

Die Entstehung und Ausbildung des Muskelgewebes, insbesondere der Querstreifung desselben als Wirkung der Thätigkeit betrachtet.

Von

G. H. Th. Eimer
(Tübingen).

Mit 13 Holzschnitten.

Einleitung.

Seit Jahren habe ich Beobachtungen über obigen Gegenstand gemacht und habe dieselben zum Theil öffentlich berührt, ohne dass ich bis jetzt dazu gekommen wäre, sie genauer auszuarbeiten und im Zusammenhang darzustellen.

Auch heute beabsichtige ich nicht, meine Befunde mit allen Einzelheiten und mit Anführung aller Litteratur vorzutragen. Es liegt mir vielmehr daran die Frage im Allgemeinen der Prüfung zu übergeben und in einer verbreiteten Zeitschrift nachdrücklich auf eines der vielen von mir an anderen Orten hervorgehobenen Beispiele von Vererbung erworbener Eigenschaften hinzuweisen, welche von den Gegnern dieser Lehre andauernd unbeachtet gelassen werden.

In meiner »Entstehung der Arten«¹ wurde als das elementare Grundgesetz der gesammten biologischen Wissenschaft, als das biologische Grundgesetz von mir der Satz hingestellt, dass die Thätigkeit, die Funktion, die organische bezw. physiologische Ausbildung erst hervorruft.

Das Plasma, sagte ich, hat die Eigenschaft, durch Einwirkung äußerer Reize physiologisch und morphologisch verändert, umgestaltet zu werden. Unter äußeren Reizen sind dabei sowohl unmittelbar einwirkende, als fortgesetzt

¹ I. Theil. Jena, G. Fischer. 1888. p. 339.

durch selbstthätige Übung von Seiten des Körpers wirkende zu verstehen. Ich hob hervor, dass jenes biologische Grundgesetz den vollkommensten Widerspruch gegenüber der Nichtanerkennung der Vererbung erworbener Eigenschaften einschließe.

Wenn wir diesen Satz nun auf die Entstehung der Muskelsubstanz anwenden wollen, welche so angeordnet ist, dass sie den Körper oder Körpertheile von Thieren nach bestimmten Richtungen zusammenzuziehen vermag, so werden jene Gegner diese Entstehung so zu erklären versuchen, dass sie sagen: irgend muskellose Vorfahren der heute mit Muskeln versehenen Thiere änderten in der Weise ab, dass sie die Anfänge von Muskeln enthielten und, da diese nützlich waren, vererbten sie sich auf die Nachkommen und verstärkten sich in denselben. Das erste Erscheinen von Muskelsubstanz aber, jenes erste Abändern werden sie, wie die Verstärkung der neuen Eigenschaft, für eine Folge geschlechtlicher Mischung und der Auslese erklären. Es ist hier nicht der Ort, auf den mystischen (weil unbedingten Zufall voraussetzenden) Theil dieses Erklärungsversuchs einzugehen, noch darauf, dass derselbe das vollständige Außerachtlassen aller physiologischen Gesichtspunkte fordert. Er fällt schon durch die Thatsache, dass neue und auch nützliche Eigenschaften eben so bei Thieren entstanden und zu höherer Ausbildung gelangt sind, welche sich nicht geschlechtlich fortpflanzen, wie bei solchen, welche dies thun. Und zwar ist die Entstehung neuer Eigenschaften auf ungeschlechtlichem Wege offenbar die ursprüngliche gewesen.

Es bliebe zu Gunsten jenes Erklärungsversuches nur die Annahme, dass überall, auch bei einzelligen Thieren, da wo sie bis jetzt noch nicht beobachtet ist, dennoch geschlechtliche Fortpflanzung stattfände im Sinne der Konjugation oder Kopulation. Diese Behauptung ist allerdings aufgestellt worden, aber sie entbehrt in Beziehung auf weite Gebiete bis jetzt jeder thatsächlichen Grundlage. Wer beweist z. B. die Entstehung der so mannigfaltig gebauten Foraminiferen-Gehäuse auf dem Wege der geschlechtlichen Mischung und nach den Nützlichkeitsgrundsätzen des heutigen Hyperdarwinismus? Ich werde in einer anderen Abhandlung durch Aufstellung eines natürlichen Systems der Foraminiferen demnächst zeigen, wie seit ungeheuer langer Zeit fort-dauernde gesetzmäßige Umbildung aus einfachen Anfängen zur Herstellung der zusammengesetzten Formen unter den Gehäusen dieser Wesen geführt haben muss. Nicht geschlechtliche Mischung, nicht der Nutzen, sondern nur äußere Einwirkungen auf Grund der Bildungsfähigkeit des Plasma können hier als die Ursachen der Umgestaltung angesehen werden, so sehr die geschlechtliche Mischung diese Umge-

staltung bei anderen Thieren selbstverständlich begünstigt haben muss.

Auf die zahllosen für den Kampf ums Dasein offenbar gleichgültigen Eigenschaften der Organismen wurde von mir außerdem a. a. O. schon hingewiesen.

Einzellige Thiere.

Was die Entstehung von Muskelmasse bei einzelligen Thieren angeht, so erscheint sie, wenn man die einzelnen Formen betrachtet, bei welchen sie auftritt, jedenfalls in den verschiedensten Graden der Ausbildung und diese ist offenbar die Folge von Art (Richtung) und Maß der Zusammenziehung der betreffenden Theile.

Ganz allmählich entsteht Muskelmasse oder entstehen doch »kontraktile« Fäden aus jener äußeren Schicht von Körperplasma, welche wohl bei allen Einzelligen vorzugsweise die Zusammenziehung des Körpers besorgt. Bei vielen thut sie dies, ohne dass man an ihr besondere, auf diese Fähigkeit hinweisende äußere Eigenschaften erkennen könnte. Das mehr oder weniger ausgebildete Muskelplasma stellt hier gewissermaßen einen Schlauch um das übrige Körperplasma her, in ganz ähnlicher Weise, wie die einfachsten Muskelzellen (Blutegel) und Muskelfasern (Beroë) und selbst viele quergestreifte Muskelfasern (Arthropoden) so gebaut sind, dass die wirksame Muskelmasse mantelartig gewöhnliches Plasma umhüllt.

Wenn man für derartige Gestaltungen eine Erklärung auf physiologischem Grunde wirklich geben kann, so wird man dieselbe als Naturforscher doch wohl einer spekulativ-theoretischen, mit Zufälligkeiten rechnenden vorziehen.

Es ist aber klar, dass eine solche röhrenförmige Bildung von in bestimmter Richtung sich zusammenziehendem Plasma bezw. von Muskelmasse, auf mechanische Ursachen zurückzuführen ist, im Sinne meines Satzes, dass die Thätigkeit die organische, bezw. physiologische Ausbildung erst hervorruft. Denn sowohl im Körper der Einzelligen, wie in den Muskelzellen und Muskelfasern der Vielzelligen wird der äußere Theil des ursprünglich gleichartigen Plasma bei der Bewegungsthätigkeit des Ganzen am meisten in Mitleidenschaft gezogen werden. Erst bei der höchsten Ausbildung der Muskelzelle und der Muskelfaser ist auch deren Inneres vollkommen in Muskelmasse, bezw. in quergestreifte Fibrillen umgeformt, aber auch hier findet man zuweilen noch jene Unterscheidung des Mantels gegenüber einem Innenplasma.

Bei den einzelligen Thieren bildet sich also offenbar eine die Zu-

sammenziehung des Körpers nach bestimmten Richtungen hin besorgende »kontraktile« Masse allmählich aus dem Rindenplasma heraus; sie tritt morphologisch greifbar in die Erscheinung durch Entstehung von Fäden, deren Richtung entsprechend den Muskelfäden der Vielzelligen in ganz bestimmter Beziehung zu der Zusammenziehung des Körpers steht, so z. B. bei den Stentoren unter den Wimperinfusorien, wo sie im Wesentlichen der Länge des Körpers nach gerichtet, bei *Gregarina gigantea* van Ben., wo sie ringförmig gelagert sind. Solche Fäden erscheinen ursprünglich noch fest zusammenhängend mit dem Rindenplasma und als Umbildung des äußeren Theils desselben. Ein Recht, sie als Muskelfäden zu bezeichnen, hat man zunächst nur auf Grund ihrer physiologischen Thätigkeit, zumal da, wo sie noch nicht einmal morphologisch selbständig sind. Aber in vielen Fällen arbeitet das Plasma, wie gesagt, offenbar schon bevor solche Fäden sichtbar werden an Stelle derselben, indem es durch fortgesetzte Übung die Fähigkeit erlangt hat den Körper nach bestimmten Richtungen zusammenzuziehen. Weil die Zusammenziehung nach bestimmten Richtungen hin nun fort dauert und sich verstärkt, bilden sich aus dem Plasma heraus an den besonders thätigen Theilen desselben allmählich jene Fäden: die morphologische Ausgestaltung ist die Folge der Thätigkeit.

Es gibt keine Grenze, von welcher an wir solche Fäden etwa als Muskelfäden bezeichnen könnten. Wenn wir aber diesen Begriff nur auf eine Masse anwenden wollen, welche durchaus die physiologischen Eigenschaften der Muskeln der höheren Thiere zeigt, so werden wir, bis nähere Untersuchungen ausgeführt sind, jene Fäden streng genommen nur etwa als »kontraktile«, besser als muskelähnliche Fäden bezeichnen können. Es ist indessen für einen Fall, für den Muskelstiel der Vorticellen, bekanntlich durch KÜHNE nachgewiesen worden, dass er sich physiologisch durchaus wie Muskelmasse verhält. Es dürfte dieser Muskelstiel ähnlich wie die Muskeln der vielzelligen Thiere aus Fäserchen zusammengesetzt sein. Verschiedene Beobachter haben Längsstreifung an ihm beschrieben und ich sah häufig, dass er nach oben pinselartig in Fäden ausstrahlt, welche in das Körperplasma des Glockenthierchens übergehen (vgl. hierzu auch E. EVERT's, Untersuch. an *Vorticella nebulifera*. Diese Zeitschr. Bd. XXIII, 1873, Taf. XXX, Fig. 1, 2, 3).

An den Ringmuskelfäden seiner *Gregarina gigantea* aus dem Darm des Hummers beschreibt E. VAN BENEDEN eine Zusammensetzung aus kleinen lichtbrechenden an einander gereihten Körperchen¹, welche

¹ Bullet. de l'Acad. roy. de Belgique. März 1872. Fig. 5.

offenbar dichter Muskulinhalt sind, entsprechend wohl den dunkeln (doppelbrechenden) Inhaltstheilen der Muskelfibrillen der Vielzelligen bei unvollkommener Querstreifung.

Die Ortsveränderung der wurmförmigen Gregarinen geschieht bekanntlich durch Vorwärtsdrängen des Plasma, welches durch stellenweises Eingeschnürt- bzw. Dünnerwerden des Körpers begünstigt wird. Auf Grund dieser Zusammenziehungen, welche von der äußeren Plasmaschicht geübt werden, sind hier offenbar ringförmige Muskelfäden entstanden.

