden, der Länge nach sich folgenden Stäben, immer je ein Korn der Schichte *Z* eingelagert. Ja, er gibt sogar an, dass er in Müller'scher Füssigkeit gelegene Muskeln zerfasert habe und dabei ein Resultat erhalten habe, welches wir mit seinen eigenen Worten hier anführen wollen: „Die Muskelfasern lassen sich mit Nadeln der Länge nach zerspalten und können dabei in immer feinere Fäserchen zertrennt werden, bis zu dem Punkte, dass die feinsten darstellbaren Fibrillen, welche als wahre Muskelfibrillen anzusehen sind, kaum gröber als die Fibrillen des Bindegewebes erscheinen (Taf. I, Fig. 33). Immer sieht man bei diesen isolirten Muskelfibrillen eine Eintheilung in kürzere, den Stäben der Querbänder entsprechende Partien, und mit diesen alternirende Körnchen, welche abgebrochene Theilchen der Querfadennetze bilden. Die breiten Bandpartien können, je nach dem Contractionszustande der Fibrille, einigermassen verschieden lang sein; zuweilen erkennt man auch zu beiden Seiten der Körnchen kleine helle Partien, welche offenbar den schmalen hellen Bändern der extendirten Faser entsprechen."

Nach dieser Darstellung von Retzius wären also die Streifen *Q* durch stabförmige Elemente eigener Art, dagegen die Streifen *Z* (die Zwischenscheiben Engelmann's) durch besondere Fadennetze bedingt, die in die regelmässige Querstreifung des Muskels eingeschoben wären, die aber mit den Stäben einen vorläufig höchst unbegreiflichen Zusammenhang[2] hätten.

In einer Mittheilung über die Nervenendigung in den Muskeln hat dann auch mein hochverehrter Freund Kühne,[3] auf die Goldbilder von Biedermann und Retzius hinweisend, eine Vorstellung vom Muskelbau

---

[1] Biologische Untersuchungen 1881, p. 10.

[2] Vergleiche Retzius l. c. p. 15.

[3] Kühne, Verhandl. d. naturhist.-med. Vereines zu Heidelberg. N. F. III. Bd. 1884, p. 241.

angedeutet, die mit der eben besprochenen Anschauung von Retzius zwar nicht indentisch, aber ihr doch verwandt erscheint. Wir haben uns, sagt Kühne „die Muskelsubstanz aus zwei wesentlichen Bestandtheilen errichtet vorzustellen, nämlich aus einer in der Querstreifung gegebenen Rhabdia und aus einer die Kerne und das zugehörige feinkörnige Protoplasma begreifenden Sarkoglia. Diese Theile scheinen so vollkommen in einander verwoben zu sein, dass selbst in die geregelte Streifung eingereihte Schichten, wie z. B. die Nebenscheiben, der Glia angehören könnten."

Ich glaube nun, dass es mir gelingen wird, im Folgenden sowohl die Streifen *Z* (die Zwischenscheiben), als auch die Streifen *N* (die Nebenscheiben) als bedingt durch besondere Glieder der Muskelfibrillen zu erweisen, gerade so wie auch die Streifen *Q* und *J* und *E* nur durch besonders differenzirte Fibrillenglieder bedingt sind.

Ich will aber hier vorläufig auch schon erwähnen, dass das schon durch Brücke[1] unzweifelhaft festgestellte Verhalten der Streifen *Z* und *N* im polarisirten Lichte, über welches in einem späteren Abschnitte noch ausführlich berichtet werden soll, die Anschauungen und Vermuthungen, welche Retzius und Kühne über die Natur der Streifen *Z* und *N* ausgesprochen haben, völlig ausschliesst.

Mit Kühne's Sarkoglia als dem einen und den Fibrillen als dem andern der zwei wesentlichen Bestandtheile des Muskelfaserinhaltes müsste ich mich aber natürlich einverstanden erklären, denn in diesem Falle wäre nur das mit dem Namen Sarkoglia bezeichnet, was wir als Sarkoplasma beschrieben haben. Ich muss gestehen dass ich, lange bevor mir Kühne's Mittheilung zukam, auch schon daran dachte, für jene Substanz den Nanem Sarkoglia zu gebrauchen. Nach langem Schwanken erschien es mir aber, um alle durch etwaige Analogisirung mit der Glia der nervösen Centralorgane zu befürchtenden Missverständnisse auszuschliessen, gerathener, den unverfänglicheren Namen Sarkoplasma zu wählen und damit auf die Verwandtschaft unserer Substanz mit dem Protoplasma hinzuweisen.

Gehen wir aber jetzt über zu den Beobachtungen.

Diese werden betreffen die Erscheinungweise der Muskelsäulchen in situ auf der Längenansicht der Muskelfasern, in Sonderheit auch die Wahrnehmungen, welche man an völlig frischen, noch lebenden, ohne irgend welchen Zusatz unter dem Mikroskop beobachteten Muskelfasern machen kann. Ferner die Differenzirung des Muskelinhaltes bei der Haematoxylintinction und die schon früher (1. Theil, pag. 39 [119] und 44 [124]) angekündigte zweite Art von Goldbildern, die von den im III. Abschnitte behandelten, die Säurebilder nachahmenden Goldbildern wohl zu unterscheiden sind.

Ich habe im 1. Theile dieser Untersuchungen die Zusammensetzung der Schichten *Q*, *N* und *Z* der Muskelfasern aus Stäben, Stäbchen oder Körnern besprochen (1. Theil, pag. 25 [105]) und daran die Bemerkung geknüpft, dass die Schichten *J* und *E* (die einfach brechenden Querstreifen) der Muskelfasern in der Regel auch in dem Falle, wo *Q*, *N* und *Z* die schönste Längsstreifung erkennen lassen, als glatte helle Streifen erscheinen, die selbst bei den aufs Beste definirenden Objectiven keinerlei Längsstreifung erkennen lassen. Ich habe aber damals sofort auch hervorgehoben, dass das nur der häufigste Fall ist, und dass ich in einem späteren Abschnitte auf Objecte eingehen werden, an welchen auch in den Schichten *J* und *E* eine wohl definirte Längsstreifung beobachtet wurde. An solche Alkoholpräparate, an welchen man also die Muskelsäulchen in situ in allen ihren Gliedern durch überall davon zu unterscheidendes Sarkoplasma getrennt wahrnehmen kann, will ich aber besonders auch die später folgenden Beobachtungen an lebenden Muskelfasern anknüpfen. Um hier sofort in die Sache einzugehen, verweise ich auf Fig. 13 *A* und *B*, welche, stark vergrössert, möglichst naturgetreu nach einem Präparate von *Osmoderma eremita* gezeichnet wurde. Ich habe für die Zeichnung eine Gruppe von Muskelsäulchen dieses grossen Scarabaeiden ausgewählt, weil an den Muskeln desselben die Verhältnisse ausnahmslos mit der grössten Prägnanz hervortraten.

Ich habe aber eine deutliche Längsstreifung der Schichten *J* und *E* und damit die Muskelsäulchen in situ auch an den Muskelfasern zahlreicher anderer in Alkohol ertränkter Käfer, z. B. *Lucanus cervus, Procerus*

[1] Brücke, diese Denkschriften, Bd. XV, 1858, p. 69, Fig. 1, 2, 3, 4, 5 u. 10.

gigas, Procrustes coriaceus, Cicindela campestris und *hybrida, Staphylinus caesareus, Megadontus violaceus, Orinocarabus hortensis, Hister quadrimaculatus, Aphodius rufipes, Corymbites aenneus, Stenomax lanipes, Otiorrhynchus planatus* (vergleiche Fig. 10), *Spondylis buprestoides, Ergates faber, Lamia textor, Melasoma populi* und *tremulae* und bei Bienen und Wespen gesehen.

Kehren wir nach diesem Verweise zurück zu Fig. 13 *A*, welche eine Gruppe von Muskelsäulchen bei tiefer Einstellung darstellt, so bemerken wir an der Schichte *Q*, in welcher zugleich *h* deutlich hervortritt, ferner in der Schichte *N* und *Z* die schon früher besprochene Zusammensetzung. Ebenso tritt aber auch in den Schichten *J* und *E* eine Zusammensetzung aus sanduhrförmigen Stäben hervor und jeder solche Stab erscheint als Verbindungsglied entweder zwischen je einem Stab von *Q* und *N*, oder zwischen je einem der kurzen Stäbe oder Körner von *N* und *Z* eingelagert. Dadurch tritt eine durchgehende Längsstreifung des Muskelfaserinhaltes in die Erscheinung, und zwar sind die zu den Muskelsäulchen verbundenen Glieder *Q, J, N, E, Z, E, N, J, Q* u. s. f. von den nebenliegenden gleichen Combinationen durch helle Durchgänge getrennt, welche, zwischen den sanduhrförmigen Gliedern *J* und *E* erweitert, zwischen *Q*, *N* und *Z* schmäler und von gleichmässiger Weite erscheinen. Diese hellen Durchgänge entsprechen dem zwischen den Muskelsäulchen vorhandenen Sarkoplasma und es ist an solchen Muskelfasern mit durchgehender Längsstreifung von grossem Interesse, auf den mit dem Wechsel der Einstellung einhergehenden Wechsel der Lichtvertheilung zu achten. Fig. 13 *B* stellt dieselbe Gruppe von Muskelsäulchen bei hoher Einstellung vor. Man wird gewahr, dass ebenso wie in der Längenrichtung der Muskelfaser die Lichtvertheilung sich umkehrt, so dass die früher dunklen Querstreifen hell erscheinen und umgekehrt, auch in der Querrichtung der Faser die Lichtvertheilung sich umkehrt; die bei tiefer Einstellung hellen Durchgänge zwischen den Muskelsäulchen erscheinen bei hoher Einstellung dunkel. Man achte auf diese völlig parallel gehenden Erscheinungen genau, denn erstens gemahnt die Form der dunklen Durchgänge gar sehr an die Formen, in welchen sich uns das roth gefärbte Sarkoplasma an den Goldbildern der Muskelfasern präsentirte und zweitens ist gerade der Wechsel zwischen den beiden Einstellungen in hohem Grade geeignet, uns über die Form und Begrenzung der Muskelsäulchen einerseits und der Sarkoplasmadurchgänge anderseits ein richtiges Urtheil zu verschaffen.

In der ersteren Beziehung ist der Befund wichtig, weil er unsere Deutung der Längenansicht der Goldsäurebilder beleuchtet, die wir auf eine Formung der Sarkoplasma-Einlagerung durch die bei der Quellung der Muskelsäulchen entstehenden Formen der letzteren zurückgeführt haben. In der zweiten Beziehung ist der Befund wichtig, weil er uns an Alkoholpräparaten eine Form der Muskelsäulchen erblicken lässt, deren Erkenntniss, wie wir sehen werden nicht ohne Belang ist für die Deutung der Befunde, die wir gleich später an lebenden Muskelfasern machen werden.

Wir haben uns aber jetzt noch nach dem Grunde zu fragen, aus welchem einmal in den Schichten *J* und *E* eine der Längsstreifung der Schichten *Q*, *N* und *Z* correspondirende Längsstreifung so wahrgenommen wird, wie wir sie hier in Fig. 13 *A* und *B* dargestellt finden, während in anderen Fällen die Längsstreifung zwar in *Q*, *N* und *Z* ganz deutlich hervortritt, aber in *J* und *E* gar nicht wahrzunehmen ist (vergleiche Fig. 6 des ersten Theiles).

In dieser Beziehung ist zu bedenken, dass zwei aneinander grenzende verschiedene Medien, deren Lichtabsorptionsvermögen nicht verschieden ist, nur dann durch einen Contour von einander getrennt erscheinen, wenn eine Differenz ihrer Brechungsquotienten besteht. Auf dieses Gesetz gestützt, schliessen wir bei unseren mikroskopischen Beobachtungen aus dem Auftreten eines Contours auf das verschiedene Brechungsvermögen und damit auf die Verschiedenheit zweier nebeneinanderliegenden Substanzen. Dagegen berechtigt uns bekanntlich die Abwesenheit eines Contours durchaus nicht zu dem entgegengesetzten Schlusse. Zwei an sich verschiedene Substanzen; welche sich weder durch ihr Lichtabsorptionvermögen, noch durch ihr Lichtbrechungsvermögen von einander unterscheiden, erscheinen uns auch nicht getrennt.

Eine Homogenität kann also scheinbar sein.

Die nächstliegende Deutung unseres Befundes an den Schichten *J* und *E* wird also die sein, dass in dem Falle, wo eine durchgehende Längsstreifung des Muskelfaserinhaltes angetroffen wird, sich die Glieder *J* und

E der Muskelsäulchen ebenso durch ihre Brechungsindices von dem Sarkoplasma zwischen den Muskelsäulchen unterscheiden, wie das in noch höherem Grade die Glieder *Q*, *N* und *Z* thun.

Und in diesem Falle werden wir auf Grund der durch Fig. 13 *A* und *B* erläuterten Beobachtungen sagen, dass die Muskelsäulchen in allen ihren Theilen sich stärker lichtbrechend als das Sarkoplasma erweisen.

Der entgegengesetzte Fall, Fehlen der Längsstreifung in den den Gliedern *J* und *E* entsprechenden Schichten der Muskelfasern, wird sich aber daraus erklären, dass in diesem Falle nur zwischen den Gliedern *Q*, *N* und *Z* und dem Sarkoplasma Differenzen der Brechungsquotienten bestehen, dass dagegen zwischen den Gliedern *J* und *E* und dem Sarkoplasma keine Differenz der Brechungsquotienten vorhanden ist.

Eine solche optische Homogenisirung einzelner Glieder der Muskelsäulchen untereinander oder einzelner Glieder mit dem Sarkoplasma wird uns aber immer den Anblick der Muskelstructur mehr oder minder verhüllen.