KÜNSTLER beschreibt Querstreifung auch an den Geißeln von Flagellaten¹. Eine solche ist an der einen Geißel, dem »Tentakel« von Noctiluca schon lange bekannt, beruht hier aber nicht auf wirklicher Querstreifung, sondern auf ringförmiger Anordnung von Plasmafäden, ähnlich jenen Ringmuskelfäden der Gregarina gigantea².

Vielzellige Thiere.

Allgemeines.

Zunächst muss ich hervorheben, dass ich mit KÖLLIKER die Muskeln als aus Muskelzellen oder aus Muskelfasern zusammengesetzt unterscheide. Ich bemerkte a. a. O.³ über diesen Gegenstand: »Man theilt die Muskeln in den Lehrbüchern der Histologie immer noch in glatte und in quergestreifte ein. Man meint mit jenen im Ganzen die Muskelzellen, mit diesen die Muskelfasern. Aber vom vergleichenden Standpunkte aus ist diese Eintheilung eine ganz unberechtigte, denn es giebt quergestreifte Muskelzellen wie quergestreifte Muskelfasern und endlich giebt es auch nichtquergestreifte (glatte) Muskelfasern (Rippenquallen). Ferner wird ein Jeder, der sich mit der vergleichenden Untersuchung der Muskeln sorgfältig abgegeben hat, mir zustimmen, wenn ich sage, dass die Querstreifung allmählich entsteht, so dass Übergänge zwischen nichtquergestreifter und quergestreifter Muskulatur vorkommen. Man kann also nur die Eintheilung in Muskelzellen und Muskelfasern als eine sachgemäße anerkennen, wenn man in den Begriff zugleich die Einkernigkeit der ersteren und die Vielkernigkeit der letzteren einschließt, weil es einfache, einkernige Muskelzellen giebt, welche so lang sind, dass man sie im Sinne des gewöhnlichen Sprachgebrauchs eben so gut Fasern nennen darf.

Auf der anderen Seite spricht man von »Muskelkästchen« als den

¹ KÜNSTLER, Compt. rend. 4884. p. 603.

² Vgl. BÜTSCHLI, Morph. Jahrb. Bd. X. Fig. 35.

³ Entstehung der Arten. I. p. 352.

Grundbestandtheilen der quergestreiften Muskelfaser. Es sind aber diese Grundbestandtheile vielmehr die Fibrillen, die Muskelfäden, und die vergleichende Betrachtung führt nothwendig darauf, dass eine Abtheilung dieser Fäden in einzelne quergeschiedene Kästchen, wie sie im hochentwickelten Zustand der Querstreifung vorgebildet vorzukommen scheint (die Sache ist immer noch nicht vollkommen entschieden), nur etwas spät Erworbenes sein kann, dass sich dieselbe auf früheren phylogenetischen Stufen der Querstreifung überhaupt noch nicht findet.«

Wir nennen also im Folgenden alle einkernigen Muskelgebilde Muskelzellen, alle vielkernigen Muskelfasern, ohne Rücksicht auf die Länge.

Als den Grundtheil des quergestreiften Muskels bezeichnen wir, wie u. A. KÖLLIKER und G. R. WAGENER die Fibrille oder den Muskelfaden. Sowohl Muskelzellen wie Muskelfasern können aus Muskelfäden zusammengesetzt und beide können quergestreift sein. Auf der niedrigsten Stufe der Ausbildung aber sind beide ganz gleichartig, ohne Muskelfäden und ohne Querstreifung.

Eine verhältnismäßig niedere Stufe bezeichnet auch das schon berührte Verhalten, welches darin besteht, dass die Muskelmasse nur einen Mantel an den Muskeln bildet, während sich im Inneren noch körniges Plasma erhält.

Auch dieses Verhalten kommt sowohl bei Muskelzellen wie bei Muskelfasern vor.

Alle diese Erscheinungen lassen sich meiner Ansicht nach nur entstanden denken durch das Maß und die Art der Thätigkeit der Muskelmasse, bezw. des Plasma, aus welchem dieselbe hervorgegangen ist.

Vielleicht gehört hierher auch die Thatsache, dass ganz aus Muskelfäden bestehende Muskelfasern zuweilen von einem besonderen Mantel von solchen umgeben sind: einem Ring, aus Sarkoplasma und Fibrillen bestehend, während die inneren Fibrillen in Muskelsäulchen angeordnet sind. Einen derartigen Fall bieten z. B. Muskeln der Barbe dar, bei welchen außerdem die inneren Muskelsäulchen auf dem Querschnitt so hübsch hervortreten (COHNHEIM'sche Felder), wie ich sie bei keinem anderen Muskel gesehen habe. Solchen äußeren Ring hat schon VAN GEHUCHTEN u. A. von den Muskelfasern eines *Cyprinus* beschrieben und später KÖLLIKER¹. Gerade diese Fasern von *Cyprinus* haben aber einen äußersten Mantel von Sarkoplasma, was im

¹ Diese Zeitschr. Bd. XLVII. Sonderabdr. p. 15. Taf. XLV, Fig. 20, 21.

Widerspruch mit meiner oben gegebenen Erklärung zu stehen scheint. Diesen Sarkoplasmamantel hat zuerst LEYDIG an Muskeln des Barsches abgebildet¹. Es handelt sich hier wie in anderen Fällen um Muskeln der Seitenlinie oder deren Nachbarschaft. Was für besondere Verhältnisse hier wirksam sind, kann erst die Zukunft zeigen. Nach einer Abbildung KÖLLIKER's (a. a. O. Fig. 19) vom Karpfen scheint es auch vorzukommen, dass der äußere Ring von Sarkoplasma zwischen die Muskelsäulchen einer Faser eindringt, sie in Bündel theilend.

Dass in den Flügelmuskeln von Insekten Fasern vorkommen, deren Fibrillen in in einander geschachtelten ringförmigen Blättern liegen, ist bekannt (ROLLET). Diese Blättermuskeln kommen neben den in Fäden zerfallenden Brustmuskeln vor — an welche Theile sie sich anheften habe ich nicht untersucht. Anbei gebe ich Abbildungen der Blättermuskeln von *Tachina* nach Präparaten, welche von meinem Assistenten Dr. VOSSELER angefertigt sind.

In Fig. 1 *A* bedeutet *c* die Cuticula, *E* die Epidermis, *L* Blättermuskeln auf dem Längsschnitt, *Q* dieselben auf dem Querschnitt.

In Fig. 1 *B* bedeutet *a* einen Längsschnitt, *b* einen Querschnitt beistärkerer Vergrößerung.

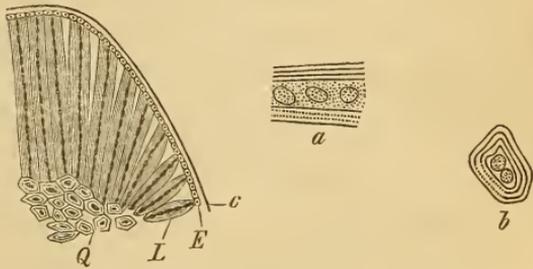


Fig. 1 *A* und *B*.

Ich zählte bis fünf Blätter, welche durch die hellen Binden dargestellt

sind. Diese Blätter sind nach ROLLET aus Fibrillen zusammengesetzt. Die schwarzen Linien bedeuten die Zwischensubstanz. Dieselben erscheinen bei stärkerer Vergrößerung oft wie aus feinen Körnern gebildet. Die Blätter schließen Sarkoplasma und Kerne ein, zuweilen zwei der letzteren neben einander.

Muskelzellen.

Die niedrigst ausgebildete Muskelzelle, eine platte beiderseits zugespitzte, zuweilen verzweigte Zelle mit einem Muskelmantel, welcher noch nicht in Muskelmasse umgebildetes, mehr oder weniger körniges Plasma umhüllt, findet sich bekanntlich besonders bei Weichthieren und Würmern weit verbreitet. Sie herrscht an solchen Thieren und an solchen Körpertheilen derselben vor, welche sich wenig oder lang-

¹ Histologie. Fig. 74.

sam bewegen. Wir finden sie aber auch noch bei Wirbelthieren in träge sich bewegenden Organen. Zuweilen ist dann das innere Plasma bis auf eine Spur, oder es ist ganz geschwunden.

Ich nenne jene unfertigen Muskelzellen Mantelmuskelzellen.

Beide, Mantelmuskelzellen und fertige Muskelzellen, welche wir bis jetzt berührt haben, sind glatt. Eine nächst höhere Stufe gegenüber den glatten bilden die längsgestreiften. Dieselben können wiederum Mantel- oder fertige Muskelzellen sein.

Längsgestreifte Mantelmuskelzellen finden sich z. B. im Hautmuskelschlauch des Blutegels. Auf dem Querschnitt erscheint ihre Muskelmasse als ein Ring mit Punkten, den Querschnitten der Muskelfäden (Fibrillen). Je eine Anzahl der letzteren ist durch eine Kittmasse zusammengehalten, so dass grobe COHNHEIM'sche Felder entstehen, deren Grenzen den Muskelring auf dem Querschnitt in einzelne Ringstücke theilen. Auch die einzelnen Muskelfäden liegen in Zwischenmasse.

Diese Eigenschaften der Muskelmantelzellen des Blutegels sind in den von uns abgehaltenen vergleichend-histologischen Übungsstunden von meinem Assistenten Dr. VOSSELER und mir vor Jahren zuerst beobachtet worden. Indessen hatte G. R. WAGENER die Muskelzellen des Blutegels, wie ich nachträglich aus SCHULTZE's Archiv, Bd. IX, p. 716 ersehe, schon früher in Fibrillen zerlegt, eben so die von Schnecken.

Längsgestreifte fertige Muskelzellen finden sich u. A. auch in den Schließmuskeln von Anodonta.

Eine weitere Stufe bilden die quergestreiften Muskelzellen.

Wir haben also zu unterscheiden :

- I. glatte Muskelzellen,
 - 1) glatte Mantelmuskelzellen,
 - 2) glatte fertige Muskelzellen;
- II. längsgestreifte Muskelzellen,
 - 1) längsgestreifte Mantelmuskelzellen,
 - 2) längsgestreifte fertige Muskelzellen;
- III. quergestreifte Muskelzellen, welche wohl bei näherer Untersuchung wieder in Mantel- und fertige quergestreifte Muskelzellen zerfallen werden, wie die quergestreiften Muskelfasern.

Nach Vorstehendem kommt eine Zwischen- oder Kittmasse nicht nur in den Muskelfasern vor : auch zwischen den Fibrillen der Muskelzellen kann sie deutlich sichtbar sein und auch hier kann eine größere Menge derselben je ein Muskelfadenbündel umschließen und die ein-

zelen dieser Bündel von einander trennen, so dass auf dem Querschnitt COHNHEIM'Sche Felder entstehen.

Nur durch die Mechanik der Thätigkeit kann es offenbar erklärt werden, dass die Muskelzellen zuerst einen Mantel von Muskelmasse haben. Dass dieser Zustand der ursprüngliche ist, beweist, nebenbei gesagt, auch die Entwicklung der Muskelzellen, welche im ausgebildeten Zustand fertige sind. Sie sind in der Jugend Mantelmuskelzellen.

Ganz wie am Wimperinfusorium oder an der Gregarine wird auch an der Muskelzelle die Mantelschicht am meisten thätig sein bei der Zusammenziehung. Als die spätere Muskelzelle noch ganz aus amöboidem Plasma bestand, wurde zuerst dessen äußere Lage in Zusammenziehungsthätigkeit geübt. So ward aus dieser äußeren Schicht von Plasma Muskel. Bei fortdauernder Thätigkeit kann auch die Innenmasse mehr und mehr umgewandelt werden. So entstehen die fertigen Muskelzellen. In anderen Fällen tritt, offenbar wieder in Folge der Thätigkeit, Fibrillenbildung und dann Querstreifung auf.

Muskelfasern.

Auch bei den Muskelfasern können wir Mantel- und fertige, glatte, längsgestreifte und quergestreifte unterscheiden.

Sehr schöne glatte Mantelmuskelfasern finden sich bei den Rippenquallen. Schon KÖLLIKER¹ sagt, dass die Muskelfasern bei verschiedenen Ctenophoren mit einem körnigen Plasmastreifen in der Achse und oft mit mehreren Kernen versehen seien. Ich beschrieb² diese Fasern genauer und unterschied »vielkernige Muskelfasern mit deutlich hervortretender Hülle, häufig mit scharf geschiedener Rinden- und Marksubstanz, an Dicke bis 0,03 mm messend, mit baumförmig verästelten oder spindelförmigen Enden. Die Kerne liegen in ihnen, wie in den vielkernigen Muskelfasern überhaupt, in größeren Abständen einzeln im Mark«.

»Die beschriebenen Fasern sind hauptsächlich diejenigen, welche das Gallertgewebe durchziehen.«

»Zweitens umkleiden den Magen vielkernige Muskelfasern, in welchen Rinden- und Marksubstanz meist nicht deutlich unterschieden sind, durchschnittlich von etwas geringerem Durchmesser, als die vorigen.«

»Drittens umgeben den Trichterschlund als Ringfaserschicht dünne

¹ KÖLLIKER, Würzburger naturwissensch. Zeitschr. 1864.

² Zoologische Studien auf Capri. I. Über Beroë ovatus. 1873. p. 36 ff.

(0,003 mm) meist nach beiden Enden spitz zulaufende Muskelfasern von sehr gleichartigem Aussehen, mit nur einem oder wenigen Kernen.«

»Diese letzteren Fasern stehen den bindegewebigen in so fern am nächsten, als sie selbst in ihrer vollen Ausbildung zuweilen kaum von denselben zu unterscheiden sind. Zugleich sind sie am ähnlichsten den glatten Muskelfaserzellen der höheren, Thiere.«

Es entspricht meiner Auffassung über die Entstehung des Mantels von Muskelsubstanz in den zuerst erwähnten Muskelfasern, dass die Markmasse um so mehr überwiegt, je jünger die Fasern sind, was ja auch für die Entwicklung der Muskelfasern der höheren Thiere gilt.

Auf die Erscheinungen bei der Zusammenziehung dieser Muskelfasern komme ich später zu reden. Hier sei zunächst nur die folgende wichtige Thatsache erwähnt. An frischen Muskelfasern von Beroë war eine Zusammensetzung des Muskelmantels aus Fibrillen nicht zu erkennen, aber an mit doppelchromsaurem Kali behandelten Präparaten sah ich daran sehr häufig eine Längsstreifung, ja es löste sich der Mantel nach der Einwirkung des Mittels sogar oft geradezu in einzelne Fibrillen auf, welche an abgerissenen Enden von Fasern über das zurückgezogene Sarkolemma hervorragten. Ich fügte obiger Schilderung hinzu: »Da das doppelchromsaure Kali auch an den Muskelfasern der höheren Thiere die Isolirung der Fibrillen begünstigt, so darf wohl angenommen werden, dass es auch bei Beroë ein organisch begründetes Verhalten zur deutlicheren Anschauung bringe, dass also auch hier die durch dasselbe in die Erscheinung tretenden Primitivfibrillen nicht kurzweg als Kunstprodukte betrachtet werden dürfen.« Die Bildung von Längsfibrillen ist in den Muskelfasern offenbar eben so wie im Plasmamantel von Einzelligen die Folge fortgesetzter Zusammenziehungsthätigkeit. In den Muskelfasern von Beroë aber ist die Fibrillenbildung noch nicht so weit gediehen, dass sie ohne Anwendung besonderer die Spaltung in Fibrillen bedingender Mittel sichtbar wäre. Übrigens sah ich Muskelfasern bei Beroë und bildete sie ab (Fig. 30, 31), welche sich an einem Ende pinselartig in Fäden spalteten. Ich war aber im Zweifel ob es sich in ihnen nicht um Neuromuskelfasern handle.

Entstehung von Muskelgewebe auf Grund der Thätigkeit.

Nicht minder wichtig sind für meine Auffassungen die folgenden in der erwähnten Schrift¹ festgestellten Thatsachen. Außer von den Muskelfasern wird das Gallertgewebe von Beroë von Bindegewebsfasern durchzogen. Die Eigenschaften beider gehen durchaus in ein-

¹ p. 30 ff.

ander über. Wenn auch die ausgeprägten Muskelfasern wohl gekennzeichnet sind durch die Eigenschaft ihres Inhalts, sich durch Karmin roth zu färben, so ist durch kein Mittel eine Grenze zwischen den Fäden festzustellen, welche die geringste Menge von Muskelmasse enthalten und zwischen solchen, welche derselben gänzlich entbehren, denn es lässt auch die Färbung mit Karmin im Stiche, wenn nur geringe Mengen solcher Masse vorhanden sind. »Die Bindegewebsfasern durchziehen die Gallertsubstanz unseres Thieres von innen nach außen, sowie von oben nach unten, sehr häufig aber in einer solchen Richtung, welche diejenige der Muskelfasern im rechten Winkel kreuzt. An den Stellen, wo diese Kreuzung stattfindet, sind beide zuweilen durch ein dreieckiges Häutchen an einander befestigt, welches seine eine Spitze entweder der Bindegewebs- oder der Muskelfaser zukehrt und welches entweder mehr ein Theil des Sarkolemma oder mehr ein Theil der Bindegewebsfaser ist.«

Bindegewebe wie Muskeln haben hier wie anderwärts die gleiche embryonale Grundlage. Bei manchen Quallen bleibt es im Gallertgewebe bei der Bildung von Bindegewebsfasern, bei anderen entstehen Muskelfasern. Dort kann die Gallerte nicht in sich selbst zusammengezogen werden wie hier. Bei den Rippenquallen, wo sie von Wand zu Wand reichlich von Muskelfasern durchsetzt ist, ist solche Zusammenziehung möglich. Wie bemerkt verlaufen die Bindegewebsfasern sehr häufig in einer solchen Richtung, welche die Muskelfasern im rechten Winkel kreuzt. »Es haben sich hier,« fügte ich hinzu, »in denjenigen Richtungen aus der für Bindegewebs- und Muskelfasern gemeinsamen Grundlage die letzteren entwickelt, nach welchen hin der Körper am meisten bestrebt war, sich zu kontrahiren. In den Richtungen, nach welchen ein Kontraktionsbestreben nicht oder nur in geringem Grade stattfand, blieb es bei der Ausbildung von Bindegewebsfasern, oder es entstanden höchstens Muskelfasern, die nur sehr geringe Mengen von kontraktile Substanz aufweisen.

In einer Richtung, welche rechtwinklig gedacht ist zu derjenigen, nach welcher an einer bestimmten Körperstelle ausschließlich Kontraktion stattfindet, wird die kontraktile Substanz am meisten in den Hintergrund treten und wir werden daher die ausgesprochensten Bindegewebsfasern rechtwinklig zu den Muskelfasern gelagert finden.«

Zu den gleichen Ergebnissen in Beziehung auf den Übergang zwischen Bindegewebs- und Muskelzellen ist später zunächst FLEMMING¹ für die Harnblase von *Salamandra maculata* gekommen. Heute mag man

¹ Diese Zeitschr. Bd. XXX. Suppl.

solche Ähnlichkeit zwischen zwei Geweben, welche auf noch wenig entwickelter physiologischer Ausbildung beruht, für etwas Selbstverständliches halten, aber in der Zeit, als ich auf dieselbe hinwies, war dem durchaus nicht so, obgleich schon damals die Vorbedingungen für eine solche Auffassung durchaus gegeben waren. Als ich wenige Jahre nachher¹ Zellen in Medusen für Nerven-(Gehirn)zellen erklärte, welche Bindegewebszellen ähnlich sind und von welchen ich annahm, dass sie aus dem Ektoderm stammen, bezeichnete man mit überlegener Sicherheit von anderer Seite jene Zellen als bindegewebige, unter vollkommenem Missachten meiner unbedingt beweisenden physiologischen Versuche. Physiologische Betrachtungs- und Behandlungsweise findet in den »Reflexionen« der heutigen Mikrotomzoologie nur allzu schwer ihr Recht.

Zur vorliegenden Frage gehören schließlich auch die Fälle, in welchen quergestreifte Muskelfasern sich an einem Ende in die Fibrillen auflösen, worauf diese sich unmittelbar in Bindegewebe fortsetzen. Solches Verhalten scheint besonders in den Lippen- und Zungenmuskeln von Säugern deutlich zu sein (vgl. im Folgenden p. 97).

In der »Entstehung der Arten«² bemerkte ich anschließend an die Besprechung der Schwierigkeit der Unterscheidung von Bindegewebe und Muskulatur und zum Verständnis der Entstehung von Muskeln: Kontraktilität ist »eine der Grundeigenschaften des Plasma und durch hervorragende Übung dieser Eigenschaft entsteht nach meiner Erklärung aus ihm eigentliche Muskelsubstanz. . . . Nur so erklärt sich die Thatsache, dass Muskulatur überall in denjenigen Theilen der Thiere am meisten ausgebildet ist, in welchen sie vorzüglich vorhanden sein muss, um ihrem Zwecke zu genügen — so eben z. B. bei den durch Zusammenziehung ihres Schirmes sich fortbewegenden Medusen an der Unterseite dieses Schirmes, bei den Würmern zum Zweck der Krümmung und schlängelnd kriechender Fortbewegung des Körpers im »Hautmuskelschlauch«, bei den Schnecken im Fuß, bei den Muscheln in den Schließmuskeln u. s. w.«

»Wie sollte Auslese oder gar geschlechtliche Mischung an bestimmten Stellen des Körpers Muskeln hervorbringen, welche vorher nicht dagewesen sind? Auslesen und mischen lässt sich nur Vorhandenes.« Und, möchte ich hinzufügen, wenn ein zufälliges Abändern der Keimzellen die Ursache der Mannigfaltigkeit der Formgestaltung in der Natur wäre, warum bilden sich nicht schon an diesen Keimzellen Muskel-

¹ Die Medusen anatomisch und physiologisch auf ihr Nervensystem untersucht. Tübingen, Laupp, 1878.

² p. 351.

masse — Muskelfibrillen und andere Organe aus, wie an den ihnen »gleichwerthigen« einzelligen Thieren?

Entstehung der Neuromuskelzellen auf Grund der Thätigkeit.