Es sind völlig bekannte und geläufige optische Sätze, die wir hier zur Erläuterung der berührten Verschiedenheiten der Längsstreifung der Muskelfasern herangezogen haben. Es ist aber nothwendig, dass man dieselben sich immer lebendig gegenwärtig hält, wenn man die Untersuchung lebender Muskelfasern unter dem Mikroskope vornimmt. Ich habe früher angeführt, dass ich diese Untersuchung gerade an unsere zuletzt gemachten Beobachtungen an vorher mit Alkohol behandelten Muskelfasern anknüpfen will und gehe nun zu diesen Untersuchungen über. Ich schicke voraus, dass ich es für sehr nothwendig halte, dass man sich bei diesen Untersuchungen nicht bloss auf ein bestimmtes Object beschränke. Es muss ein möglichst grosses Materiale herangezogen werden. Unter dieser Voraussetzung kann man sagen, dass noch lebende, ganz ohne Zusatz untersuchte Muskelfasern für die Beobachtung scheinbar eine verwirrende Mannigfaltigkeit von Bildern ergeben. Auch ist der Eindruck, welchen man von diesen Bildern bekommt, meist sehr verschieden von den Eindrücken, welche die Muskelfasern machen, wenn man Alkoholpräparate für die Untersuchung verwendet.

Wenn man aber darum öfter die Behauptung aussprechen hört, an den lebenden Muskelfasern sei nichts zu sehen, so ist das fürs Erste an sich unrichtig; zweitens ist die Behauptung aber auch unrichtig, wenn sie auch nur besagen sollte, dass von den mittelst besonderer histologischen Methoden aufgedeckten Structurverhältnissen der Muskelfasern an frischen Muskelfasern nichts zu sehen sei.

Ich muss im Gegentheile behaupten, dass man an lebenden Muskelfasern sehr viel sehen kann, aber man muss Auge und Urtheil vorher umfassend geschult haben durch die Untersuchung der Muskelstructur nach mannigfachen speciellen histologischen Methoden, wie wir deren viele auch im Verlaufe dieser Untersuchungen herangezogen haben. Und ich finde, dass nichts mehr den Werth der mittelst einen ausgedehnten und vervielfältigten histologischen Methodik gesammelten Erfahrungen zu illustriren vermag, als die Schärfung, welche dadurch unser Blick erfährt für die schwerer wahrnehmbaren Merkmale der lebenden Muskelfasern, auf welche wir unser Urtheil diesen gegenüber zu gründen haben.

Was ich soeben gesagt habe, wird auch Diejenigen beruhigen, welche eine Gefahr darin erblicken wollten, dass wir bei solchem Vorgange mit vorgefassten Meinungen an die Untersuchung der lebenden Objecte gelangen. Nicht darum handelt es sich, dass wir uns in der Lage befinden sollen, für die lebenden Objecte Dinge anzunehmen, welche wir an diesen nicht, sondern nur an nach bestimmten Methoden präparirten Objecten wahrnehmen können, sondern darum, dass wir uns vorbereitet haben, an den lebenden Objecten wenig in die Augen fallende, aber doch noch wirklich sichtbare Merkmale mit der Aufmerksamkeit und Ausdauer zu verfolgen, dass wir in den Stand gesetzt werden, auch aus dieser Art der Untersuchung der Objecte sichere Schlüsse zu ziehen. Ich habe früher (p. 23 [45]) die Thiere aufgeführt, von welchen ich mir aufgezeichnet habe, dass ich ihre Muskeln lebend untersuchte. Für die Zwecke der Untersuchung, welche auf die Bilder der Längenansicht der Fasern ausgeht, ziehe ich es vor, auch bei den kleinsten der angeführten Thiere Muskelstückchen zu erhalten, die ganz ohne Zusatzflüssigkeit unter das Mikroskop gebracht werden können, da das Eiweiss, welches die Lebenseigenschaften der Muskelfasern zwar sehr lange conservirt, hier doch keine besonderen Vortheile gewährt und für die nachträgliche Application einzelner Reagentien auf die beobachteten Fasern, die ich öfter vornahm, sogar sehr unzweckmässig wäre. Bei kleineren Thieren benützt man am besten die Muskel, welche von den Leibsegmenten zu den Beinen gehen, von welch letzteren man, nachdem sie mit

Vorsicht enucleirt sind, die Muskel mit der Schere abschneidet; bei grösseren Käfern schneidet man kleine Stückchen mittelst einer Schere aus blossgelegten Muskeln heraus. Es muss rasch gearbeitet werden und muss dafür gesorgt werden, dass nicht Stückchen des Chitinpanzers oder chitinisirter Sehnen an den Muskeln hängen bleiben. Die letzteren würden die Ausbreitung der Muskelstücke in eine dünne Lage hindern. Diese bewirkt man durch Aufdrücken eines Deckgläschens über das auf dem Objectträger liegende Muskelstückchen, dabei ist es gut, das einmal niedergedrückte Deckgläschen auf dem Objectträger mittelst kleiner Stückchen von Klebwachs zu fixiren.

Ich habe auf diese Weise die Muskeln noch zuckend unter das Mikroskop gebracht, und wenn das auch ein- oder das andere Mal misslingt, so erhält man doch auch sehr viele gelungene Präparate. Da ich den Contractionsvorgang erst später im Zusammenhange behandeln will, beschränke ich mich hier auf die Angabe dieses Factums, welches uns jetzt nur beweisen soll, dass die untersuchten Muskeln noch im lebendigen Zustande sich befanden.

Es ist für die Untersuchung lebender erschlaffter Muskeln nothwendig, sich solche Fasern auszusuchen, welche energische einzelne Contractionen, in längeren Intervallen folgend, ausführen, so dass man während der Pause mit Musse beobachten kann; ausserdem hat man darauf zu sehen, dass die beobachteten Muskelfasern möglichst isolirt oder wenigstens an der untersuchten Stelle in einfacher Lage unter dem Mikroskope sich befinden.

Endlich ist für das Gelingen der Beobachtungen noch anzuführen, dass die Muskelfasern möglichst durchsichtig sein sollen; bei frischen Muskelfasern ist das meist der Fall, aber nicht immer.

Die in dieser Beziehung herrschenden Verschiedenheiten sind dadurch bedingt, dass die Sarkoplasmalagen an der Oberfläche der Muskelfasern und ebenso die stärkeren Ansammlungen von Sarkoplasma, welche als die den dickeren oder dünneren Knoten des Sarkoplasmagitters des Querschnittes entsprechenden Stränge oder als Kerne enthaltende Stränge auftreten, oft nur mit verhältnissmässig wenig dicht gelagerten Körnchen durchsetzt und dann durchsichtiger, oft aber auch sehr dicht gekörnt und dann meist auch grobkörnig und viel undurchsichtiger erscheinen. In diesem Falle ist die Ansicht der fibrillären Substanz der Fasern durch die von dem körnigen Sarkoplasma herrührende starke Trübung beeinträchtigt und an solchen Fasern ist nicht viel zu sehen. Glücklicherweise ist das nicht so häufig der Fall als das Gegentheil, dass die Ansicht der fibrillären Substanz durch die Beschaffenheit des Sarkoplasma nicht beeinträchtigt wird und an solche Fasern muss man sich vorzugsweise halten, um belehrende Bilder zu erhalten.

Ich habe schon früher erwähnt, dass noch lebende Muskelfasern unter dem Mikroskope sehr mannigfaltige Bilder darbieten.

Die wichtigsten Abweichungen werde ich nun an einzelnen ausgewählten Bildern an der Hand von Abbildungen erläutern, welche ich möglichst getreu nach den Beobachtungen zu entwerfen mich bemüht habe. Zugleich sollen aber an die Erläuterungen dieser Bilder, wo es geboten erscheint, auch allgemeinere Bemerkungen angeschlossen werden. Fig. 14 *A* stellt ein Stückchen einer Muskelfaser der Biene dar, welches periodisch sehr lebhafte Contractionen ausführte und während der Pausen immer wieder das gezeichnete Bild darbot. Neben dieser Faser fanden sich gleich nach Herstellung des Präparates, welches möglichst rasch von einem enucleirten Beine gewonnen wurde, noch viele andere Fasern, die gleichfalls lebhafte Contractionen ausführten und endlich auch ruhig liegende, deren Aussehen dasselbe war, welches die sich contrahirenden Fasern im erschlafften Zustande darboten.

Die auffallendste Erscheinung, welche sich an diesen Muskeln darbot, war, dass sich dem Beschauer sofort in der markantesten Weise die Längsstreifung der Muskelfasern aufdrängte. Man fand sich schier an Züge von fibrillärem Bindegewebe gemahnt. Dagegen hatte man den Eindruck, als ob es besonderer Bemühung bedürfe, auch die im Vergleich mit der sehr in die Augen springenden Längsstreifung sehr zurücktretende Querstreifung zu sehen.

Diese Erscheinung fällt auf, weil an Alkoholpräparaten, die mit Glycerin durchsichtig gemacht wurden, vor Allem die Querstreifen in die Augen fallen, während die Längsstreifung, die meist nicht durchgehend, sondern

nur in den Schichten *Q* und *Z* und bei dem Vorhandensein von *N* auch in diesen auftritt, sich lange nicht in demselben Grade geltend macht.

Die Querstreifung präsentirte sich an der lebenden Faser Fig. 14 *A* bei tiefer Einstellung als bedingt durch den sich immer wiederholenden Wechsel einer langen, etwas dunkler erscheinenden, einer darauffolgenden kurzen, helleren, einer darauffolgenden kurzen, wieder etwas dunkleren, einer dann folgenden kurzen, helleren Abtheilung von durch ganz helle Durchgänge getrennten Längsstreifen.

Wir werden nun diesen Befund in ganz ungezwungener Weise also auslegen: Die gegliederten Streifen entsprechen den Muskelsäulchen, die hellen Durchgänge zwischen denselben entsprechen dem Sarkoplasma. Die langen dunklen Glieder der Säulchen entsprechen *Q*, die kurzen dunklen *Z*, die kurzen helleren *J* (siehe Fig. 14 *A*). Geht man unter sorgfältiger Beobachtung von der tiefen zur hohen Einstellung (Fig. 14 *B*) über, dann kehrt sich die Lichtvertheilung um. Die früher hellen Durchgänge werden dunkel und man hat dann noch entschiedener den Eindruck eines längsgestreiften Bündels. Zwischen den dunklen Streifen liegen jetzt die Muskelsäulchen mit hellen *Q* und *Z* und dunklen *J*.

Eine weiter fortgesetzte Beobachtung unseres Objectes lässt uns bald ein Bild erblicken, welches sich vielmehr in die Reihe der Bilder einfügt, die uns im Verlaufe dieser Untersuchungen zumeist beschäftigt haben. Nach einigem Liegen unter dem Mikroskope treten nämlich die Glieder *Z* der Muskelsäulchen immer prägnanter hervor, dabei runden sich dieselben unregelmässig ab, in demselben Masse als sich diese Veränderung vollzieht, tritt aber auch die Querstreifung immer mehr über die Längsstreifung hervor. Schliesslich kommt es nach längerem Liegen des Präparates zu Bildern wie Fig. 14 *C*, welche dasselbe Stückchen Muskelfaser wie Fig. 14 *A* und *B* darstellt, und zwar bei tiefer Einstellung. Am auffallendsten erscheint jetzt der *Z* entsprechende Querstreifen; in den Querstreifen *J* erscheint die Längsstreifung nicht mehr, die Querstreifen *Q* erscheinen aus durch helle Zwischenräume getrennten Stäben zusammengesetzt. Diese Stäbe und damit auch der Streifen *Q* stehen aber in Bezug auf Schärfe ihrer Grenzen und dunkles Ansehen sehr weit ab von *Z* und gleichen noch viel mehr den entsprechenden Theilen der Muskelfaser in dem Zustande, in welchem sie sich gleich beim ersten Anblicke unter dem Mikroskope präsentirten.

Wichtig ist, dass, während der Zeit, während welcher die Veränderungen auftreten, welche das Bild Fig. 14 *A* allmälig in das Bild Fig. 14 *C* überführen, die Contractionen an der Faser fortdauern. Es scheint aber die Energie derselben abzunehmen und wurden die Perioden zwischen zwei Contractionen immer länger. Endlich blieben die Contractionen aus und die Muskelfaser lag ruhig in einem Zustande, der durch Fig. 14 *C* dargestellt ist und von dem nicht wesentlich verschieden erscheint, welcher schon vorhanden war, als die letzten Contractionen noch über die Faser abliefen.

Ich liess nun auf die Faser Fig. 14 *C* Alkohol einwirken, den ich zwischen Objectträger und Deckgläschen einfliessen liess. Es dauerte einige Zeit, bis der Alkohol, der langsam vom Rande her in das Object eindrang, bis zu der untersuchten Faser gelangte; als das der Fall war, trat eine allmälige Verdunklung des Objectes ein und bald sah man das Bild Fig. 14 *D* mit der von den Alkoholpräparaten her wohl bekannten Querstreifung. Die Stäbe von *Q* erscheinen jetzt durch breitere helle Durchgänge getrennt, an ihren Enden verdickt und abgerundet, in ihren mittleren Theilen dünner. Die Enden gleich dunkel mit den ihnen gegenüberliegenden Körnern von *Z*, die mittleren Partien etwas heller, und dadurch ein Hensen'scher Streifen (*h*) in Mitte der jetzt als stark lichtbrechende Schichten hervortretenden *Q* markirt. In den hellen Streifen *J* und *E* ist auch jetzt nichts von einer Längsstreifung zu bemerken.

In Bezug auf die Wirkung des Alkohols auf frische, eben im Zustande der Erschlaffung abgestorbene Muskelfasern, die ich in den weiter mitzutheilenden Versuchen oft eintreten liess, muss ich gleich hier anführen, dass die Einwirkung des Reagens möglichst allmälig stattfinden soll, weil dann ein Übelstand nicht eintritt, der die Ansicht der Fasern wesentlich stört und der beim raschen Überschwemmen des Präparates mit grossem Mengen Alkohol sich geltend macht. Es ist das die Ausscheidung einer körnigen Trübung in der die Muskelfasern umspülenden Flüssigkeit und wahrscheinlich auch in den Sarkoplasmaansammlungen der Muskelfasern selbst. Oft ist diese Trübung auch bei sehr vorsichtigem Zusatz des Alkohols nicht völlig zu vermeiden und

sie scheint in den Muskelfasern verschiedener Individuen derselben Species, oder verschiedener Species, ja manchmal in verschiedenen Präparaten desselben Thieres mit wachsender Leichtigkeit ihres Entstehens und in bald grösserer, bald geringerer Menge als störende Nebenwirkung des Alkohols sich einzufinden. Solche Versuche sind dann unbrauchbar für das Studium des Überganges der Bilder Fig. 14 *C* in jene der Fig. 14 *D*. Ich habe das angeführt, um die Bemerkung daran zu knüpfen, dass man sich an solchen Vorkommnissen nicht stossen möge. Für unsere Zwecke ist es eben genügend, dass bei langsamer Einwirkung des Alkohols in den meisten Fällen die Veränderung, welche die Stäbe der Schichte *Q* durch den Alkohol erleiden, sich viel früher herstellt, als jene körnige Trübung sich ausscheidet.

Vergleichen wir nun die Bilder der Serie Fig. 14 *A*, *C* und *D* untereinander, so ergibt sich, dass gerade am ganz frischen Muskel, Fig. 14 *A*, die Muskelsäulchen, in situ in allen ihren Abtheilungen am besten zu sehen sind und das rührt offenbar daher, dass das Sarkoplasma zwischen den Säulchen schwächer lichtbrechend ist als alle Substanzen, welche die einzelnen Glieder der Muskelsäulchen bilden. Unter diesen ist aber die die Glieder *J* bildende Substanz die am schwächsten brechende. Alle diese Verschiedenheiten treten aber am frischen Muskel nur in sehr zarter Weise hervor und es besitzt der frische Muskel einen hohen Grad von Durchsichtigkeit, was offenbar daher rührt, dass die Differenz der Brechungsquotienten der einzelnen Substanzen im frischen Muskel überhaupt eine kleine ist, wie wir das ja von so vielen Geweben wissen, am auffallendsten von der Hornhaut [1] des Auges.

Das ändert sich beim Liegen des Praparates zunächst in zweifacher Weise. Erstens werden die Glieder *Z* auffallend stärker lichtbrechend und dunkel und zweitens wird die Differenz der Brechungsquotienten zwischen den Gliedern *J* und dem Sarkoplasma anderseits ausgeglichen, denn die früher wahrnehmbare Längsstreifung in den Schichten *J* wird unsichtbar. In diesem Zustande der Muskelfasern Fig. 14 *C* fallen dem Beschauer vor Allem die Schichten *Z* als stark lichtbrechende Schichten in's Auge, während die Schichten *Q*, welche wir auf Grund der Beobachtungen an Alkoholpräparaten als gleichfalls durch Breite und erhöhtes Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnete Schichten zu betrachten gewohnt sind, sich von den Schichten *J* ungleich weniger abheben als die Schichten *Z*. Auch hat es den Anschein als ob die Längsstreifung der Schichten *Q*, die ihr Ansehen im Vergleich mit dem, welches sie im frischen Zustande besassen, am wenigsten geändert haben, etwas weniger deutlich wäre als früher. Die letztere Erscheinung würde darauf hinweisen, dass das Sarkoplasma etwas stärker lichtbrechend wird, worauf dann auch wahrscheinlich der Ausgleich der Differenz der Brechungsquotienten von Sarkoplasma und *J* zurückgeführt werden könnte.

Erst wenn wir Alkohol auf die Faser wirken lassen, tritt wahrscheinlich unter Zunahme des Brechungsvermögens aller Substanzen des Muskels eine besonders starke Veränderung der Glieder *Q* auf, die das Ansehen der Muskelfaser, welches Fig. 14 *D* darstellt, bedingt. Die Längsstreifung ist auch an solchen Muskelfasern in den Schichten *J* nicht wahrnehmbar.

Man wird nach den Erfahrungen, die wir soeben gemacht haben, ermessen, was ich früher sagen wollte, als ich die optischen Eigenschaften der Muskelfasern auch bei der Untersuchung derselben im gemeinen Lichte als nicht leicht verständliche bezeichnet habe.

Die Forderung, welche zunächst erfüllt sein müsste, wenn wir über Wahrscheinlichkeitsschlüsse und Vermuthungen dabei hinauskommen wollten, wäre, dass wir die Brechungsquotienten aller einzelnen, in den Aufbau der Muskelfasern eingehenden Substanzen und die Veränderungen kennen würden, welche diese Brechungsquotienten unter bestimmten Einflüssen erleiden. Die Erfüllung dieser Forderung würde aber, wie es scheint, noch nicht genügen, es müsste auch noch das Lichtabsorptionsvermögen dieser Substanzen bekannt sein, wenn wir alle Erscheinungen an den Muskelfasern erklären wollten.

Ich habe in der letzteren Beziehung vorzüglich die oft totale Homogenisirung aller Schichten der Muskelfasern bei völlig erhaltener Unterscheidbarkeit dieser Schichten von einander im Auge, die eintritt, wenn man mit Alkohol behandelte Muskelfasern mit concentrirtem Glycerin oder mit Ölen und Lacken durchsichtig macht

[1] Vergl. A. Rollett, Handbuch der Lehre von den Geweben. Herausgeg. von Stricker, Leipzig 1872, II. Bd., p. 1099.

und die der Annahme homogener Scheiben im Muskel, die durch homogene Bindemittel aneinandergehalten werden sollten, gewiss sehr förderlich war. Wenn hier das Verschwinden der Längsstreifung in allen Schichten dadurch bedingt ist, dass die Unterschiede der Brechungsquotienten der Substanz der Fibrillen und des Sarkoplasmas in jeder Schichte ausgetilgt werden, dann müsste mit der Längsstreifung auch die Querstreifung völlig verschwinden, wenn nur gleich durchsichtige Substanzen von verschiedenem Lichtbrechungsvermögen in der Richtung der Längenaxe der Muskelfaser neben einander gelagert wären. Man sieht aber, wie gesagt, die Querstreifung erhalten. Wenn ich mich frage, wie diese Erscheinung künstlich nachgeahmt werden könnte, so fallen mir zunächst die jedem Mikroskopiker geläufigen Öle ein, welche für die homogene Immersion verwendet werden; unter diesen finden sich farblose und solche mit leichterem oder satterem Farbenstich, in welchen allen die Kanten desselben Crownglasprismas völlig verschwinden. Man könnte sich nun solche Öle geschichtet und damit die Querstreifen und mit dem Glase die Sarkoplasmaeinlagerungen nachgeahmt, und so ein Schema einer nach den angeführten Methoden durchsichtig gemachten Muskelfaser hergestellt denken.

Ich habe die letzteren Betrachtungen angestellt, um gleichsam die Reihe der Bilder Fig. 14 *A*, *C* und *D* noch mit dem Bilde stark durchsichtig gemachter, in Alkohol gehärteten Muskelfasern, die ja so vielen Untersuchungen zu Grunde gelegt wurden, zu ergänzen.

Fragen wir uns aber nun, welches von diesen Bildern uns die Muskelstructur am besten überblicken lässt, welches sie uns am meisten verhüllt?

Die unerwartete Antwort darauf ist, dass in den zarten Andeutungen der durchsichtigen lebenden Muskelfaser die grösste Anzahl von Einzelnheiten der Muskelstructur gleichzeitig erfasst werden kann, dass dagegen die stark durchsichtig gemachte gehärtete Faser die geringste Anzahl von Einzelnheiten der Muskelstructur erkennen lässt. Zu dieser werthvollen Erkenntniss wären wir aber ohne die breite Grundlage methodischer histologischer Forschung an den quergestreiften Muskelfasern gewiss nicht sobald gelangt.

Bilder wie ich sie in Fig. 14 *A*, *B* und *C* darstellte, habe ich bei Bienen, Wespen, Hummeln und bei vielen Käfern oft beobachtet. Aber nicht in allen Fällen verhält sich die Sache so, wie ich sie auf Grund dieser Bilder dargestellt habe.

In einer grossen Anzahl von Fällen findet man, wenn man die Präparation auch noch so rasch ausführt, von vorneherein immer nur Bilder, in denen, wie in Fig. 14 *C*, die Schichten *Z* in ganz überwiegender Weise hervortreten, bei welchen aber auch die Längsstreifung noch als eine vollkommen geschlossene zu sehen ist, weil die Grenzen zwischen den Gliedern *J* und den hellen Sarkoplasmadurchgängen bei tiefer Einstellung noch zu sehen sind. Die Streifen *Q* treten dagegen sehr zurück. Die Streifen *J* erscheinen sehr hell, und zwar ist, wie die genauere Betrachtung ergibt, der Grund dafür hauptsächlich in der Erweiterung gelegen, welche die hellen Sarkoplasmadurchgänge in den Streifen *J* zeigen. Die Glieder *Z* der Muskelsäulchen erscheinen als unregelmässig abgerundete Körner, die Glieder *J* im Vergleich zu *Z* sowohl als zu *Q* verengt und die weiteren Abstände zwischen den Gliedern *J* der nebeneinander liegenden Muskelsäulchen, die jetzt in situ abschnittweise verbreitert (*Q* und *Z*) und abschnittweise verengt (*J*) erscheinen, sind von ebenfalls unregelmässig abgerundeten und in die schmäleren Sarkoplasmastreifen zwischen *Q* und *Z* übergehenden grösseren Sarkoplasmaansammlungen ausgefüllt. Ein Bild dieser Art von *Geotrupes sylvaticus* ist in Fig. 15 *A* dargestellt.

In solchen Fällen hat man sehr sorgfältig darauf zu achten, dass die richtige Einstellung gewählt werde, weil die hohe Einstellung Details erkennen lässt, die, unrichtig gedeutet, zu grossen Missverständnissen führen würden. Fig. 15 *B* zeigt dasselbe Muskelfaserstückchen von *Geotrupes sylvaticus* bei hoher Einstellung, die Sarkoplasmadurchgänge mit ihren den Streifen *J* entsprechenden Anschwellungen erscheinen dunkel, das Bild gemahnt in hohem Grade an ein Säurebild bei tiefer Einstellung, wie wir ein solches von *Staphylinus caesareus* im ersten Theile (Fig. 17 *A*) dargestellt haben.

An das eben besprochene Bild schliesst sich ein anderes an, welches ebenso wie die in Fig. 14 *A* und Fig. 15 *A* dargestellten Bilder an rasch aufpräparirten noch zuckenden Muskeln häufig beobachtet werden kann. Es ist in Fig. 16 *A* dargestellt, und zwar nach einem Präparate von *Donacia impressa*. Ich nehme Umgang von einer speciellen Beschreibung desselben, da ich nur wiederholen müsste, was ich von Fig. 15 *A* angeführt habe.

Nur die sofort ersichtliche Verschiedenheit beider Bilder ist zu bemerken. Sie beruht darauf, dass die Glieder *Z* der Muskelsäulchen lang gezogen sind und in ihren mittleren Theilen breit, an den Enden aber verschmälert erscheinen und mit den verschmälerten Enden übergehen in die schmalen Glieder *J*. So wie dadurch die Form der Muskelsäulchen eine von der Form Fig. 15 *A* abweichende wird, so bedingt das auch ein abweichendes Aussehen der hellen Sarkoplasmadurchgänge zwischen den Muskelsäulchen. Fig. 16 *B* zeigt dasselbe Muskelstückchen bei hoher Einstellung, die Muskelsäulchen hell, die Sarkoplasmadurchgänge dunkel.

Sehr oft beobachtete ich sowohl bei Käfern als auch bei Hymenopteren, deren Muskelfasern, wenn sie ohne jeglichen Zusatz aufpräparirt worden waren, eine Zeit lang zuckten, dann ihre Zuckungen allmälig einstellten, an zur Ruhe gelangten Muskelfasern Bilder, wie ein solches nach einem Präparate von *Bombus terrestris* in Fig. 17 dargestellt ist. Die Muskelsäulchen sind in situ zu sehen, alle ihre Glieder (*Z*, *J* und *Q*) von dem Sakoplasma abgegrenzt, aber sie erscheinen im Zickzack gebogen. Alle Glieder *Q* besitzen eine gegen die Längsaxe der Muskelfaser desorientirte Längsaxe und die Desorientirung ist in allen Gliedern *Q* eine parallel gehende und gleichzeitig erscheinen die die Glieder *Q* verbindenden Abschnitte *J*+*Z*+*J* ebenfalls parallel gehend, aber im entgegengesetzten Sinne und um einen grösseren Winkel gegen die Axe der Muskelfaser desorientirt. Erscheinen die Glieder *Z* verlängert, wie in dem abgebildeten Muskelstückchen, so fällt ihre Längenaxe mit der Abweichungslinie der Abtheilung *J*+*Z*+*J* zusammen. Sind die Glieder *Z* ebenmässig nach Länge und Breite entwickelt, so sitzen sie wie dunkle Körner in der Mitte zweier aufeinanderfolgenden parallel abgewichener *J*. Die Veranlassung für diese eigenthümliche Desorientirung der einzelnen Glieder der Muskelsäulchen ist vorläufig nicht gut anzugeben.

Es erinnern aber solche Muskelfasern durch das wellige Ansehen ihrer durchgehenden Längsstreifung unwillkürlich an die Faserzüge wellig geschlungener Bindegewebsbündel. Ich verweise hier auf Fig. 27 des ersten Theiles, welche ein Goldbild einer Muskelfaser von *Lacon murinus* darstellt und bei welchem eine solche schiefe Lage der Knotenreihen I und II wahrzunehmen ist, die darauf hinweist, dass bei den in das Goldbad gebrachten frischen Muskeln ebenfalls eine ähnliche Zickzackbiegung der Muskelsäulchen aufgetreten sein musste, wie wir sie hier bei *Bombus terrestris* beobachtet haben.

Ich kann nun, ehe ich über weitere Bilder berichte, die an frischen Muskelfasern zu beobachten sind, rückblickend auf die bisher besprochenen Bilder eine Thatsache nicht unbemerkt lassen, welche sich bei Vergleichung der Figuren 14 *A*, 14 *C*, 15 *A* und 16 *A* ergibt. Unter diesen Bildern ist eines, nämlich 14 *A*, welches sich von den übrigen sehr wesentlich unterscheidet, während die anderen drei viel mehr miteinander übereinstimmen.