Ein auffälliges hier sich anschließendes Beispiel für die formgestaltende Wirkung der Thätigkeit bieten auch die Neuromuskelzellen, welche an und für sich nur durch verschiedene Funktion ihres äußeren und ihres inneren Theils zu den eigenartigen Bildungen geworden sein können, welche sie darstellen. Bei Hydra weist noch keine morphologische Eigenschaft des äußeren Theils der Neuromuskelzellen darauf hin, dass derselbe, wie aus physiologischen Thatsachen mit Recht geschlossen wird, im Dienste des Nervensystems stehe und auch der innere Theil, der Muskelfaden, ist noch sehr wenig als solcher ausgebildet. Bei Medusen aber (Carmarina)¹ habe ich große Neuromuskelzellen beschrieben, welche sehr langen und breiten theilweise quergestreiften Muskelbändern mit der einen Kante aufsitzen²: das Plasma der Zellen setzt sich auf den äußeren Rand dieser Bänder in ihrer ganzen Länge fort, der der Nerventhätigkeit dienende Theil der Zellen aber zeigt eine sehr feine Längsstreifung. Diese Längsstreifung bezieht sich offenbar auf die Ausbildung von der Nervenleitung dienenden Plasmafäden. Ganz denselben Bau des Nervenplasma beschrieb ich nämlich an den dem Ringnerven von Carmarina hastata aufsitzenden Ektodermzellen. Diese Zellen habe ich Besenzellen genannt, weil sich hier das Plasma in nach unten aus einander tretende Fäden besenartig auflöst, welche unmittelbar in die Nervenfasern des Ringnerven übergehen³, während in anderen Fällen die ganze fibrilläre Zelle in einen solchen Faden sich fortsetzt⁴ (»Nervenepithelien«).

Eine ähnliche höhere Ausbildung kann auch der Muskelfortsatz der Neuromuskelzellen zeigen. Während er bei den sich verhältnismäßig wenig bewegenden Hydren und in Hydroidpolypenstöckchen kaum als solcher erkennbar und glatt ist, ist er am Schirm der lebhaft sich bewegenden Medusen quergestreift.

Querstreifung der Muskeln als Folge ihrer Thätigkeit.

Schon in den »Medusen« aber habe ich die Ansicht vertreten, dass die Entstehung quergestreifter Muskulatur bei den

¹ Die Medusen. Taf. XII, Fig. 44, 43, 46, 47 u. a.

² Ebenda. p. 234.

³ Ebenda. Taf. XII, Fig. 8.

⁴ Ebenda. Taf. XII, Fig. 42. p. 243 ff. Vgl. hierzu auch PFLÜGER, Die Endigung der Absonderungsnerven in den Speicheldrüsen. Bonn 1866 und Archiv für mikr. Anatomie. 1869

Medusen wie in der ganzen Thierreihe offenbar nur einem höheren Grade der Thätigkeit, mag sie eine willkürliche oder unwillkürliche sein, mag sie von Muskelzellen oder von Muskelfasern ausgeübt werden, den Ursprung verdankt¹.

Querstreifung der Muskeln bei Medusen.

Ein Beispiel für diesen Satz giebt zunächst abgesehen von dem oben Mitgetheilten die Thatsache, dass sich bei Medusen an der unteren Seite des Schirmes quergestreifte und glatte Muskulatur findet, die letztere mit geringerer Thätigkeit strahlig an den Gefäßen, die erstere, in hohem Maße thätig, auf der ganzen Unterseite ringförmig angeordnet: diese ist es, welche die Zusammenziehung des Schirmes und damit die Ortsveränderung der Thiere besorgt. Schon damals wies ich darauf hin, dass am deutlichsten für meine Ansicht die Beschaffenheit der so lebhaften Bewegungen ausführenden Muskulatur der Arthropoden spreche und die der quergestreiften Muskelzellen des Herzens der Wirbelthiere im Gegensatz zu den übrigen »unwillkürlichen« Muskeln der Eingeweide, welche glatt sind und sich überall da finden, wo die Bewegung eine träge ist.

Nachdem ich weiter die erwähnten Thatsachen bezüglich der glatten und quergestreiften Neuromuskelzellen und die Verhältnisse der Muskulatur des Medusenschirmes hervorgehoben, sagte ich²: »Die trägen Mollusken haben allgemein glatte Muskelzellen — nur an einem Orte kommt quergestreifte Muskulatur vor: die Schließmuskeln der Schalen derjenigen Muscheln sind aus solcher zusammengesetzt, welche durch beständiges Auf- und Zuklappen der Schalen im Meere lebhaft schwimmen, ähnlich wie Schmetterlinge durch Klappen der Flügel fliegen — so die Schließmuskeln der Kammuscheln (Pecten) u. a. Am bemerkenswerthesten für unsere Frage sind aber die Schließmuskeln unserer Anodonten: bei ihnen finde ich die ersten Anfänge von Querstreifung, aber noch nicht bleibend morphologisch ausgebildet, sondern nur vorübergehend und nur an einzelnen Stellen ihres Verlaufs, rein als Ausdruck der Thätigkeit.«

Querstreifung in den Schließmuskeln von Muscheln.

Zum ersten Mal sah ich die Querstreifung der Schließmuskeln der Teichmuscheln (Anodonta) gemeinsam mit meinem Assistenten Dr. FICKERT in den von uns abgehaltenen vergleichend-histologischen Übungen

¹ p. 262.

² Entstehung der Arten p. 353.

nach meinen Notizen am 18. December 1884 und seitdem habe ich die gleiche Erscheinung alljährlich bei derselben Gelegenheit beobachtet. Die Muskeln sind zusammengesetzt aus langen spindelförmigen, häufig verzweigten Muskelzellen, welche auch dieser Gestalt nach einen Übergang zu den Muskelfasern bilden. Zuweilen sind nur einzelne dieser Muskelzellen, welche augenscheinlich einen stärkeren Zustand der Zusammenziehung darbieten, quergestreift, zuweilen ist es der ganze Muskel. Die Querstreifung macht in den ausgesprochensten Fällen im Wesentlichen durchaus den Eindruck derjenigen der höheren Thiere, indem in der Muskelzelle dunklere und hellere Stellen auf einander folgen. Fig. 2 stellt einige solcher Kontraktionszustände dar. Bemerkenswerth ist, dass, wie Fig. 2 *b* zeigt, zuweilen schon eine Anordnung von Scheiben auftritt, wie sie auf höherer Stufe der Querstreifung erscheint: als ob die ursprüngliche Mittelscheibe (*Q*) durch einen hellen Zwischenraum (*h*) getrennt wäre. Es ist mir aber zweifelhaft, ob es sich in Fig. 2 *b* nicht je um zwei verschmälerte, sich näher gerückte *Q*

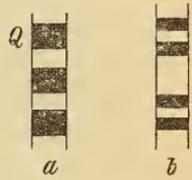


Fig. 2.

handelt. Ich habe die Sache nicht näher untersucht. Im Übrigen ist diese Querstreifung der Teichmuschel noch einfacher als in den meisten Fällen bei den Arthropoden und bei den Wirbelthieren und einfacher auch, wie wir sehen werden, als in einem Theil des Schließmuskels der Kammuscheln: es fehlt nämlich die sogenannte Zwischenscheibe.

Das Wichtigste aber ist dies, dass alle Übergänge von solcher ausgesprochenen Querstreifung bis zum Verschwinden derselben vorkommen können. Bei den ersten Andeutungen der Querstreifung erscheint die dunkle Masse an der Muskelzelle nach oben und unten noch nicht scharf abgegrenzt, verliert sich allmählich und häufig hat es dann den Anschein, als ob nicht Querstreifung, sondern eher Faltung der Muskelzellen vorläge. Zwar giebt es Faltungen, welche diese beginnende Querstreifung vortäuschen, allein jeder Zweifel daran, dass man Querstreifung der Muskelmasse vor sich hat, wird gehoben durch das Vorhandensein aller Übergänge von jenem Zustande bis zu dem der ausgesprochenen Querstreifung und dadurch, dass die Ansammlungen von dunkler Masse zuweilen deutlich an die Fibrillen gebunden sind, aus welchen die Muskelzelle hie und da ausgesprochen zusammengesetzt erscheint.

Schon MARGO¹ giebt an, dass die Schließmuskeln und auch die Muskeln im Fuß der Anodonten aus quergestreiften Fibrillen gebildet

¹ TH. MARGO, Über die Muskelfasern der Mollusken. Sitzungsber. der Wiener Akad. mathem.-naturw. Klasse. Bd. XXXIX. 1860.

seien, ganz wie die der Wirbelthiere. BLANCHARD¹ bestreitet dies gerade für Anodonta und bezeichnet hier die Schließmuskeln als vollständig glatt. Eben so sah WEISMANN² die Querstreifung nicht. Dies erklärt sich wohl dadurch, dass dieselbe nach obiger Darstellung nicht immer vorhanden ist.

Bei den Kammuscheln (Pecten), bei welchen die Thätigkeit der Schließmuskeln eine viel größere ist, als bei den Teichmuscheln, weil die Kammuscheln durch rasch auf einander folgendes Auf- und Zuklappen der Schalen schwimmen, ist die Querstreifung nicht nur zeitweise (im Zustand der Thätigkeit), sondern immer vorhanden und zwar ist sie ganz so beschaffen, wie die der höheren Thiere. Außer den Mittelscheiben (*Q* ROLLET) sind auch die schmalen Zwischenscheiben (*Z* ROLLET) vorhanden, und zuweilen auch die HENSEN'sche Linie (*h*). BLANCHARD³ hat dies ganz richtig beschrieben, nachdem schon LEBERT⁴ die Querstreifung erwähnt hatte.

Ich nenne die Querstreifung ohne Zwischenscheibe, wie sie bei den Teichmuscheln vorkommt, unvollkommene, die mit Zwischenscheibe, wie sie bei den Kammuscheln vorhanden ist, vollkommene.

Dass die Querstreifung der Schließmuskeln von Pecten von anderer Seite bestritten wurde (FOL⁵) scheint zuerst nicht recht verständlich, denn sie ist sehr schön, und besonders deshalb leicht festzustellen, weil die Muskeln z. B. nach Behandlung in Alkohol von selbst in Muskelfäden (Fibrillen) zerfallen.

Allein es ist verständlich, dass sie bestritten wurde, dadurch dass es in den Schließmuskeln von Muscheln und gerade von Kammuscheln zweierlei Muskeln giebt, glatte und quergestreifte und durch die Annahme, dass FOL nur die ersteren vor sich gehabt hat.

Gerade diese Thatsache des Vorkommens von zweierlei Muskeln aber ist für meine Auffassung von besonderer Wichtigkeit.

BLANCHARD beschreibt⁶ (wie vorher schon WAGENER, v. IHERING und COUTANCE für andere Muscheln) für Pecten, besonders für Pecten jacobaeus im Schließmuskel zwei durch Bindegewebe geschiedene Ab-

¹ R. BLANCHARD, Bulletin de la société zoologique de France. 1888. p. 49 und Extrait du Bulletin etc. 1888. 13. März.

² WEISMANN, Zeitschr. f. rationelle Medicin. 1862.

³ R. BLANCHARD, Rev. internation. des sc. biolog. 1880. p. 356 und Compt. rendus de la soc. etc. 1880. p. 433.

⁴ H. LEBERT, Annal. d. scienc. naturelles. Zoologie. 1850.

⁵ H. FOL, Compt. rend. 1888. p. 306.