Unter diesen letzteren ist aber wieder eines 14 *C*, welches uns die directe Beobachtung als ein während des Überlebens der ausgeschnittenen Muskelfaser auftretendes späteres Veränderungsstadium von 14 *A* kennen gelehrt hat.

In 14 *A* erscheinen aber, und das sind eben die wesentlichen Unterschiede dieses Bildes von den drei anderen Bildern, erstens die Muskelsäulchen gleichbreit in allen ihren Gliedern, zweitens die Glieder *Z* lange nicht so dunkel und endlich die Glieder *Z* und *Q* gegen *J* nicht durch gebogene, sondern durch gerade Grenzlinien abgesetzt. Würden wir in allen Fällen an ausgeschnittenen Muskelfasern zuerst ein Bild beobachten, welches 14 *A* entspricht und erst nach einigem Liegen die Bilder 14 *C*, 15 *A* und 16 *A* aus jenem zuerst beobachteten Bilde sich entwickeln sehen, so würden wir ganz allgemein den Satz aussprechen müssen, dass in den ausgeschnittenen Muskelfasern bald eine Deformation der Muskelsäulchen und zugleich eine substantielle Veränderung hauptsächlich der Glieder *Z* derselben auftritt. Sehr merkwürdig bliebe aber dann die Thatsache, dass Muskelfasern mit also deformirten Muskelsäulchen noch lange fortgesetzt unter dem Mikroskope sehr lebhafte Contractionen ausführen, wie wir das eben an Fig. 14 *C*, Fig. 15 *A* und Fig. 16 *A* direct beobachtet haben.

Gerade diese letztere Beobachtung verwehrt es uns aber einen so allgemeinen Satz über die Deformation der Muskelsäulchen in ausgeschnittenen überlebenden Muskelfasern auszusprechen.

Nur wenn uns an Fig. 14 *A* noch wesentlich andere physiologische Qualitäten auffallen würden als an Fig. 14 *C* und die physiologischen Qualitäten des letzteren Falles an Fig. 15 *A* und Fig. 16 *A* auch zu beobachten

wären, die des ersteren Falles aber nicht, wäre mit der allergrössten Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass selbst die kurze Zeit des Aufpräparirens der Muskelfasern schon hinreichend ist, um eine Deformation der Muskelsäulchen herbeizuführen, während in dem intacten Muskel innerhalb des lebenden Thieres alle Muskelfasern das Aussehen besitzen, welches Fig. 14 *A* zeigt, und welches unter besonders günstigen Umständen auch an der überlebenden Faser noch erhascht werden kann.

Unsere bisherigen Erfahrungen erweisen uns aber nur die Möglichkeit, dass es sich so verhalten könnte, ohne dass wir die andere Möglichkeit, dass auch in völlig intacten Muskelfasern innerhalb des lebenden Thieres von vorneherein die Bilder Fig. 15 *A* und Fig. 16 *A* vorhanden sind, völlig ausschliessen können.

An das in Fig. 16 *A* dargestellte Bild möchte ich, indem ich nun in der Besprechung der mannigfaltigen Bilder, welche frische Muskelfasern darbieten können, fortfahre, die bei Käfern ebenfalls häufig zu beobachtenden Bilder reihen, bei welchen neben den Gliedern *Z* der Muskelsäulchen auch die Glieder *N* derselben zu sehen sind. Ein Beispiel dafür ist in Fig. 18 nach einem Präparate von *Phosphuga attrata* dargestellt. Die Längsstreifung war auch an dieser Faser eine durchgehende, das heisst, man sah deutlich die verengten Glieder *J* gegen das Sarkoplasma abgegrenzt. An Stelle der aus einer queren Körnerreihe bestehenden Schichten *Z* bemerkte man Querreihen von Stäben, von welchen jeder durch zweifache leichte Einschnürung in drei aufeinanderfolgende Abtheilungen gebracht erschien. Diese in den Querreihen stehenden Stäbe fielen durch ihr dunkles Ansehen wieder sofort in die Augen, während die Schichten *Q* sich dagegen in eben so geringem Masse geltend machten, wie das bei den vorausgehend beschriebenen Muskelfasern der Fall war. Der Eindruck der Umkehr der Querstreifung der bei der Beobachtung sogenannter fixirter Contractionswellen so auffallend hervortritt, wenn man die contrahirten Stellen der Faser mit den erschlafften Stellen derselben vergleicht, geht fast ganz verloren, während an solchen frischen Fasern Contraction und Erschlaffung mit einander abwechseln. Es schwinden bei der Contraction zwar die hellen Streifen *J*, aber der stark lichtbrechende Streifen des contrahirten Muskels (Nasse's Contractionsstreifen) nimmt nicht nur den Platz ein, an welchem sich im erschlafften Muskel die stark lichtbrechenden Schichten $N+Z+N$ befanden, sondern scheint auch ganz unmittelbar nur ein Verkürzungszustand der letzteren zu sein und in beiden Fällen treten die Streifen *Q* in Bezug auf die Schärfe der Begrenzung und die Dunkelheit des Ansehens gegen die stark lichtbrechenden dunklen Querstreifen sehr zurück.

Ich hätte etwas Ähnliches auch schon für die Bilder Fig. 14 *C*, Fig. 15 *A* und Fig. 16 *A* hervorheben können. Die Erscheinung tritt aber gerade an Muskelfasern, wie Fig. 18, am auffallendsten hervor.

Ich habe diese Bemerkungen hier eingeflochten, um jetzt darauf aufmerksam zu machen, dass die Bilder des lebenden erschlafften Muskels eine viel grössere Ähnlichkeit mit den Bildern des lebenden contrahirten Muskels haben, als man annehmen möchte, wenn man erschlaffte Fasern von Alkoholpräparaten, an welchen der Streifen *Q* so scharf hervortritt, mit contrahirten Fasern von Alkoholpräparaten vergleicht. Ich werde aber in einem späteren Abschnitte bei Gelegenheit der Besprechung der mikroskopischen Vorgänge bei der Muskelcontraction erst noch genauer auf diese Erscheinung eingehen. Lässt man auf Bilder, wie Fig. 18, wenn die Muskelfasern zu Ruhe gekommen sind, in der früher beschriebenen Weise Alkohol wirken, dann treten die Schichten *Q* so hervor, wie in Fig. 14 *D*, während die Schichten $N+Z+N$ sich dadurch noch klarer als *Z* mit zwei enge anliegenden *N* charakterisiren, dass *Z* jetzt wesentlich dunkler erscheint als die beiden *N*, wie es an Alkoholpräparaten gewöhnlich der Fall ist.

An lebenden Muskelfasern sind ferner auch Bilder zu beobachten, in welchen die Streifen *N* sowohl von den Streifen *Q* als auch von den Streifen *Z* durch helle Streifen *J* und *E* getrennt erscheinen. Ein solches Bild von einer Faser von *Dorcus parallelopipedus* stellt Fig. 19 *A* dar. Die Längsstreifung ist wieder, wie an frischen Muskeln, deutlich hervortretend und durchgehend, sowohl die Glieder *J* als *E* der Muskelsäulchen deutlich von den hellen Sarkoplasmadurchgängen abgegrenzt. Fig. 19 *B* zeigt das Bild bei hoher Einstellung.

Ich habe im 1. Theile auf Grund von Untersuchungen an Alkoholpräparaten auseinandergesetzt, dass das Vorhandensein oder Fehlen der Streifen *N* (der Nebenscheiben Engelmann's) einem sehr grossen und anscheinend ganz regellosen Wechsel unterworfen ist.

Ich finde nun, dass Alles, was ich dort darüber vorgebracht habe, auch für die ganz frisch untersuchten Muskelfasern gilt. Es ist hiebei aber noch überdies zu beobachten, dass an Muskelfasern, denen die Streifen *N* fehlen, durch lange Zeit ganz energisch Contraction und Erschlaffung mit einander abwechseln und dass ganz dasselbe der Fall ist mit Muskelfasern, die, sobald sie in den erschlafften Zustand gelangen, die Streifen *N* immer ganz deutlich erkennen lassen. Dem Verständniss der sogenannten Nebenscheiben setzen diese Beobachtungen die allergrössten Schwierigkeiten entgegen, anderseits weisen sie aber auch darauf hin, dass die Streifen *N* eine cardinale Bedeutung für die Contractionsfähigkeit einer Muskelfaser und für den Contractionsvorgang selbst nicht haben können. Weitere Auseinandersetzungen über diesen Punkt würden aber wieder schon in einen Gegenstand überführen, welchen ich später abgesondert behandeln will.

Ich habe endlich um die Bilder, welche man an lebenden Muskelfasern beobachten kann, weiter zu vervollständigen, noch das in Fig. 20 dargestellte Bild einer lebenden Faser von *Musca vomitoria* zu besprechen.

Es entspricht zugleich in Bezug auf die gewählte Vergrösserung nahe der Zeichnung, welche Amici [1] von demselben Objecte gegeben hat und stellt, wie die letztere eine Faser mit nur einer gürtelförmigen Sarkoplasma-Inscription dar.

Es entspricht in Bezug auf die Art und Weise, wie sich die Muskelsäulchen und das Sarkoplasma daran präsentiren, wieder einem besonderen Bilde frischer Muskelfasern, welchem man nicht nur bei Fliegen, sondern auch bei Käfern oft begegnet. Die Glieder *Q* und *Z* sind optisch ziemlich gleich wirksam. *Q* kaum weniger hervortretend als *Z*, die ersteren als scharf begrenzte Stäbe, die letzteren in Form rundlicher Körner. Dagegen erscheinen die Streifen *J* völlig homogen und um Vieles heller als *Q*. Es entspricht das der Darstellung, welche auch Amici gegeben hat. Eine durchgehende Längsstreifung fehlt also hier, weil die Glieder *J* der Muskelsäulchen sich nicht von den Sarkoplasmadurchgängern abgrenzen. Mit Rücksicht auf den für die Darstellung ausgewählten Fliegenmuskel sei es zugleich erlaubt, das Folgende zu bemerken:

In der Mitte der Faser sieht man das körnige centrale Sarkoplasma *Spc* Fig. 20 mit den Kernen, die nicht alle dieselbe Beschaffenheit darbieten. Einige derselben erscheinen in ihrer Substanz durchgehend von Körnchen durchsetzt, während in anderen eine helle Randzone, von aussen durch einen scharfen Contour begrenzt, einen in der Mitte angesammelten Körnchenhaufen umgibt. Die Körner der Sarkoplasma-Inscription Sp^1 Fig. 20 liegen als grosse eckige Körner oder Körnerhaufen vorzugzweise den Schichten *Q* entsprechend angesammelt. Eine Erscheinung, von welcher ich schon früher bemerkte (p. 17 [39]), dass sie häufig, aber nicht immer zu sehen ist. (Vergleiche auch Fig. 11 *B*.) Den Schichten *Q* entsprechend ist das Sarkoplasma unter dem Sarkolemma *Sps* Fig. 20 dichter angesammelt als an den Schichten *Z*. In den Ansammlungen besitzt es einen erhöhten Glanz und dichte Einlagerungen von Körnchen und wölbt sich schon an den ganz frischen Muskeln das Sarkolemma über diesen Ansammlungen nach aussen vor.

In der Darstellung, welche Amici gibt, sind die Kerne ganz unkenntlich angedeutet, ebenso die Körnerhaufen der Sarkoplasma-Inscription Sp^1, nur die Correspondenz derselben mit *Q* ist richtig wiedergegeben. Das Sarkoplasma unter dem Sarkolemma ist bei Amici zwar nur durch Aussparrung des Raumes, aber insoferne richtig angedeutet, als auch er die den Streifen *Q* entsprechenden Vorwölbungen der seitlichen Grenzen der Faser zeichnet. Es ist nun wichtig hervorzuheben, dass man bei genauer Beobachtung auch an den frischen Muskelfasern der Käfer, Hymenopteren und anderen Insecten mehr oder weniger ausgeprägt, dieselben Vorwölbungen findet, wie wir sie bei der Muskelfaser der Fliege gezeichnet haben. Mit dieser von vorneherein gegebenen ungleichen Vertheilung des Sarkoplasmas an der Oberfläche der Muskelfasern steht aber offenbar die Erscheinung in Beziehung, welche wir im 1. Theile (p. 18 [98]) ausführlich besprochen haben, nämlich, das Entstehen der den Streifen *Q* entsprechenden gewölbten Canäle (Festons der Seitenansicht), von welchen wir dort behauptet haben, dass sie nicht auf Ablösung des Sarkolemmas allein, sondern auf der Bildung von Vacuolen im Sarkoplasma beruhen, von welchem immer eine das Sarkolemma innen überziehende Lage mit abgelöst wird, welche dann den Zusammenhang mit dem nicht abgelösten Sarkoplasma über den Streifen *Z*

[1] Amici l. c. Fig. 2.

oder $N+Z+N$ (vergleiche Fig. 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 des 1. Theiles) herstellt. Am Schlusse dieser Beobachtungen an frischen Muskelfasern habe ich nur noch anzuführen, dass der Streifen *h* an denselben nicht gesehen werden konnte.

Ich habe nun durch die Besprechung der in den Fig. 14 *A*, 14 *C*, 15 *A*, 16 *A*, 17, 18, 19 *A* und 20 dargestellten Bilder frischer Muskelfasern gezeigt, dass das Aussehen solcher Muskelfasern ein sehr mannigfaltiges ist und muss jetzt hervorheben, dass die Mannigfaltigkeit des Aussehens frischer erschlaffter Fasern mit den gegebenen Beschreibungen natürlich nicht erschöpft ist. Ich habe aber bei den zahlreichen Beobachtungen, welche ich anstellte, nichts gefunden, was sich nicht in den Rahmen der gegebenen Beispiele einfügen liesse und damit ist auch gesagt, dass ich nichts gefunden habe, was den Vorstellungen, die wir uns über den Bau der quergestreiften Muskelfasern auf Grund unserer Untersuchungen machen müssen, widersprechen würde.

Ich habe früher angeführt, dass auch das Verhalten der Muskeln bei der Haematoxylintinction für die Abhängigkeit der Querstreifung der Muskelfasern von der Gliederung der Fibrillen, beziehungsweise der Muskelsäulchen spreche.