⁶ a. a. O. 1880.

theilungen von verschiedener Größe: die kleinere ist durchaus glatt, die große quergestreift. An den Fibrillen der letzteren sieht man die Zwischenscheibe und an manchen nach Behandlung mit Chromsäure oder Alkohol auch die helle Linie in der dunklen Querscheibe (*h* ROLLET). Es handelt sich in diesen Muskeln um einkernige Muskelzellen, welche nach BLANCHARD die Länge des ganzen Muskels haben.

G. R. WAGENER¹ erwähnte schon früher bei Lima zwei Muskelabtheilungen, von denen die eine glatt, die andere quergestreift sei. H. v. IHERING² hat bei *Anomia* die Zusammensetzung des Schließmuskels aus einem größeren, mehr bläulich weißen und einem kleineren blass gelblichen Theil beschrieben und gefunden, dass dieselbe bei den Schließmuskeln der Muscheln überhaupt und besonders beim hinteren vorkomme. Nicht gerade geschickt nennt er die größere Abtheilung muskulös, die kleinere ligamentös. Die erstere bestehe aus glatten Muskelfasern, bei denen zuweilen mehr oder weniger deutlich Querstreifung auftritt; die Muskelfasern des ligamentösen Theils zeigen stets einen ausgesprochen fibrillären Bau. Durch Versuche an *Pecten* zeigte v. IHERING, dass der größere, dunklere Muskelabschnitt die rasche Zusammenziehung der Schalen, der kleinere helle, dem Schalenband entgegenwirkend, den anhaltenden Schluss der Schalen hervorbringt und er dehnt dieses Ergebnis auf die Muscheln überhaupt aus. Dass v. IHERING für die kleine weiße Muskelabtheilung den Namen ligamentös gebraucht, findet die Erläuterung in seinen Worten: »sie kontrahirt sich nur langsam, ihre Rolle ist mehr die einer Sehne, welche dem Ligamente, welches beständig die Schale zu öffnen trachtet, als Antagonist entgegenwirkt. Will das Thier die Schalen längere Zeit geschlossen halten, so fällt diese Aufgabe der weißen ligamentösen Portion zu, will das Thier nur vorübergehend aber rasch die Schale schließen, so tritt die gelblichgraue muskulöse Portion in Funktion.« Die letztere vermittele auch das eigenthümliche Schwimmen oder Springen von *Pecten*. Weiter kommt aber v. IHERING zu dem auffallenden Schluss, dass, obschon die graue Muskelabtheilung zuweilen Querstreifung zeige, die hellere aber ausgesprochen fibrillär gebaut sei, histologisch ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Muskelarten nicht bestehe. Er weist auf seine Abhandlung zur Anatomie von *Chiton* hin, wo er darauf aufmerksam gemacht habe, dass die sogenannte Querstreifung in den Muskelfasern der Schlundkopfmuskulatur bei *Chiton* und den *Arthrocochlidien* in Wahrheit nichts sei, als eine exquisite Fibrillenbildung. »Dabei,« fährt er fort, »ist jedoch innerhalb der

¹ Archiv für Anat. u. Physiol. 1863.

² Diese Zeitschr. 1878.

Fibrille die anisotrope Substanz in regelmäßiger Weise durch Theile isotroper Substanz unterbrochen, während in den Fibrillen im ligamentösen Theile des Adductor der Muscheln eine solche Scheidung nicht eingetreten ist. Im muskulösen Theile des Schließmuskels findet sich kein Zerfall in Fibrillen. « Dieser bestehe aus den bekannten glatten Faserzellen, bei welchen die kontraktile Substanz peripher gelagert ist und dessen Achse von einem körnigen Protoplasma gebildet wird, in welchem auch der Kern liegt.

Es wird also hier geradezu jede Beziehung zwischen der Thätigkeit (Funktion) und dem histologischen Bau der Muskeln in Abrede gestellt. Dagegen hebt BLANCHARD diese Beziehung um so ausdrücklicher hervor, freilich nur in der gewöhnlichen Weise, welche besagt, dass die quergestreifte Muskulatur zu rascher Thätigkeit bestimmt sei, die glatte zu langsamer. Von einem ursächlichen Zusammenhang zwischen Thätigkeit und Formgestaltung ist auch bei BLANCHARD so wenig, wie sonst wo, die Rede.

Abgesehen hiervon ist, wie aus dem Folgenden hervorgeht, jedenfalls die Verallgemeinerung, welche v. IHERING seinen histologischen Beobachtungen giebt, nicht statthaft.

In demselben Jahre wie v. IHERING machte COUTANCE¹ Versuche, welche ganz zu dem gleichen Ergebnis, wie die des Ersteren, führten.

BLANCHARD hat genauere Untersuchungen über den histologischen Bau der Schließmuskeln bei verschiedenen Muscheln gemacht. Bei Pecten ist also der dunklere Theil des Schließmuskels quergestreift, der helle glatt, aber doch aus Fibrillen zusammengesetzt. Bei Austern, bei Gryphaea, Cardium edule, Tapes decussata, Mytilus edulis und Anodonta cygnea ist nach BLANCHARD der dunklere Theil des Schließmuskels nicht quergestreift, höchstens fibrillär, wie der helle Theil, doch zeigen sich zuweilen im dunklen Theil, z. B. bei Austern und bei Gryphaea, eigenthümliche quere oder schiefe oder gekreuzte oder Zickzacklinien, welche auch schon von anderen Beobachtern beschrieben worden sind. Die queren Linien täuschen, wie BLANCHARD sagt, eine wahre Querstreifung vor. Man kann dieselben wie die schiefen, gekreuzten und Zickzacklinien auch im dunklen Muskeltheil bei Teichmuscheln beobachten, und ich bin zu der Überzeugung gekommen, es handle sich in denselben, jedenfalls zumeist, um den Beginn wirklicher Querstreifung der Fibrillen, und es würden die unregelmäßigen Linien dadurch hervorgerufen, dass die Fibrillen an einander verschoben sind. Ganz ähnliche Bilder findet man bekanntlich auf Grund derselben Ursache sehr häufig auch

¹ COUTANCE, De l'énergie et de la structure musculaire chez les mollusques acéphales. Paris 1878.

bei den quergestreiften Muskeln der höheren Thiere und die Abbildung, welche schon WAGENER auf Taf. IV, Fig. 7 (a. a. O.) von den Muskeln von Lima giebt, zeigt allein, dass es sich in beiden Fällen um dieselbe Sache handelt. Bei Wirbellosen (Anodonta) scheinen mir die Zickzacklinien aber zuweilen mit dadurch hervorgebracht zu werden, dass die Fibrillen kürzeste wellenartige Biegungen machen, welche mit ihrem verschieden vertheilten Inhalt schief an einander liegen.

Es ist besonders bemerkenswerth, dass dieser Anfang der Querstreifung bei Anodonta wie bei Ostrea und Gryphaea im thätigeren Muskeltheil vorkommt, bei Pecten aber, wo der thätigere vollkommen quergestreift ist, im weniger thätigen.

Bei Anodonta wie bei den übrigen Muscheln bestehen die Muskeln aus mehr oder weniger abgeplatteten, beiderseits zugespitzten, zuweilen verzweigten einkernigen Muskelzellen, deren Kern im Gegensatz zu den Angaben v. IHERING's meist auf der Außenfläche gelagert ist.

Je weniger diese Muskeln thätig sind, um so häufiger findet sich auch in ihrem Inneren noch ein Rest von gewöhnlichem Plasma: sie sind Mantelmuskelzellen. So sind sie im hellen Theil beider Schließmuskeln von Anodonta beschaffen. Die thätigeren Muskeln bestehen durchaus aus Muskelmasse. Als Wirkung eines weiteren Grades von Thätigkeit erscheint die Fibrillenbildung. Bei noch höherer Thätigkeit folgt vorübergehendes Auftreten von Querstreifung, welche eine unvollkommene ist, bei höchster Thätigkeit tritt bleibende vollkommene Querstreifung auf. Denn wenn auch im dunklen Muskeltheil von Anodonta die Querstreifung sehr ähnlich derjenigen der gewöhnlichen quergestreiften Muskulatur sein kann, so fehlen, wie bemerkt, hier doch noch die Zwischenscheiben, welche bei Pecten vorhanden sind, allerdings, wie ich hinzufügen möchte, nicht immer.

Beginn der Querstreifung bei anderen Thieren.

Bei den so wenig thätigen, man kann sagen, erst in der Entstehung begriffenen Muskelfasern von Beroë ovatus tritt, wie schon früher bemerkt, ebenfalls der Anfang einer Fibrillenbildung in dem allein aus Muskelmasse bestehenden Mantel der Muskelfasern auf. Wir haben hier ganz jene Stufe der Ausbildung, welche die Muskelzellen bei der Teichmuschel zeigen, indem sie im Inneren noch unverändertes Plasma führen. Aber auch bei Beroë beschrieb ich eine Zusammenziehung von Muskelfasern, bei welcher dunkler und heller Inhalt nach Art des ersten

Anfangs einer Querstreifung auf einander folgt¹. Dieser Zustand erscheint nur vorübergehend, während der Thätigkeit, wie bei Anodonta, ist aber nicht zu verwechseln mit Zusammenziehungen des weichflüssigen Inhalts der Muskelfasern nach dem Tode.

Weitere auf diesen Gegenstand gerichtete Aufmerksamkeit wird sicherlich bei den verschiedensten Thieren ähnliche Verhältnisse vor Augen führen, welche die allmähliche Entstehung der Querstreifung aus einem vorübergehenden Zustand in einen dauernden darlegen, und auch aus den vorhandenen Arbeiten würden sich wohl Beweismittel für meine Auffassung ergeben. Hierher gehört offenbar die Abbildung und Beschreibung WAGENER'S² von Querstreifung bei Hautmuskeln einer Nemertine, welche sich wohl unmittelbar vor dem Tode stark bewegt hatte, indem sie, wie bei diesen Würmern zu geschehen pflegt, nach Einbringen in Weingeist in Stücke zerbrochen war.

Dr. VOSSELER beschreibt dagegen in einer im Druck befindlichen Arbeit³, dass die Fasern der im Hinterleib der Spinnen gelegenen Stützmuskeln bei den Weibchen während der durch das Wachsen der Eierstöcke bedingten Dehnung glatt werden⁴. Nach der Eiablage aber würden sie wenigstens in einem Fall (*Epeira patagiata*), wie in der Jugend, theilweise wieder unvollkommen quergestreift. Andauernde solche Streckung bedinge sogar eine Art sehniger Umwandlung der Muskelfasern.

Lange Zeit wurden sämmtliche Muskeln der Arthropoden für quergestreift gehalten und man machte dabei keinen Unterschied zwischen vollkommener und unvollkommener Querstreifung, man nahm an, dass überall die erstere vorhanden sei.

In der That haben wir nirgends im Thierreiche eine ausgeprägtere, vollkommene Querstreifung als bei Arthropoden, aber wiederum nur in denjenigen Muskeln, welche hervorragend thätig sind, so z. B. in den Beinmuskeln der Laufkäfer. Vielleicht sind die Beinmuskeln des Lederlaufkäfers und seiner Verwandten, sowie die von anderen nicht fliegenden Käfern, wie z. B. *Molytes germanus*, die geeignetsten Muskeln zur Untersuchung ausgeprägter Querstreifung. In letzteren findet man, wie ich kürzlich an Präparaten VOSSELER'S sah, Mittelscheiben von ganz außerordentlicher Breite, was wohl mit der verhältnismäßig langsamen aber kräftigen Bewegung zusammenhängt (vgl. Fig. 3 auf folg. Seite).

¹ Beroë p. 38 und Taf. IV, Fig. 37 B.

² a. a. O. p. 213. Taf. IV, Fig. 1.

³ J. VOSSELER, Untersuchungen über glatte und unvollkommen quergestreifte Muskeln der Arthropoden. Tübingen, Laupp 1894.

⁴ Auf die Thatsache, dass diese Muskeln theilweise glatt seien, hat ihn zuerst Dr. FICKERT aufmerksam gemacht.

Bis vor Kurzem waren nur wenige Angaben über das Vorkommen von glatten Muskeln bei Arthropoden gemacht worden. Darunter ist besonders bemerkenswerth für uns eine über Tardigraden von PLATE. Derselbe beschreibt, dass die Muskeln dieser Thierchen der Querstreifung entbehren, aber in Fibrillen zerfallen¹.

Nun veröffentlicht VOSSELER in der erwähnten Abhandlung weitere hierher gehörige Thatsachen, welche meine Anschauung von der Bedeutung und Entstehung der Querstreifung sehr stützen.

Während in den thätigsten Theilen, wie in den Beinen, auch bei den Arthropoden die Querstreifung am höchsten ausgebildet ist, wogegen sie den trägen Bärthierchen nach PLATE fehlt, ist sie nach VOSSELER's Beobachtungen in vielen mäßig sich bewegendenden Theilen von Insekten unvollkommen quergestreift oder glatt. So in den Eileitern von Schmetterlingen, Käfern, Heuschrecken, in den Darmmuskeln, in den Fächermuskeln des Herzens und in den Herzmuskeln verschiedener untersuchter Arten. Am bemerkenswerthesten aber ist das Verhalten der verkümmerten Flügelmuskeln des Weibchens von *Orgyia gonostigma*. Während sonst die Flügelmuskeln der Insekten überall vollkommen quergestreift sind, sind sie hier zum Theil glatt ohne nachweisbare Fibrillen, zum Theil zerfallen sie in Fibrillen, zum Theil endlich sind sie unvollkommen quergestreift. Es handelt sich hier offenbar um verschiedene Stufen von Rückbildung der Eigenschaften der Muskulatur in Folge von Nichtgebrauch.

Im Widerspruch mit meinen allgemeinen Voraussetzungen scheint es zu stehen, dass das Insektenherz theilweise aus glatter, theilweise aus unvollkommen quergestreifter Muskulatur zusammengesetzt ist. Allein die Arbeitsleistung dieses Herzens dürfte immerhin eine geringe sein im Vergleich zu jener der Muskeln der Gliedmaßen, deren Aufgabe das einander Nähern von Theilen des Skelettes ist, während das Herz sich nur in sich selbst bewegt. Ferner ist der Kraftaufwand des Herzens der Insekten gering im Vergleich zu dem der Wirbelthiere, dessen Muskeln quergestreift sind. Übrigens zeichnet sich die Querstreifung der Muskeln des Insektenherzens entsprechend der Geschwindigkeit seiner Bewegung durch große Feinheit und Schärfe der dunkeln Scheiben aus (VOSSELER), im Gegensatz zu den außerordentlich dicken Mittelscheiben in den träg aber sehr kräftig wirkenden Muskeln von nichtfliegenden Käfern, z. B. von *Molytes germanus*.



Fig. 3.
Stück einer
Muskelfaser
von *Molytes*
germanus.

¹ PLATE, Zool. Jahrb. 1889.

Auch bei den Arthropoden sehen wir also, wie bei den Mollusken, die Ausbildung der Eigenschaften der Muskulatur in vollkommener Übereinstimmung mit der Thätigkeit, erkennen sie als augenscheinliche Folge derselben. Wir finden hier wie dort, entsprechend dem Grad der zu liefernden — besser der seit langer Zeit schon von den Vorfahren der Thiere gelieferten Arbeit die Stufen der glatten, der aus Muskelfäden (Fibrillen) bestehenden, der unvollkommen und der vollkommen quergestreiften Muskeln und die beiden letzteren wieder in verschiedenen Graden der Ausbildung und in verschiedenen Arten der Gestaltung je nach der Art ihrer Arbeit.

Dieser Satz aber gilt für alle Thiere, und es sei hier in Beziehung auf Mollusken noch angeführt, dass LEYDIG Querstreifung bei Muskeln des Schlundkopfes und Herzens von *Paludina vivipara* beobachtet hat¹, GEGENBAUR am *Musc. retractor oculi* der Helicinen und von *Limax*², MARGO in der Rindenmasse der Muskelfasern von *Loligo* und *Sepiola*³ — lauter Fälle, in welchen ausgiebige Thätigkeit statthat. Es mag ferner hervorgehoben werden, dass nach den Angaben von RANVIER auch die sogenannten rothen, weniger thätigen Muskeln der Wirbelthiere eine weniger ausgeprägte Querstreifung zeigen als die thätigeren weißen, zwischen welchen sie liegen. Und endlich ist die Angabe zu erwähnen, dass die Querstreifung in den Säugethier-Gesichtsmuskeln, welche in Folge von Durchschneidung des Nervus facialis unbeweglich gemacht worden sind, mit der Zeit zurücktritt. Ob dieses Zurücktreten aber ein physiologisches ist oder ob es sich dabei um eine Entartung handelt, wäre wohl erst genauer festzustellen. An in meinem Laboratorium untersuchten Ratten war mehrere Monate nach Durchschneidung des Facialis eine Veränderung an den gelähmten Muskeln nicht zu sehen. An menschlichen Leichen aber schwindet, wie mir mein Kollege BAUMGARTEN mittheilt, die Querstreifung vor der Längsstreifung. An fossilen Muskeln ist erstere dagegen oft auffallend schön erhalten.

Die Querstreifung in den Brustmuskeln der Stubenfliege.

Den hauptsächlichsten Beweis für meine Auffassung bilden nun aber die von mir an Brustmuskeln von Fliegen beobachteten und auf p. 354 der »Entstehung der Arten« schon berührten Thatsachen. Die Aufzeichnungen, welche ich über die von mir abgehaltenen histologischen Übungen zu machen pflege, enthalten am 18. December 1884 die Bemerkung über die Brustmuskeln der Stubenfliege: »auffallender Weise

¹ Diese Zeitschr. Bd. II.

² Diese Zeitschr. Bd. III.

³ Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1860. p. 569.

sind die meisten Fibrillen ohne jede Querstreifung, wahrscheinlich deshalb, weil die Fliegen sich jetzt in Ruhe befinden. Die ungestreiften Fibrillen sind stets dünner als die gestreiften. Andere Fibrillen zeigen die verschiedensten Zustände der Querstreifung, wie sie die Abbildungen darstellen«. Ich lasse diese Abbildungen anbei folgen.

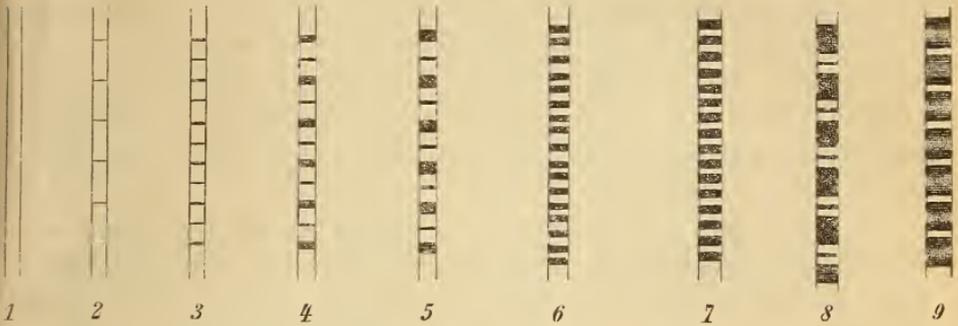


Fig. 4.

Dieselbe Beobachtung machte ich am 17. December 1885. Jetzt waren alle Brustmuskeln ohne Querstreifung.

Am 27. November 1886 heißt es: »Fliegen, welche aus der Winterruhe aufgenommen sind, sich also längere Zeit nicht bewegt hatten, haben nur ganz glatte Fibrillen im Thorax oder es erscheinen an ihnen kurz auf einander folgend abwechselnd starke und schwache dunkle Querlinien. Nach starkem Schütteln der Fliegen und nachdem sie sich in der Wärme einige Zeit bewegt haben, erscheinen die Fibrillen mit gleich starken, ziemlich nahe bei einander gelegenen dunklen Querlinien.«

Solche Versuche über den Einfluss der Bewegung auf die Erzeugung der Querstreifung insbesondere nach Einwirkung der Wärme hat auf meine Anregung mit aus der Winterruhe genommenen Fliegen Dr. VOSSELER auch in den folgenden Jahren gemacht und immer mit demselben Erfolg. Andererseits hat er im Mai Fliegen im Eiskeller zum Erstarren gebracht und darauf Zurücktreten der Querstreifung wie im Winter gefunden.

Diese Thatsachen aber beweisen, dass jedenfalls in den Brustmuskeln der Stubenfliege von »Muskelkästchen«, in welche dieselben abgetheilt wären, nicht die Rede sein kann. Sie beweisen weiter, dass ganz dieselben verschiedenen Querstreifen, bezw. Querscheiben, welche man an den Muskeln der höheren Thiere beschrieben, und welche man theilweise für feste morphologische Bildungen erklärt hat, an in der Ruhe vollkommen gleichartigen Fibrillen in Folge der Thätigkeit derselben auftreten können. Es ist demnach klar, dass diese

Querstreifen nicht etwa die Ursache der Thätigkeit des Muskels, sondern dass sie vielmehr die Folge derselben sind. Nicht nur die Mittelscheiben (Q ROLLET) und die HENSEN'sche Linie in ihnen, sondern insbesondere auch die Zwischenscheiben (Z), welche nach KRAUSE und Anderen die festen beständigen Endwände der Muskelkästchen sein sollen, treten in den Muskelfäden der Stubenfliege in Folge der Thätigkeit auf und schwinden in der Ruhe wieder. Ferner beobachtet man auch Fälle, in welchen ein ganz allmähliches An- und Abschwellen der Mittel- und der Zwischenscheiben stattfindet, so dass beide sich in der hellen, einfachbrechenden Masse allmählich verlieren.

Erst nachdem das Vorstehende niedergeschrieben war, wurde ich mit der Thatsache bekannt, dass G. R. WAGENER schon im Jahre 1880¹ glatte Muskelfibrillen der Stubenfliege beobachtet hat, welche er frisch im Wasser untersuchte. Es ist nun allerdings Wasser gewiss kein geeignetes Mittel für die Untersuchung solch zarter Dinge, wie frische Muskelfibrillen es sind und die Befunde, welche sich bei Beobachtung in Wasser ergeben, beweisen nichts für einen natürlichen Zustand.