In dieser Beziehung habe ich auf frühere Angaben zu verweisen.

Erstens wurde vorgebracht, dass man auf Querschnitten von Muskelfasern, welche nicht überfärbt wurden, die Cohnheim'schen Felder allein stark tingirt, das Sarkoplasma aber ganz ungefärbt oder nur schwach gefärbt erhalten kann. (Vergleiche p. 4 [26] u. d. f. und Fig. 11 *A*.)

Vergleicht man damit gelungene Haematoxylintinctionen der Längenansicht der Muskelfasern (Fig. 8, 9, 10, 11 *B*), an welchen man die Stäbe von *Q* und die kurzen Stäbe oder Körner von *N* und *Z* stark gefärbt findet, während die Durchgänge zwischen denselben und die Streifen *J* und *E* nicht oder nur wenig gefärbt erscheinen, und bedenkt man, dass an solchen Fasern die Querstreifung allein durch die regelmässig in unterbrochener Abwechslung sich folgenden Querreihen jener Stäbe und Körner zu Tage tritt, so ist wohl jede andere Annahme ausgeschlossen, als die, dass die Querstreifung durch die Gliederung der Muskelfibrillen bedingt ist und dass von den verschiedenen Gliedern einzelne, nämlich *Q*, *N* und *Z* sich mit Hämatoxylin stark färben, während andere, nämlich *J* und *E* sich in ähnlicher Weise wie das Sarkoplasma nicht oder nur schwach tingiren.

Ich komme schliesslich zur Besprechung der schon wiederholt angekündigten Goldbilder, an welchen zum Unterschiede von den im III. Abschnitte (1. Theil, p. 41 [121]) besprochenen Goldbildern nicht das Sarkoplasma, sondern die Substanz der Fibrillen mit Gold imprägnirt erscheint.

Wenn ich frische Muskeln ganz in der Weise und nach den Regeln vergoldete, welche ich früher (1. Theil, pag. 44 [124]) angegeben habe, bemerkte ich in einzelnen Fällen, dass ich ganz andere Bilder erhielt, als ich für gewöhnlich zu erhalten pflegte. Diese besonderen Bilder wichen aber von den gewöhnlichen in einer so durchgreifenden Weise ab, dass man sich von denselben in hohem Grade überrascht finden musste.

An denselben war nämlich nicht das Sarkoplasma durch Gold roth gefärbt, sondern einzelne Glieder der Muskelsäulchen erschienen gefärbt, während das Sarkoplasma völlig weiss geblieben war. Die Querstreifung solcher Fasern präsentirte sich dann in folgender Weise: *Q* schön roth gefärbt, satter die Enden, heller roth die dem Streifen *h* entsprechende Mitte; *J* weiss; *Z* beträchtlich dunkler als *Q*, neutral grau oder mit einem violetten oder rothen Tone. Waren auch die Streifen *N* und *E* zu beobachten, so erschien *N* in ähnlichen Nuancen, wie *Z* nur gewöhnlich etwas heller, *E* dagegen wieder völlig weiss. Es war auch nicht schwer, sich die Überzeugung zu verschaffen, dass das, was in den gefärbten Streifen der Träger der Färbung ist, die in den Querstreifen liegenden Glieder der Muskelsäulchen sind, während die Sarkoplasmadurchgänge ganz ungefärbt erscheinen. Würde man also die Gold-Säurebilder, welche wir im III. Abschnitte kennen gelernt haben und bei welchen das Sarkoplasma roth gefärbt, die Substanz der Muskelsäulchen in allen ihren Gliedern aber ungefärbt erscheint, mit Bezug auf das Sarcoplasma als Positive bezeichnen, so könnte man die zweite Art von Goldbildern als Negative bezeichnen. Die Positive wären also charakterisirt durch gefärbtes Sarkoplasma, ungefärbte Säulchen, die Negative durch ganz ungefärbtes Sarkoplasma und Muskelsäulchen mit abwechselnd gefärbten und ungefärbten Abschnitten.

Es ist nun gewiss eine Erfahrung, die ganz eigenthümlich anmuthen muss, wenn man in demselben Muskelstückchen nach der Vergoldung und Behandlung mit der Reductionsflüssigkeit solche positive und negative Goldbilder einzelner Fasern neben einander vorfindet und das ist gelegentlich bei der Untersuchung der Muskeln der verschiedensten Käfer wirklich der Fall.

In anderen Fällen erhält man auch, wenn man, wie gesagt, ganz nach den Regeln verfährt, welche für die Herstellung positiver Bilder angegeben wurden, ausschliesslich nur Bilder mit ungefärbtem Sarkoplasma und imprägnirten Säulchen, ja ich erinnere mich, dass ich zufällig bei *Doreus parallelopipedus*, bei *Meloë proscarabaeus* und *Corymbites aenneus* anfangs bei den Vergoldungsversuchen beharrlich nur solche Goldbilder erhielt, so dass ich schon diesen Käfern eine Ausnahmestellung zu vindiciren geneigt war, bis mich weitere Erfahrungen belehrten, dass das eben nur Zufälligkeiten waren, die sich auch bei anderen Käfern ereignen und dass bei den genannten Käfern die Goldbilder mit gefärbtem Sarkoplasma auch diejenigen sind, welche bei Weitem am häufigsten erhalten werden.

Bei den Muskeln der Fliegen habe ich dagegen die andere Art der Goldbilder so oft und so häufig angetroffen, dass ich schon früher darauf aufmerksam machte, man möge hier für das Studium der Säurebilder vor Allem nicht vergoldete Muskelfasern heranziehen. Es werden aber auch bei den Fliegen mit den Säurebildern übereinstimmende Goldbilder, bei welchen nur das Sarcoplasma, die Säulchen aber nicht mit Gold gefärbt erscheinen, erhalten. Als ich dieses jetzt hinlänglich charakterisirte, hie und da unterlaufende Vorkommen einer zweiten Art von Goldbildern beobachtet hatte, richtete ich mein Bestreben darauf, die Herstellung beider Arten von Goldbildern von der blossen Zufälligkeit zu befreien. Das wollte aber lange nicht gelingen, bis ich schliesslich gerade die seltenere Art der Bilder, die Muskelfasern mit vergoldeten Fibrillen, sicher und auf sehr einfache Weise herstellen lernte. Inzwischen machte ich während dieser Bemühungen die Beobachtung, dass die Fasern der Flugmuskeln der Insecten beim Vergolden sich in der Regel so verhalten, wie die Muskelsäulchen der gewöhnlichen Form quergestreifter Muskelfasern nur ausnahmsweise. Ich verstehe unter Flugmuskelfasern die stielrunden dicken Fasern, welche meist zu sehr dicken Bündeln geordnet die Flugmuskeln zusammensetzen und die Träger der Querstreifung sind. Es scheint mir bei der tiefgehenden histologischen Verschiedenheit der Flugmuskeln von den übrigen Skeletmuskeln vorerst müssig, auf eine durchgreifende Analogisirung der Elemente der Flugmuskeln mit den Elementen der anderen Skeletmuskeln hier einzugehen. Ich habe schon gesagt, dass ich die Flugmuskeln später abgesondert zu behandeln gedenke. Was ich hier als Flugmuskelfaser bezeichne, ist eine quergestreifte Faser eigener Art und ich lasse es unberührt, ob dieselbe noch in feinere Fasern spaltbar ist oder nicht. Die Querstreifung dieser Faser ist meist eine sehr einfache. Man sieht helle und dunkle Glieder mit einander abwechseln und nur über diese Querstreifung will ich etwas berichten, was zur Erläuterung der Bilder, die wir später an den Skeletmuskeln kennen lernen werden, dienen kann.

Man sieht, wenn man frische Flugmuskeln nach der früher angegebenen Methode vergoldet, immer die dunklen Glieder schön und satt roth gefärbt, die hellen dagegen weiss geblieben. Fig. 21 stellt eine solche vergoldete Flugmuskelfaser von *Hydrophilus piceus* dar. Man sieht an derselben die imprägnirten Abschnitte breit, die weiss gebliebenen als schmale Streifen dazwischen. Diese Beobachtung an den Flugmuskeln, zusammengehalten mit der früher vorgebrachten Thatsache, dass wir gelegentlich auch beim Vergolden frischer Skeletmuskeln Fasern mit roth gefärbten Streifen *Q* erhalten, schien mir darauf hinzuweisen, dass die breiten Streifen der Flugmuskelfasern die Analoga der Streifen *Q* der anderen Muskeln sind und dass bei den Flugmuskeln das Goldchlorid in der Regel unter Bedingungen auf die Fasern zur Wirkung gelangt, welche die Imprägnation der Streifen *Q* zur Folge hat, während bei der Vergoldung der anderen Muskelfasern das nur gelegentlich und ausnahmsweise der Fall ist. Welcher Natur diese Bedingungen sind, lässt sich vor der Hand nicht angeben; es lässt sich aber nur annehmen, dass man sie in besonderen chemischen Vorgängen zu suchen habe. Wenn man sich an die Fähigkeit der Flugmuskeln, ihre Einzelzuckungen mit explosiver Geschwindigkeit[1]

[1] Vergleiche Marey, Annal. des sciences naturelles. Sér. V (Zoologie), T. XII, p. 58. Paris 1869.

auszuführen erinnert, kann ein besonderes Verhalten der Flugmuskeln in Hinsicht der chemischen Vorgänge nicht auffallend sein.

Wie sich die hier berührten Thatsachen aber auch noch aufklären werden, einstweilen lässt sich durch verhältnissmässig einfache chemische Einwirkungen auf die Muskelfasern zeigen, dass die Wirkung des Goldchlorids auf die Muskeln in hohem Grade abhängig ist von dem Zustande, in welchem sich die Muskelfasern befinden, wenn sie in das Goldbad gebracht werden.

Schon Retzius[1] beobachtete, dass, wenn man frisch mit Osmiumsäure behandelte Muskelfasern vergoldet, die breiten Querstreifen (*Q*) sich röthlich färben, während die zwischen denselben liegenden Abschnitte und die in der Mitte derselben befindlichen sogenannten Querfadennetze (unsere Streifen *J*+*Z*) ungefärbt bleiben.

Wenn ich ganz kleine Stückchen von Käfermuskeln für kurze Zeit in 1%ige Osmiumsäure tauchte und dann in der früher (1. Theil, pag. 44 [124]) beschriebenen Weise vergoldete, fand ich die Muskelfasern immer stark gequollen, die Streifen *Q* schön roth gefärbt, die Streifen *J* dagegen weiss; die *Z* endlich hoben sich durch eine sehr dunkle, fast schwarze Farbe hervor, während aber in *Q* die Längsstreifung zwischen den stark gequollenen rothen Muskelsäulchen nur noch angedeutet war, trat sie in *Z* sehr auffallend hervor, indem sich *Z* zusammengesetzt erwies aus einer Querreihe nebeneinander liegender scharf begrenzter und auseinander gerückter Körner oder kurzer Stäbe, welche die dunkle Farbe angenommen hatten. Man kann sich eine Vorstellung von solchen Muskelfasern ungefähr machen, wenn man die Fig. 28 links betrachtet, welche zwar keinem solchen Präparate entstammt, aber den nach vorhergehender Behandlung mit Osmiumsäure vergoldeten Muskelfasern sehr ähnlich ist. Lässt man solche Muskelfasern durch längere Zeit in der Reductionsflüssigkeit liegen, dann quellen sie immer mehr und schliesslich kommt es durch diese Maceration öfter dazu, dass beim Aufpräpariren in den erweichten Schichten *J* der Zusammenhang verloren geht und die gequollenen *Q* meist in Stücken herausfallen, während die *Z* in ihrem Zusammenhange wie Rippen, die der Maceration den grössten Widerstand entgegensetzten, erhalten bleiben. Wieder verweise ich auf Fig. 28, welche ganz ähnliche Verhältnisse darbietet.

Die Schichten *Z* werden auf diese Weise als Scheiben isolirt und wenn eine solche Scheibe auf die Fläche zu liegen kommt, was nicht selten zu beobachten ist, sieht man an derselben die Cohnheim'schen Felder dunkel in der für die betreffende Muskelfaser charakteristischen Form und Anordnung durch breite helle Sarkoplasmabalken auseinandergerückt, ähnlich wie bei Muskeln, die wir als unter schwacher Säurewirkung gestandene früher (1. Theil, pag. 30 [110], Fig. 11 *B*) kennen gelernt haben. Sind an Muskeln, die kurze Zeit mit Osmiumsäure behandelt und dann vergoldet wurden, die Streifen *N* vorhanden, so verhalten sich diese den Streifen *Z* ganz ähnlich, meist erscheinen sie aber nicht so dunkel wie *Z*.

Einen ganz ähnlichen Einfluss wie die Vorbehandlung der Muskelfasern mit Osmiumsäure hat auch die Vorbehandlung derselben mit Alkohol auf die Resultate der nachträglichen Vergoldung, ja man erhält hier, da durch den Alkohol das Quellungsvermögen der Muskelfasern viel mehr beschränkt wird, gerade diejenigen Bilder, welche ich als die von den Goldsäurebildern verschiedene zweite Art der Goldbilder recht eigentlich im Auge gehabt habe und die ich jetzt wegen der Deutlichkeit, mit welcher sie die Muskelstructur veranschaulichen, noch näher behandeln muss.

Wenn man die Muskeln von Käfern, die 24 Stunden in Alkohol von 93% gelegen haben, für einige Zeit in Glycerin bringt und dann in der früher angegebenen Weise nur mit meist zu verkürzender Dauer des Goldbades vergoldet, erhält man Bilder, welche die Streifen *Q* roth, die Streifen *J* und *E* ungefärbt oder wenigstens sehr blass erscheinen lassen. Das Sarkoplasma erscheint an denselben ebenfalls ungefärbt. Die Streifen *Z* und *N* unterscheiden sich immer sehr wesentlich sowohl von *Q* als auch von *J* und *E*, ihr Aussehen ist aber nicht immer dasselbe und bedarf besonderer Beschreibung, die wir auch sofort geben werden. Fig. 22 stellt eine also vergoldete Muskelfaser von *Melasoma populi* dar. Die Bezeichnung der Querstreifen ist an der Seite der Figur ersichtlich. Bei *K* befindet sich ein unter dem Sarkolemma sitzender Kern, der von Gold intensiv roth

[1] Retzius l. c. p. 11.

gefärbt erscheint. Das Sarkolemma ist in schmutzig gelblichem Tone gefärbt. *Z* erscheint am dunkelsten, in einem purpurvioletten Farbentone, dessen hellere Nuance als Farbe der *N* zu sehen ist, die hier sehr breit sind und aus Querreihen kurzer Stäbe bestehen. In diesen Streifen tritt die Längsstreifung am deutlichsten hervor, sie ist aber fein angedeutet auch in *Q* zu sehen, sowie auch *Z* aus Querreihen von Körnern zusammengesetzt erscheint, dagegen entbehren *J* und *E* der Längsstreifung vollkommen.

Ein zweites Bild einer nach vorausgehender Alkoholbehandlung vergoldeten Muskelfaser ist in Fig. 23 dargestellt, und zwar nach einer Muskelfaser von *Oxythyrea stictica.*

Fig. 22 und 23, neben und mit einander betrachtet, beleuchten zugleich auf das Schönste den Werth, welchen die zuletzt erwähnte Goldbehandlung für die Differenzirung der verschiedenen Theile der Muskelfasern hat. Ich finde, dass sie in der letzteren Beziehung das beste Mittel ist, welches man empfehlen kann. Es übertreffen solche Goldbilder bei Weitem die Haematoxylintinctionen. Da ich ferner Muskelfasern mit Pikrocarmin, mit Fuchsin, Safranin, Eosin, löslichem Anilinblau, Methylenblau, Methylgrün, Gentianaviolett, Methylanilinviolett 5 *B*, Dahlia, Vesuvin und Bismarckbraun tingirt habe, über welche Versuche ich aber, da ich bisher keinen wesentlichen Vortheil daraus gezogen habe, vorläufig nicht genauer berichten will, kann ich auch sagen, dass die letzterwähnten Goldbilder auch eine ganze Reihe anderer Muskeltinctionen weit übertreffen.

Fig. 20 stellt in Bezug auf die Anordnung der differenten Querstreifen einer Muskelfaser gleichsam einen äussersten Grenzfall vor, Fig. 22 den anderen. Die Bezeichnung der Querstreifen ist wieder an der Seite der Fig. 23 ersichtlich. Es treten in Fig. 23 durch ihre rothe Farbe wieder die Streifen *Q* hervor, während aber in Fig. 22 *Q* gleichmässig roth gefärbt erscheint, ist es in Fig. 23 in satter und heller gefärbte Abschnitte zerfallend, die helleren Abschnitte entsprechen dem hier doppelt auftretenden Hensen'schen Streifen (vergleiche 1. Theil, pag. 14 [94]), während der Hensen'sche Streifen in Fig. 22 fehlt. Die Streifen *J* und *E* verhalten sich in Fig. 23 ganz ähnlich wie in Fig. 22. Dagegen sind die Streifen *Z* und *N* besonders schmal, untereinander gleich breit und wieder durch dunkelpurpurvioletten Farbenton gekennzeichnet, der aber hier in *Z* und *N* gleich dunkel erscheint. Fig. 24 stellt stärker vergrössert ein Stückchen einer Muskelfaser von *Pseudophonus ruficornis* dar. In Bezug auf die durch die Goldbehandlung differenzirten Querstreifen steht es gleichsam in der Mitte zwischen Fig. 22 und 23. Es tritt in Fig. 24 nur ein einfacher Hensen'scher Streifen hervor, die Streifen *J* sind weiss, aber für jedes Muskelsäulchen durch einen deutlichen Contour gegen die die Muskelsäulchen trennenden weissen Sarkoplasmadurchgänge abgesetzt. Es erscheint nur der Streifen *Z*, die Streifen *N* fehlen. *Z* ist neutral grau, ohne färbigem Anflug. Fig. 24 stellt ein Packet von Muskelsäulchen dar, welches durch Zerzupfen einer vergoldeten Muskelfaser gewonnen worden war.

Muskelfasern, die nach vorhergegangener Alkoholbehandlung vergoldet wurden, lassen sich auch noch weiter zerlegen, so dass man die feinsten Fibrillen durch Zerfasern derselben gewinnen kann. Fig. 25, 26 und 27 stellen solche Fibrillen dar, und zwar Fig. 25 von *Dyticus marginalis* mit Gliedern *Q*, die roth, Gliedern *J*, die weiss, Gliedern *Z*, die grauroth erscheinen. In den Gliedern *Q* ist ein breiter Hensen'scher Streifen zu sehen. Fig. 26 sind Fibrillen von *Astacus fluviatilis* mit Gliedern *Q*, die roth erscheinen und die drei satter gefärbte Abschnitte und dazwischen zwei heller roth gefärbte Abschnitte erkennen lassen. Es sind also Glieder mit doppeltem Hensen'schen Streifen. Ein solcher ist bei den Muskeln von Krebsen (*Astacus fluviatilis, Maja squinado*) sehr häufig zu beobachten, es kommen aber auch Fasern mit einfachem Hensen'schen Streifen in grosser Menge bei denselben vor. Die Glieder *J* und *E* erscheinen in Fig. 26 weiss, die Glieder *Z* sehr dunkel, die Glieder *N* heller, neutral grau. Fig. 27 sind Fibrillen von *Maja squinado*, bei welchen sich beim Isoliren die Glieder *Q*, in welchen von einem Hensen'schen Streifen nichts zu sehen ist, der Länge nach ausgezogen haben, ebenso die Glieder *J*, welche besonders lang und ungefärbt und hell erscheinen, während die Glieder *Z* dunkler und neutral grau erscheinen.

Durch einiges Maceriren in der Reductionsflüssigkeit wird die Spaltbarkeit der vergoldeten Muskeln in Säulchen und Fibrillen begünstigt, man darf aber damit nicht zu weit gehen, denn allmälig fangen die vergoldeten Muskeln in der Reductionsflüssigkeit zu quellen an und nach längerer Maceration kann man Bilder erhalten, wie ein solches in Fig. 28 von *Orinocarabus hortensis* dargestellt ist. Die rothen Glieder *Q* der Muskelsäulchen

erscheinen stark gequollen, die dunkelgrauen Glieder *Z* erscheinen auseinander gerückt. In den Streifen *J* tritt eine Trennung des Zusammenhanges auf und es fallen die Streifen *Q*, indem sie der Länge nach reissen, zum Theile aus dem Raume zwischen zwei *Z* heraus, während die Streifen *Z* im Zusammenhange wie Rippen stehen bleiben. Auch zu einer völligen Trennung der Streifen *Q* von den Streifen *Z* und dadurch zur Isolirung beider kann es auf diese Weise kommen, was ebenfalls sehr oft zu beobachten ist.

Was man durch die Vergoldung von vorher mit Alkohol behandelten Muskelfasern erreichen kann, wird nach den vorgeführten Beispielen jetzt genügend beurtheilt werden können. Ich empfehle sehr angelegentlich, dass man sich solche Goldbilder verschaffen möge. Es sind so prächtige Demonstrationsobjecte und zugleich so belehrende, wie man sie nicht leicht auf andere Weise von den Muskelfasern erhalten kann. Den Angaben über die Herstellung solcher Präparate, welche ich früher gemacht habe, muss ich aber zu ihrer Vervollständigung noch das Folgende hinzufügen. Die Muskeln sollen Thieren entnommen werden, die so lange in Alkohol gelegen haben, dass dieselben, wenn sie darauf noch das Goldbad erhalten haben, in der sauren Reductionsflüssigkeit nicht rasch quellen. Gewöhnlich genügt dafür Einlegen in Alkohol durch 24 Stunden und Entfernung des Alkohols mittelst mehrstündiger Glycerinbehandlung. In gewissen Fällen ist es aber gut, die Einwirkung des Alkohols länger zu erstrecken, etwa 48 Stunden. Hat die Einwirkung des Alkohols zu kurze Zeit gewährt, so gibt sich das dadurch kund, dass man nach der Behandlung mit dem Goldbade noch in der sauren Reductionsflüssigkeit rasch quellende Muskelfasern erhält, an welchen aber dann die früher beschriebenen Säurebilder zu sehen sind oder schmutzig und unvollkommen gefärbte Goldsäurebilder.

Langes Liegen der Muskeln in Alkohol ändert insoferne an den Resultaten der Vergoldung nichts, als man auch an solchen Muskeln die Fibrillen, beziehungsweise die Muskelsäulchen vergoldet findet. An solchen Präparaten tritt aber auch an den Streifen *Q* häufig eine stark nach violett oder blau abweichende Farbe auf und die Differenzirung der Streifen *Q* von den Streifen N und *Z* tritt viel weniger hervor; die *J* und *E* sind auch an solchen Muskeln weiss oder nur schwach röthlich tingirt. Ich habe an Muskelfasern von sehr vielen Käfern, die ein Jahr und darüber in Alkohol gelegen hatten und die ich darauf durch 24 Stunden in Glycerin brachte, noch ganz schöne Bilder von vergoldeten Fibrillen erhalten und ebenso von Muskelfasern, die 24 Stunden in Alkohol gelegen hatten und dann über ein Jahr in Glycerin aufbewahrt worden waren. Nur ist zu bemerken, dass solche Muskeln, und darunter die ersteren, namentlich sich mit Gold sehr leicht überfärben, so dass sie durch und durch dunkel tingirt erscheinen, die Streifen *Q*, *N* und *Z* allerdings noch dunkler als die Streifen *J* und *E*, so dass auch an solchen überfärbten Muskeln noch die Querstreifung ganz wohl erhalten hervortritt. Man kann aber diesen Übelstand wesentlich vermindern, wenn man die Dauer des Goldbades abkürzt. Es genügt, solche Muskelfasern durch 5 Minuten oder noch kürzer im Goldbade zu halten. Überhaupt kann man als Regel gelten lassen, dass, je länger die Muskeln vorher in Alkohol oder nach genügender Vorbehandlung mit Alkohol in Glycerin gelegen haben, desto kürzer die Dauer des Goldbades gewählt werden muss, um die Muskeln nicht zu dunkel zu färben. Die Differenzirung der Streifen *Q*, *N* und *Z* von einander ist aber immer am schönsten an Muskeln zu sehen, welche nur durch kurze Zeit in Alkohol und darauf kurze Zeit in Glycerin gelegen hatten; darauf folgen die Muskeln, welche kurze Zeit in Alkohol und längere Zeit in Glycerin gelegen hatten; am ungünstigsten sind lange vorher in Alkohol gelegene Muskeln. Ich will darum auch nur angeführt haben, dass auch die Vergoldung der Muskeln nach langer Einwirkung des Alkohols und Glycerins noch gelingt. Empfehlen für die Herstellung von Präparaten, an welchen die Streifen *Q* schön roth, die Streifen *N* und *Z* viel dunkler als *Q* und an denselben Präparaten von *Q* immer beide in gleicher Weise als neutral graue oder mit purpurviolettem oder röthlichgrauem Farbentone versehene Streifen differenzirt, die Streifen *J* und *E* aber ungefärbt und hell auftreten, kann ich nur kurze Alkoholbehandlung und darauf kurz dauerndes Einlegen in Glycerin. Die Behandlung mit Glycerin ändert, wenn die Muskeln, wie schon gesagt, nicht ganz aussergewöhnlich lange Zeit darin gelegen haben, an den auftretenden Differenzirungen nichts Wesentliches.

Man kann die Muskeln auch direct aus dem Alkohol in das Goldbad bringen, ich habe aber bemerkt, dass dann störende körnige Niederschläge von Gold sich leichter einfinden, als wenn man vorher den Alkohol

durch Einlegen in Glycerin entfernt. Ich habe das Alles mitgetheilt, damit ich nicht, wenn Jemand dieser Art der Vergoldung der Muskeln sich zuwenden sollte und dabei auf die zuletzt berührten Thatsachen stossen sollte, dem Vorwurf ausgesetzt sein möge, dass ich die Vergoldung von Alkoholmuskeln nicht hinlänglich genau untersucht hätte.

Ich glaube aber, dass der Werth, welchen man auf die zweite Art der Goldbilder legen muss, die in den Fig. 22, 23, 24, 25, 26, 27 und 28 durch Beispiele erläutert sind, kein geringer ist.

Sie beleuchten in sehr schöner Weise einige Sätze, welche wir schon früher ausgesprochen haben und berechtigen gerade dadurch noch zu weiteren Schlüssen, welche für die Muskelstructur von grosser Wichtigkeit sind.

Ich erwähne hier zunächst die einheitliche Auffassung der Glieder *Q* und die Bedeutung des Hensen'schen Streifens, welchen wir mit dem kleinen Buchstaben *h* bezeichnet haben. Wir sehen *Q* an der zweiten Art der Goldbilder durch den schön rothen Farbenton, der ihm in allen seinen Theilen zukommt, in eigenartiger Weise von allen anderen Querstreifen differenzirt und dieses Verhalten steht im Einklange mit den die einheitliche Auffassung von *Q* rechtfertigenden Erfahrungen, welche wir über das Verhalten der Schichten *Q* beim Scheibenzerfall der Muskelfasern in Alkohol gemacht haben (I. Theil, pag. 3 [83] u. d. f.). Über die mit *h* bezeichneten Streifen habe ich dort angeführt, dass ich die Bezeichnung durch einen kleinen Buchstaben gewählt habe, um dadurch anzudeuten, dass sie in einem anderen mit *Q* bezeichneten Streifen liegen, da den Streifen *h* in keinem Zustande der Muskelfaser der Grad von Selbstständigkeit zukommt, wie er den mit den grossen Buchstaben bezeichneten Streifen temporär zukommt, wenn dieselben auch mit Rücksicht auf den Wechsel verschiedener physiologischer Zustände im Muskel völlig vergänglich sind.