Indessen kommt G. R. WAGENER durch diese wie durch zahlreiche in anderen Arbeiten niedergelegte Beobachtungen zu ganz denselben Anschauungen über den morphologischen Unwerth der Querstreifung wie ich selbst und hebe ich diese Arbeiten um so mehr hervor, als dieselben offenbar das Schicksal hatten, sehr wenig beachtet und berücksichtigt worden zu sein. Allerdings findet sich auch bei WAGENER keine Andeutung einer Beziehung zwischen Thätigkeit des Muskels und seiner Querstreifung. 1873² sagt er vielmehr: »Warum die glatte Fibrille sich in so regelmäßige anisotrope Abtheilungen zerlegt, ist nicht anzugeben. Da die Querstreifen in den glatten Muskelfasern der Bivalven, der Echinodermen etc. bis jetzt ausschließlich von mir an Orten gefunden wurden, wo sie durch andere Gewebe zusammengedrängt werden, so könnte man an einen Einfluss der umgebenden Gewebe auf die Vertheilung der kontraktiven Substanz innerhalb der Fibrillen denken.« Eine solche Auffassung ist von der meinigen freilich himmelweit entfernt.

An den in Wasser untersuchten glatten Muskelfibrillen der Stubenfliege sieht WAGENER nachträglich Querstreifen auftreten, welche kräftiger werden, während zwischen ihnen neue, schwächere erscheinen. Die Veränderungen erfolgen gleichzeitig in der ganzen Länge der Fibrillen.

¹ G. R. WAGENER, Über die Entstehung der Querstreifen auf den Muskeln etc. Archiv f. Anatomie u. Entwicklungsgeschichte. 1880.

² Archiv f. mikr. Anatomie. p. 723.

Nun habe ich in diesem Winter (December 1891) Brustmuskelfibrillen von *Musca vomitoria* in Wasser untersucht, um die Angaben WAGENER'S zu prüfen. Die meisten Fibrillen zeichneten sich durch leicht gelbliche Farbe, wie einzelne farbige Blutkörperchen aus. Alle waren zuerst durchaus ohne Querstreifung. Nachdem sie einige Zeit im Wasser gelegen hatten, ward in der That Querstreifung an ihnen deutlich und immer deutlicher: Zwischenscheiben und dann Mittelscheiben traten auf. Ganz dasselbe ist nun aber nach längerem Einwirken von physiologischer Kochsalzlösung zu sehen. Es handelt sich hierin wohl um eine Zusammenziehung, welche nach Aufhören der im lebenden Körper stattfindenden Spannung erfolgt.

Auch KÖLLIKER erwähnt, wie alsbald näher berührt werden wird, in seiner neuesten Arbeit (1888) Fibrillen aus den Flügelmuskeln von Insekten ohne Querstreifung.

Auf Grund der von mir selbst beobachteten Thatsachen und insbesondere der mit Fliegen angestellten einfachen Versuche darf ich wohl sagen:

Wenn bei einem Thier in so ausgesprochener Weise die vollkommene Querstreifung als Folge der Thätigkeit auftritt und wenn unvollkommene Querstreifung auch in niederen Thierklassen in Folge derselben Ursache erscheint, so wird geschlossen werden dürfen, dass die Querstreifung überall dieselbe Ursache habe, dass sie einem physiologischen, bezw. physikalischen Vorgange den Ursprung verdanke.

Hier mag schließlich noch die Frage berührt werden, ob die sog. Fibrillen der Brustmuskeln von Insekten, besonders die der Fliegen, nicht aus noch feineren Fäden zusammengesetzt seien. Ich muss mich entschieden dahin aussprechen, dass dies der Fall ist. Wiederholt sah ich eine pinselartige Auflösung der verhältnismäßig dicken Fibrillen von *Musca vomitoria* an einem Ende derselben. — In Fig. 2A II, Taf. XLIV seiner neuesten Arbeit bildet KÖLLIKER, der dieselbe Frage aufwirft, im letzten Abschnitt einer Fibrille von *Melolontha* eine Längsstrichelung ab, die sich wohl auf etwas Ähnliches bezieht. Gerade bei *Musca* aber erklärt er keine Beweise für die Zusammensetzung der Fibrillen aus feineren Fäden gefunden zu haben. — Öfters sah ich, dass sich im Verlauf einer Fibrille der Schmeißfliege ein Faden auf kürzere oder längere Strecken abspaltete und eben so oft, dass von der Mittelscheibe, wenn diese das Ende einer Fibrille bildete, etwa die Hälfte ihrer Dicke oder mehr oder weniger der Länge nach abgespalten war. Die bisher sogenannten Fibrillen der Brustmuskeln von Insekten sind also eigent-

lich Bündel feinsten Fäserchen, wie der Muskelstiel der Glockenthierchen.

Ferner möchte ich die Bemerkung einschalten, dass die so leicht in Muskelfäden zerfallenden (SIEBOLD'schen) Brustmuskeln der Insekten auf Schnitten, z. B. bei *Tachina puparum*, als an einander gelagerte Blätter erscheinen.

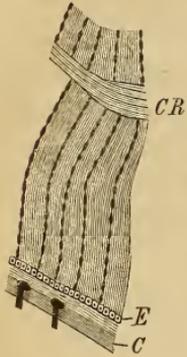


Fig. 5.
(Nach einem Präparat von Dr. VOSSELER.)

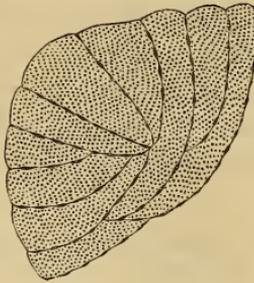


Fig. 6.

len, in viel Zwischenmasse eingebettet, auf dem Querschnitt zu sehen.

Mögliches Beständigwerden einzelner Theile der Querstreifung.

Bei einer früheren Besprechung der Sache¹ ließ ich, wie schon bemerkt, die Möglichkeit offen, dass aus einem Zustand, welcher ursprünglich ein vorübergehender, physiologischer ist, sich bei manchen höheren Thieren in Folge fortwährender Wiederholung desselben Zustandes in Einzellnem eine bleibende Gestaltung herausgebildet haben könnte. Ich bezog diese Möglichkeit auf die Zwischenscheibe, welche vielleicht in gewissen Muskeln eine beständige morphologische Bildung geworden sei.

Sehen wir für jetzt von der Zwischenscheibe ab, so kann es nach dem schon Mitgetheilten keinem Zweifel unterliegen, dass die vollkommene Querstreifung in allen ihren Theilerscheinungen in der That um so mehr und um so beständiger ausgeprägt auftritt, je mehr es sich um Muskeln von hoher Arbeitsleistung handelt.

Am schönsten ist die Ausbildung solcher Muskeln mit hoher Arbeitsleistung zu sehen in den Beinmuskeln der schon erwähnten Laufkäfer, wie z. B. beim Lederlaufkäfer.

Wir haben festgestellt, dass die Querstreifung zuerst nur während der Thätigkeit, also vorübergehend auftritt und zwar in Form einfacher Abwechslung dunkler und heller Inhaltsmasse der Fibrillen. So z. B. in den Schließmuskeln von *Anodonta* und, wie VOSSELER beschreibt,

¹ Entstehung der Arten. I. p. 352.

auch in Eingeweiden von Arthropoden. Aber schon im thätigeren Theil des Schließmuskels von Pecten treffen wir in den Fibrillen meist Zwischenscheibe und HENSEN'sche Linie. Bei den sehr thätigen Muskeln nicht nur der Arthropoden, sondern auch der Wirbelthiere sind auch die übrigen bekannten Abtheilungen in der Querstreifung, wenn auch weniger häufig als Mittel- und Zwischenscheibe und HENSEN'sche Linie, vorhanden.

Am regelmäßigsten treten von vorn herein Mittel- und Zwischenscheibe auf. Die letztere erscheint viel weniger veränderlich als die erstere. Auch ist sie am beständigsten vorhanden. Man hat sie für eine feste Bildung, für eine Scheidewand erklären wollen.

Zu Gunsten dieser Auffassung scheint bekanntlich zu sprechen, dass gerade an sehr thätigen Muskeln von Arthropoden nach Behandeln derselben mit Alkohol das Sarkolemma sich zuweilen dergestalt abhebt, als ob es mit den Zwischenscheiben in unmittelbarem Zusammenhang stände.

Eine andere hierher gehörige Thatsache beschreibt Dr. VOSSELER von den Fächermuskeln des Herzens von Hymenopteren. Dort sind die im nicht kontraktile Plasma im Inneren der Mantelmuskelfasern vorhandenen Kerne ganz regelmäßig so gelagert, dass je einer dunklen Scheibe des Muskels ein Kern entspricht¹.

Beides scheint darauf hinzuweisen, dass bei den am vollkommensten quergestreiften Muskeln die Abschnitte von Zwischenscheibe zu Zwischenscheibe eine gewisse morphologische Einheit bilden. Allein ein Beweis hierfür ist jedenfalls jenes Abheben des Sarkolemma nicht: es kann sich dabei um eine mit der regelmäßigen Zusammenziehung auftretende Verklebung mit dem der Zwischenscheibe anhängenden Sarkoplasma handeln, welche Verklebung durch den Alkohol fester gemacht und zum deutlichen Ausdruck gebracht wurde. Es giebt aber auch Fälle, in welchen dieses Sichabheben des Sarkolemma deutlich als einfache Folge der Zusammenziehung des Muskels erscheint: das Sarkolemma wird dabei an den Stellen haften bleiben, welche sich am wenigsten verschieben, auch wenn sie aus Muskelmasse bestehen, und ich sah solches Anhaften in der That an den Mittelscheiben (vgl. hinten p. 98).

Außerdem muss hervorgehoben werden, dass für die Beurtheilung des Baues der Fibrillen nur diese selbst von maßgebender Bedeutung sein können, nicht aber die Umhüllung der ganzen Muskelfasern in Beziehung zu der äußersten Lage der Fibrillen.

¹ a. a. O. Taf. II, Fig. 26 u. 28.

Dass die erwähnte Lagerung der Kerne an sich nichts für die Auffassung von Zwischenscheiben als morphologischer unveränderlicher Bildungen beweist, ist selbstverständlich. Möglich, wenn auch bis jetzt schwer erklärlich, erscheint es aber, dass durch die im Wesentlichen immer in gleicher Weise, in gleichen Abständen sich wiederholende Zusammenziehung allmählich solche mehr oder weniger beständig gewordene Abschnitte in der Muskelfaser entstehen können, welche mit kernhaltigen Abschnitten des Muskels zusammenfallen.

Übrigens scheint auch die bestimmte Lagerung der Zwischenkörper, welche G. RETZIUS¹ neuerdings auf den Muskelfibrillen in der Höhe der Nebenscheiben beschreibt, auf morphologische Beziehungen des Sarkoplasmainhalts zu den Abtheilungen der Muskelfibrillen bezw. der Muskelfasern hinzuweisen.

Sei dem wie ihm wolle, die Zwischenscheibe tritt zuerst jedenfalls als eine offenbar verdichtete, dunkle Stelle des Fibrilleninhalts, ähnlich der Querscheibe, gleich dieser als Folge der Zusammenziehung, auf. Aber auch an sehr thätigen Muskeln von Arthropoden lässt sich, wie das schon aus den Arbeiten z. B. von G. R. WAGENER, ROLLET und G. RETZIUS hervorgeht, erkennen, dass sie aus kontraktilem Fibrilleninhalt gebildet ist. Sollte es Muskeln geben, in welchen die Zwischenscheibe eine feste morphologische Bildung geworden wäre, so würde dies meinen Anschauungen nicht widersprechen. Was ich aber selbst, sogar bei hochausgebildeten Muskeln, von ihr gesehen habe, spricht, wie gesagt, dagegen.