Ich habe dort ferner darauf hingewiesen, dass der Streifen *h* in Bezug auf seine Breite relativ zur Breite von *Q* sehr grossen Variationen unterworfen ist, dass seine Grenzen nicht so scharf sind, wie die der anderen Streifen, dass er oft bei sehr scharfer Begrenzung der anderen Streifen nicht wahrzunehmen ist, dass er einfach oder doppelt auftritt und dass seine Verwandtschaft mit den Endtheilen, und ich füge für den Fall der Duplicität, die wir nun auch bei Krebsmuskeln kennen gelernt haben, hinzu auch mit dem mittleren Theile des Streifens *Q* eine weitaus grössere ist als die, welche zwischen je zwei anderen nebeneinanderliegenden Querstreifen herrscht. Alles das wird, wie gesagt, durch die Goldbilder zweiter Art (Fig. 22, 23, 24, 25 und 26) in schöner Weise beleuchtet.

Wenn wir zu den eben erwähnten Erfahrungen über den Streifen *h* noch hinzufügen, dass wir an lebenden Muskelfasern diesen Streifen vermisst haben, so wird die Vermuthung, dass die Streifen *h* einer postmortalen Differenzirung innerhalb der Streifen *Q* ihr Entstehen verdanken, gewiss der sorgfältigsten Prüfung empfohlen werden müssen. Ich kann aber diesen Gegenstand erst wieder bei der Untersuchung der Contractionsbilder und bei der Untersuchung der Muskelfasern in polarisirtem Lichte weiter verfolgen.

Eine zweite Thatsache, welche uns bei der Betrachtung der Goldbilder zweiter Art sofort in die Augen fällt, ist die Verwandtschaft der Streifen *N* und *Z*, was eine analoge Verschiedenheit der Streifen *N* und *Z* von den Streifen *Q* in sich schliesst. Es ist das in voller Übereinstimmung mit den Thatsachen, welche wir im III. Abschnitte über die parallel gehende Verschiedenheit der Schichten *N* und *Z* von den Schichten *Q* in ihrem Verhalten gegen Säuren kennen gelernt haben. Den Streifen *N* ist durch die schon wiederholt hervorgehobene Inconstanz ihres Vorkommens vor Allem der Stempel schwerer Verständlichkeit aufgedrückt. Es muss darum als besonders wichtig bezeichnet werden, dass wir Erfahrungen gewonnen haben, welche uns die Zugehörigkeit der Streifen *N* zu den Streifen *Q* völlig ausschliessen lassen, welche dagegen auf eine verwandtschaftliche Beziehung der Streifen *N* mit den Streifen *Z* ebenso entschieden hinweisen. Auch diese Frage, kann ich erst bei Besprechung der Contractionsbilder und des Verhaltens der Muskelfasern im polarisirten Lichte weiter behandeln. Schliesslich möchte ich unter Hinweis auf die durch die Goldbilder zweiter Art besonders beleuchtete Bedeutung der einzelnen Querstreifen der Muskelfasern noch Folgendes bemerken. Es war und ist zum Theile noch heute gangbare Anschauung, dass einfach und doppelt lichtbrechende Substanz im quergestreiften Muskelfaden immer denselben und den höchsten Gegensatz bedeuten. Daran darf nicht festgehalten werden, weil

durch eine solche Unterstellung die Richtigkeit unserer Vorstellungen vom Muskelbau wesentlich beeinträchtigt wird. Wenn ich das sage, bitte ich, dass man ja nicht in den Glauben verfalle, ich spreche damit Ähnliches aus, wie G. R. Wagener,[1] wenn er die Verschiedenheit der anisotropen und isotropen Substanz der Muskelfaser bezweifelt. Ich will dieses Autors Verdienste um die Vertheidigung des faserigen Baues der Muskelsubstanz[2] nicht im Entferntesten geschmälert wissen. Seine Aufsätze „Über die Entstehung der Querstreifen auf den Muskeln" finde ich aber hie und da auch mit Bezug auf den angeführten Zweifel ganz ernsthaft citirt. Ich habe sie aber — es mag dahingestellt bleiben, wie viel davon auf mein eigenes Verschulden kommt — in dieser Beziehung für mich nicht auf die Schwelle der Verständlichkeit emporzubringen vermocht. Was mir aber wie Irrlicht darin zu hüpfen schien, ist, als ob Wagener einfache und doppelte Lichtbrechung bei den einzelnen Querstreifen als etwas ganz Nebensächliches angesehen wissen wollte. Anderseits schweift aber gerade Wagener während seiner eigenthümlich fliegenden Betrachtungen über die Wandelbarkeit der Muskelelemente immer wieder auf Theile der Muskelfibrillen zurück, deren einseitige, bestimmte und immer gleichbleibende Gegensätzlichkeit ihren einfachsten Ausdruck wohl darin finden soll, dass er für deren Bezeichnung, die vom physikalischen Standpunkte aus höchst sonderbaren Substantiva: „Die Isotropen" und „Die Anisotropen" der Fibrillen gebraucht. Ich entbehre jeder Anlehnung an diese sonderbaren Vorstellungen Wagener's, wenn ich, wie oben gesagt, behaupte, dass man nicht annehmen dürfe, dass einfach und doppeltlichtbrechende Substanz der quergestreiften Muskelfaser immer denselben und den höchsten Gegensatz bedeute. Erstens bestehen ganz andere Unterschiede zwischen dem einfach brechenden Sarkoplasma und den doppeltbrechenden Gliedern der Muskelfibrillen als zwischen den letzteren und den einfach brechenden Gliedern der Fibrillen, denn das Sarkoplasma ist eine von der Substanz der einfach brechenden Fibrillenglieder völlig verschiedene Substanz.

Als doppeltbrechend werden wir aber später die Glieder Q mit Ausnahme des Streifens h, der einfachbrechend ist, die Glieder Z und die Glieder N kennen lernen. Ich fasse aber die Glieder Q trotzdem, wie schon gesagt, als morphologisch einheitlich und wesentlich differenzirt von den Gliedern Z und N auf.

Als einfachbrechend werden wir die Glieder J und E kennen lernen, sie sind zugleich als wesentlich von Q, von Z und von N differenzirte Glieder aufzufassen und trotz der Übereinstimmung des Streifens h und der Streifen J und E in Bezug auf ihr einfaches Brechungsvermögen, sehe ich in h sicher eine wesentlich von J und E differenzirte Substanz und werde ich es später auch als zweifelhaft hinstellen, ob J und E aus derselben Substanz bestehen.

Es kann mir aber aus dem Grunde, weil ich eine Reihe verschiedener Substanzen in den Muskelfasern vorfinde, die darin übereinstimmen, dass sie das Licht doppelt brechen und wieder eine Reihe von verschiedenen Substanzen, welche darin übereinstimmen, dass sie das Licht einfach brechen, durchaus nicht einfallen, die bestimmte optische Qualität der einfachen oder doppelten Lichtbrechung bei den einzelnen Querstreifen als etwas Unwichtiges und Gleichgiltiges zu betrachten.

Ich muss hier vorläufig wieder abbrechen. Ich habe geglaubt in diesem zweiten Theile meiner Abhandlung auch schon auf die Contractionsbilder und auf das Verhalten der Muskelfasern in polarisirtem Lichte eingehen zu können. Jetzt sehe ich mich aber veranlasst, diesem zweiten Theile noch einen dritten später folgen zu lassen, in welchem die genannten Gegenstände behandelt werden sollen.

---

[1] G. R. Wagener, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1880, anat. Abth., p. 253, und Pflüger's Arch., 1873, Bd. 30, p. 511.

[2] G. R. Wagener, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863, p. 211; Die Entwicklung der Muskelfaser. Marburg u. Leipzig 1869; Sitzungsb. d. Gesellsch. z. Beförd. d. ges. Naturwissensch. zu Marburg 1872, Nr. 2, 8, 10, 1873, Nr. 4; Arch. f. mikros. Anat. Bd. IX, 1873, p. 712, Bd. X, 1874, p. 293.

ERKLÄRUNG DER TAFELN.

TAFEL I.

Fig. 1. Querschnitt einer Muskelfaser von *Melolontha vulgaris.*
„ 2. Dasselbe von *Cerambyx heros.*
„ 3. Dasselbe von *Hydrophilus piceus.*
„ 4. Dasselbe von *Procerus gigas.*
„ 5. Dasselbe von *Brachynus crepitans.*
„ 6. Dasselbe von *Dyticus marginalis.*
„ 7. In Säulchen aufgeblätterte periphere Partie einer Muskelfaser von *Dyticus marginalis.*

TAFEL II.

Fig. 8. Mit Hämatoxylin tingirte Muskelfaser von *Staphylinus caesareus.*
„ 9. Dasselbe von *Hister quadrimaculatus.*
„ 10. Dasselbe von *Otiorrhynchus planatus.*
„ 11 *A.* Mit Hämatoxylin gefärbter Querschnitt einer Muskelfaser von *Musca romitaria*, Fig. 11 *B* mit Hämatoxylin gefärbte Muskelfaser von *Musca vomitoria.*
„ 12. Querschnitte von Muskelfasern von *Musca vomitoria.*

TAFEL III.

Fig. 13. Stück einer Muskelfaser von *Osmoderma eremita.*
„ 14. Stück einer Muskelfaser von der Biene.
„ 15. Stück einer Muskelfaser von *Geotrupes sylvaticus.*
„ 16. Stück einer Muskelfaser von *Donacia impressa.*
„ 17. Stück einer Muskelfaser von *Bombus terrestris.*
„ 18. Stück einer Muskelfaser von *Phospuga attrata.*
„ 19. Stück einer Muskelfaser von *Dorcus parallelopipedus.*

TAFEL IV.

Fig. 20. Muskelfaser von *Musca vomitoria.*
„ 21. Vergoldete Flugmuskelfaser von *Hydrophilus piceus.*
„ 22. Vergoldete Muskelfaser von *Melasoma populi.*
„ 23. Dasselbe von *Oxythyrea stictica.*
„ 24. Vergoldete Muskelsäulchen von *Pseudophonus ruficornis.*
„ 25. Vergoldete Fibrillen von *Dyticus marginalis.*
„ 26. Vergoldete Fibrillen von *Astacus fluviatilis.*
„ 27. Vergoldete Fibrillen von *Maja squinado.*
„ 28. Macerirte, vergoldete Muskelfaser von *Orinocarabus hortensis.*

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 1

Fig. 2

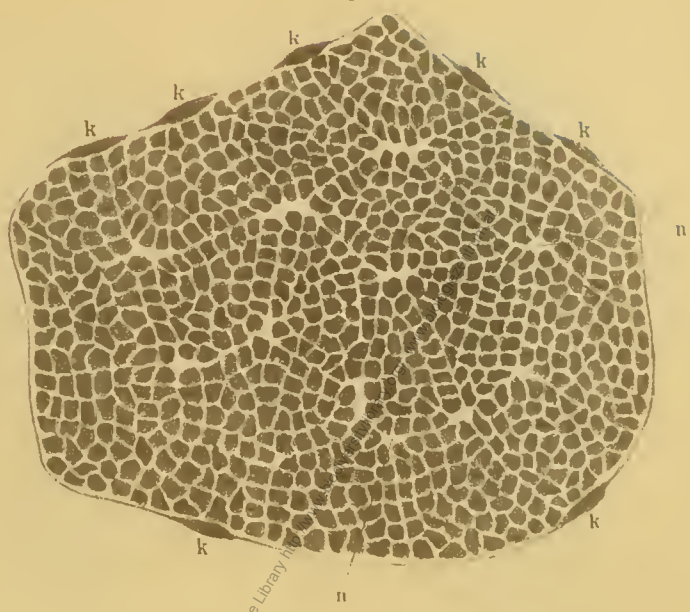


Fig. 3

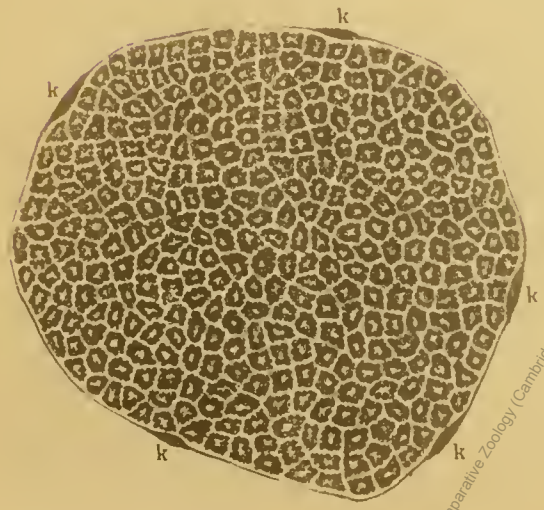


Fig. 4

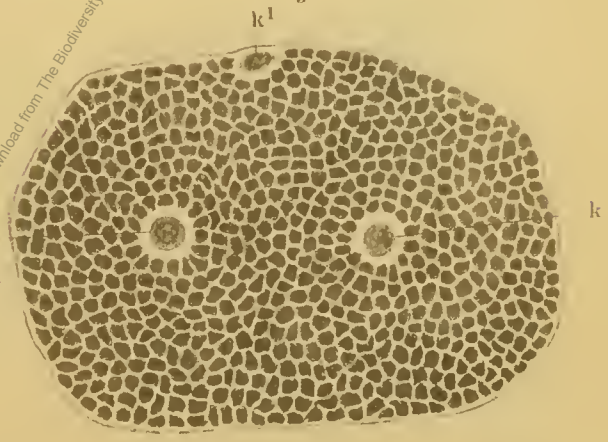


Fig. 5

Fig. 6

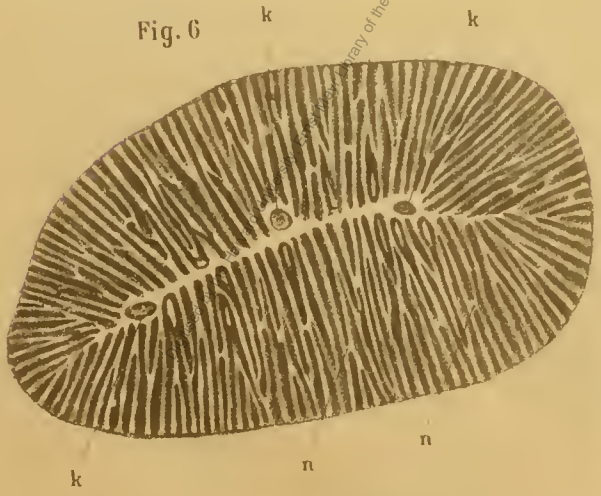
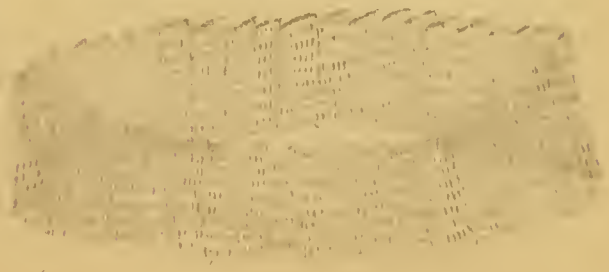


Fig. 7



A. Rollett del. Lith. von „Leykam" in Graz.

Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

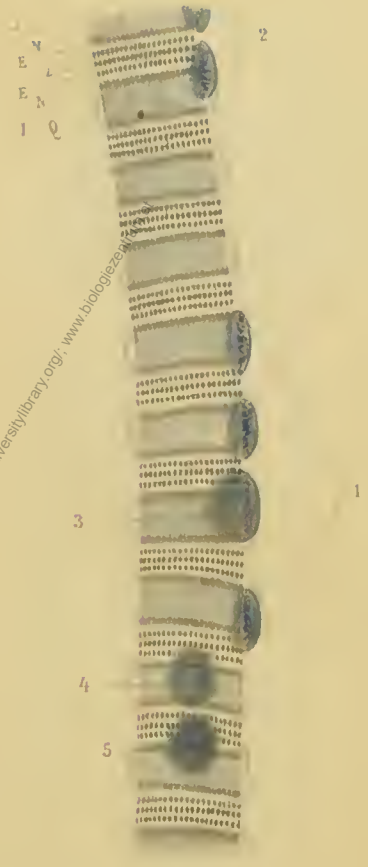


Fig. 11 A

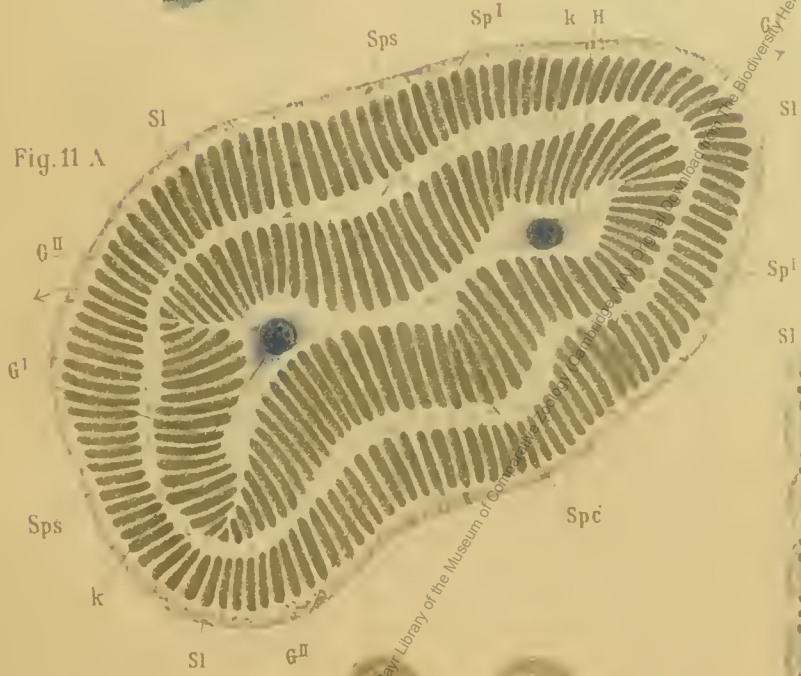


Fig. 11 B

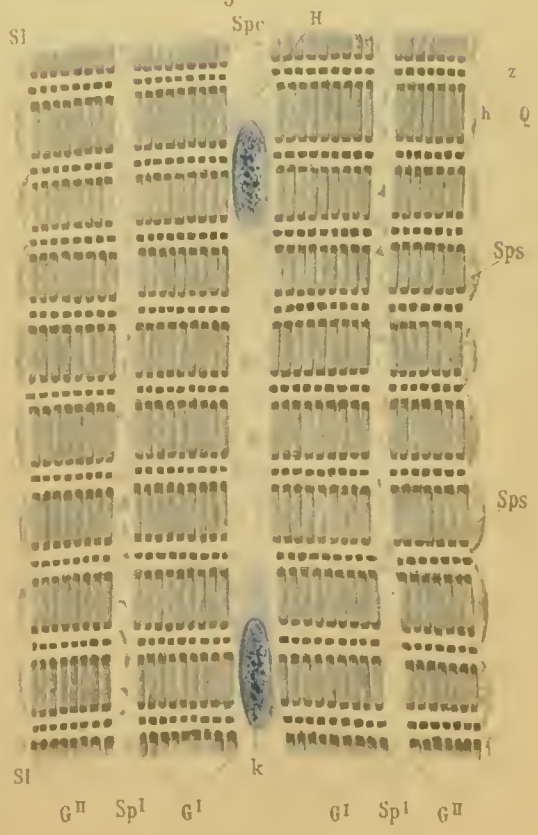


Fig. 12

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

A. Rollett et G. Firtsch del. Lith. von „Leykam" in Graz.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 14

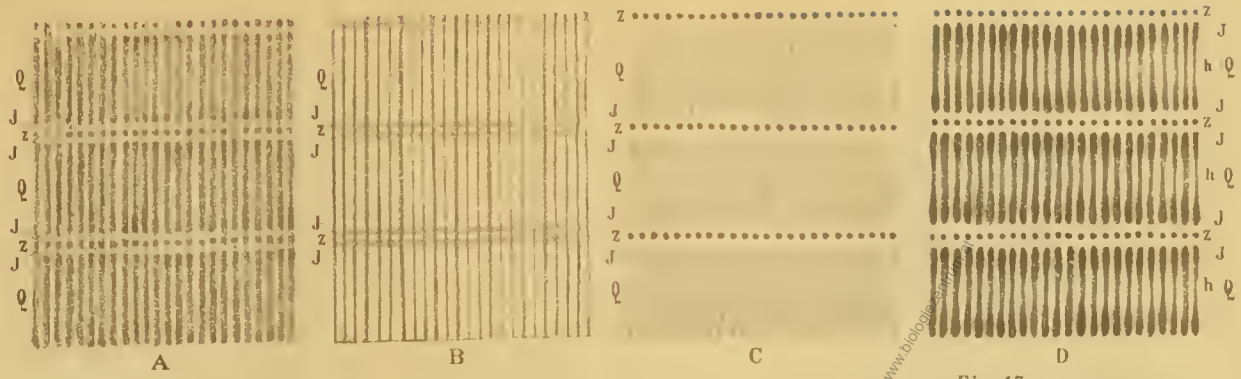


Fig. 13

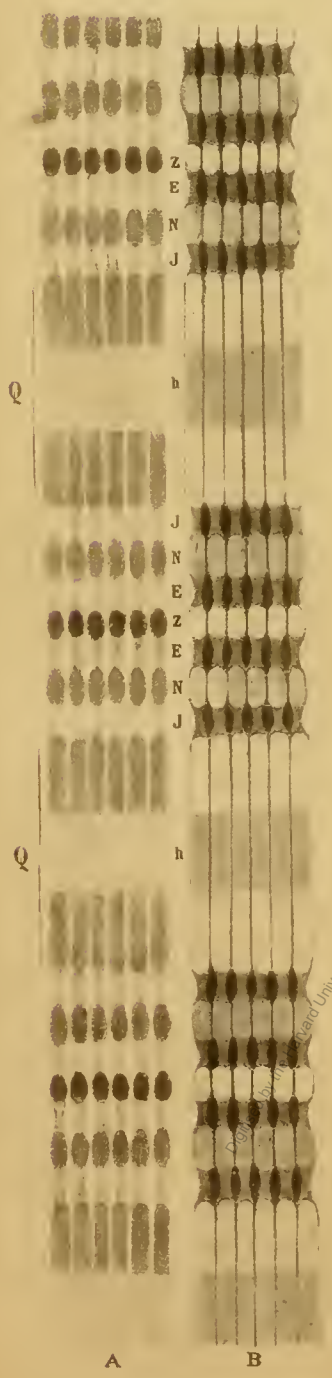


Fig. 15

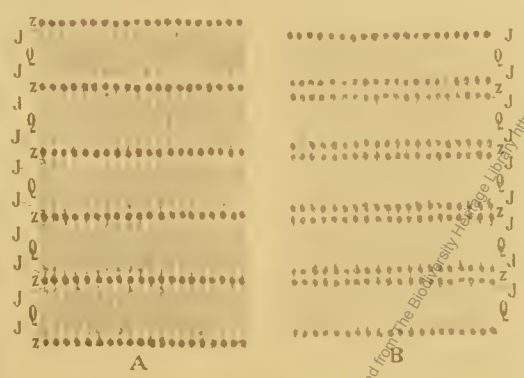


Fig. 17

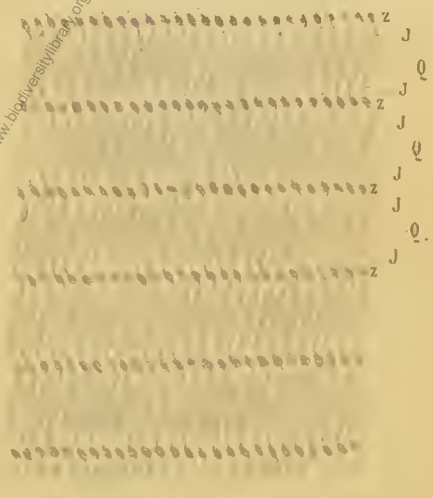


Fig. 16

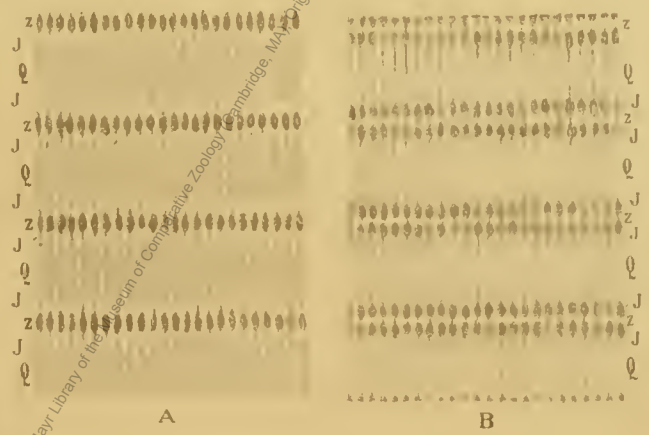


Fig. 18

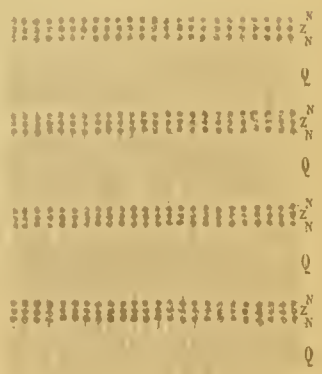
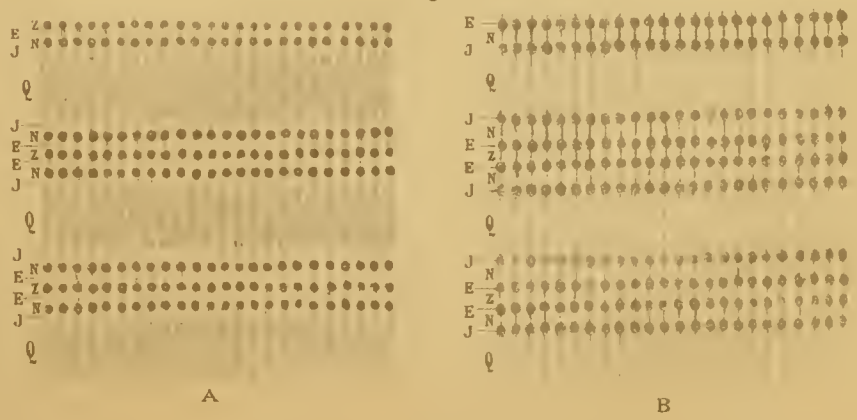


Fig. 19



A. Rollett del.

Lith von „Leykam" in Graz.

Digitized by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Fig. 20

Fig. 21.

Fig. 22

Fig. 23

Fig. 24

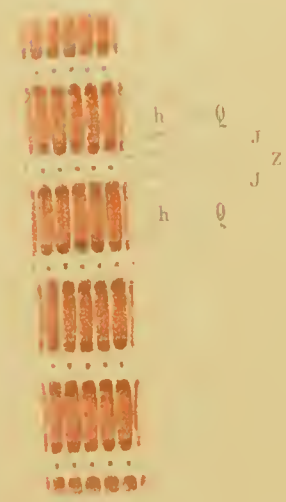


Fig. 27

Fig 25

Fig. 26

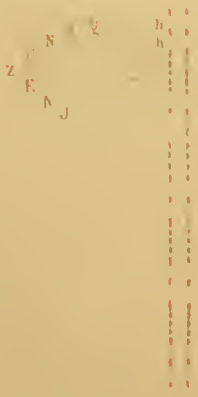
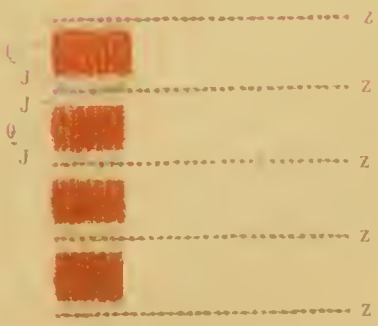


Fig. 28



Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

A. Rollett et G. Firtsch del.

Lith. von Leykam in Graz

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.

Jahr/Year: 1886

Band/Volume: 51_1

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

Artikel/Article: Untersuchungen über den Bau der quergestreiften Muskelfasern. II. Theil. (Mit 4 Tafeln.) 23-68