Übrigens werden sich noch weitere Gesichtspunkte zur Lösung der vorliegenden Frage in dem Absatz ergeben, welcher von der Erklärung der Entstehung der Querstreifung handelt.

»Muskelkästchen« und Muskelfibrillen.

Es ist sehr schädlich für das Verständnis des Muskels insbesondere auch von Seiten der Studirenden, dass die Ansicht, es seien »Muskelkästchen« die letzten Einheiten der quergestreiften Muskelfaser, so tief Wurzel geschlagen hat. Es ist diese Vorstellung um so mehr schädlich, als sie alle genetische Erklärung ausschließt. Es liegt darin ein Beispiel wie wenig in der Histologie vielfach noch die vergleichende Methode beigezogen wird und doch können wir nur durch diese zu wissenschaftlicher Vorstellung über das Wesen der Gewebe gelangen. Statt dass man die einfachsten, niedersten Bildungen von Muskeln zum Ausgangspunkt der Betrachtung nahm und von ihnen aus zu den

¹ G. RETZIUS, Muskelfibrille und Sarkoplasma. Biolog. Unters. Stockholm 1890.

zusammengesetzteren vorschritt, suchte man von den vollkommensten aus eine allgemeine Erklärung zu geben. Wer sich eingehend vergleichend mit der Muskelfaser beschäftigt hat, kommt zu dem unabweisbaren Schluss, dass der Grundbestandtheil derselben die Fibrille ist, eine Ansicht, die außer G. R. WAGENER besonders KÖLLIKER von jeher mit Nachdruck vertreten hat.

Kölliker's Ansichten über die Querstreifung.

Eben so stimmen meine Anschauungen im Wesentlichen mit denen KÖLLIKER'S und G. R. WAGENER'S überein in Beziehung auf die Erklärung der Erscheinungen der Querstreifung des Muskels, wenn auch nicht in Beziehung auf die Erklärung ihrer Ursachen und ihrer physiologischen Bedeutung.

1867 sagt KÖLLIKER in seiner Gewebelehre¹, dass er sowohl die Muskelscheiben wie die Fleischtheilchen² für Kunsterzeugnisse halte, welche nur unter gewissen Bedingungen auftreten. »Meiner Meinung zufolge,« fährt er fort, sind die Fibrillen ursprünglich in ihrer ganzen Länge aus einer und derselben Substanz gebildet, an welcher jedoch im Zusammenhang mit den Zusammenziehungen dichtere (die dunkeln Stellen) und minder dichte Stellen sich ausbilden So erwerben die einzelnen Strecken der Fibrillen nach und nach eine gewisse, wenn auch nicht chemische oder physiologische, doch physikalische Verschiedenheit und hiervon, d. h. von der geringeren Dichtigkeit der hellen Abschnitte, rührt es dann her, dass die Fibrillen und Fasern hier brechen und von die Muskelsubstanz auflösenden Reagentien etwas mehr angegriffen werden als an den anderen Stellen.«

Den Ausdruck »Kunsterzeugnisse«, welcher auch in der neuesten Auflage der Gewebelehre von KÖLLIKER (1889) wieder gebraucht wird, können wir selbstverständlich nicht als berechtigt anerkennen: es handelt sich vielmehr in der Querstreifung um den Ausdruck eines physiologischen Zustandes der Muskelfibrille. Wenn ferner KÖLLIKER auch den Ausdruck »physiologisch« zurückweist, dagegen »physikalisch« anerkennt, so will er offenbar nur der Vorstellung einer festen, dauernden, zugleich morphologisch gefügten Bildung entgegnetreten. Dass er aber eben das

¹ p. 154 ff.

² Die Bezeichnungen »Discs« und »Sarcous elements« dürften wohl endlich billig aus den deutschen Lehrbüchern schwinden. Sie haben gewiss längst ihre Pflicht gegen BOWMAN bei uns erfüllt! Sollte man es für möglich halten, dass Deutsche so geschmacklos sind, sogar das Wort »Muskelkästchen« durch »Caissons« zu ersetzen? Und doch habe ich diese Bezeichnung von einem auswärtigen Kandidaten anwenden hören, der sie wohl nur von seinem Lehrer übernommen haben konnte.

»physiologisch« bekämpft, dies beweist, dass er eine allmähliche Entwicklung und allmähliches Bestehenbleiben der Querstreifung, wie ich es vertrete, nicht ins Auge gefasst hat. Auch spricht er von Derartigem nirgends. Dagegen hebt er schon 1867 zu Gunsten seiner Auffassung hervor, dass »bei vielen Thieren, deren Muskelfasern quergestreift sind, unter gewissen Verhältnissen Fasern und Fibrillen vorkommen, die keine Querstreifen . . . zeigen«. Wo KÖLLIKER früher Fasern und Fibrillen ohne Querstreifung beschrieben hat, kann ich nicht finden. In seinem neuesten Aufsatz über den Gegenstand¹ sagt er in Beziehung auf die Flügelmuskeln der Insekten: »Bezüglich des feineren Baues erscheinen diese Fibrillen, wie ich schon vor Jahren fand (Mikr. Anat. II. p. 263), bald fast ohne Querstreifen und sehr blass, bald mit verschiedener Deutlichkeit quergestreift. Jetzt kann ich beifügen, dass sehr häufig auch Fasern vorkommen, die bei den stärksten Vergrößerungen keine Querstreifen zeigen.«

Weiter hebt KÖLLIKER zum Beweise für seine Ansicht von der Natur der Querstreifung hervor, dass die dunkeln Querstreifen bei einem und demselben Thier in Länge und Breite sehr verschieden, in Zahl und Größe selbst an einer und derselben Fibrille sehr veränderlich seien. Die darstellbaren Fleischtheilchen entsprächen bei den einen Thieren den dunkeln Zonen der Fibrillen, bei den anderen den hellen Abschnitten derselben. Ein wesentlicher chemischer Unterschied zwischen den hellen und dunkeln Stellen der Fibrillen finde sich nicht und lösen alle Reagentien, welche die hellen Stellen zerstören, etwas später auch die dunkeln auf.

In der neuesten Arbeit hebt KÖLLIKER ferner hervor, dass die Fibrillen sehr dünn und die dunkeln *Q* dabei sehr lang werden können, wobei auch *Z* zu einem kleinen Körnchen sich umwandle, was beweise, dass sie dehnungsfähig sei. Dann sei die Querstreifung an verschiedenen Stellen derselben Fibrille oft verschieden. Wenn dickere und dünnere Stellen abwechseln, sind die *Q* der ersteren viel dünner, bei *Cetonia* waren die dickeren Stellen oft ohne Querstreifung.

Einige dieser Angaben finden in meinen vorstehend mitgetheilten Beobachtungen schon ihre Bestätigung, andere werden sie in den folgenden finden.

Auch G. R. WAGENER hat in seinen Arbeiten verschiedene That-sachen erwähnt, welche zu Gunsten unserer Auffassung sprechen. Einige besonders wichtige sollen alsbald hervorgehoben werden. Eben so ließen sich zahlreiche sonst in der Litteratur zerstreute Einzelheiten

¹ Diese Zeitschr. Bd. XLVII. 1888.

und mit mir übereinstimmende Ansichten wohl leicht anführen. Ich muss aber in Hinblick auf den so außerordentlich großen Umfang der Muskellitteratur hierauf verzichten.

Weitere Begründung meiner Ansicht von der Natur und den Ursachen der Querstreifung.

Ich stelle diese Begründung in folgenden Sätzen zusammen:

1) Dass die Muskelfäden (Fibrillen) natürliche Grundtheile der Muskeln sind kann man nicht nur an frischen Muskeln niederer Thiere (z. B. an Schließmuskeln von Muscheln) sondern auch an solchen von Arthropoden beobachten. So kann man die Muskelfäden an noch thätigen Muskeln von Insekten unter dem Mikroskop sehen. Unterm 8. Januar 1885 findet sich in meinen Aufzeichnungen die Bemerkung: »Beinmuskeln von *Notonecta* frisch in Humor aqueus untersucht. Die Muskelfaser erscheint der Länge nach in Bündel von Fibrillen zerlegt, zwischen welchen zuweilen feine Körnchen liegen.« Ähnliches erinnere ich mich vor Jahren an den Muskeln des Darmes von Libellenlarven beobachtet zu haben.

G. R. WAGENER hat schon 1872—1874 das Verhalten der Fibrillen in den Larven von *Corethra plumicornis* zum Beweis ihres natürlichen Vorhandenseins und ihrer Eigenschaft als Grundbestandtheil der Muskeln behandelt¹. Er beschrieb insbesondere, dass sich die Fibrillen bei der Zusammenziehung des lebenden Muskels zuweilen von einander loslösen, so dass Spalten zwischen ihnen entstehen.

Häufig sieht man, dass die Fibrillen lebender Muskelfasern an einem Ende der letzteren aus einander treten. Derartiges habe ich schon bei *Beroë* abgebildet. Besonders in den Lippen und in der Zunge von Säugern beobachtet man dieses Verhalten².

VOSSELER sah es gelegentlich der Vorbereitungen zu unseren Übungen in der Oberlippe der Maus und in der Zunge von Rind-, Schwein- und Schafembryonen. Ferner beschrieb er a. a. O. pinselartige Fächermuskeln des Herzens der Arthropoden. In allen diesen Fällen scheinen die Fibrillen in Bindegewebe übergehen zu können.

2) Dass die Querstreifung auch der höheren Thiere, z. B. der Insekten nicht auf festgefügtten Zuständen beruht, dass insbesondere die Zwischenscheibe keine feste Bildung ist, beweist die Thatsache, dass sie sich nicht nur in den verschiedenen Zuständen der Zusammenziehung sehr verändert (vgl. Fig. 4), sondern dass sie auch vollkommen schwinden und dann wieder auftreten kann.

¹ Vgl. bes. Archiv f. mikr. Anat. 1873 u. 1874.

² Vgl. PODWYSZOZKI JR., Archiv f. mikr. Anat. 1887. Kaninchenlippe.

In den beiden erwähnten Fällen, z. B. bei *Notonecta* wie bei den Libellenlarven, zogen sich die in Augenflüssigkeit, bezw. in Eiweiß untersuchten Muskeln nach der Trennung vom Körper unter dem Mikroskop noch eine Zeit lang zusammen. An den Libellenmuskeln schwand während der Zusammenziehung die Querstreifung, an denen von *Notonecta* schwanden, wie meine Bemerkungen besagen, jedenfalls unterscheidbare Zwischenscheiben (vgl. hierzu die Fig. 4 b, Taf. XLIV KÖLLIKER's in dieser Zeitschrift, 1888 von Brustmuskelfibrillen der *Cetonia aurata*).

Beinmuskeln von *Procrustes coriaceus* am 10. December 1885 frisch in Eiweiß untersucht zeigten Folgendes: die Fasern waren stellenweise fast plötzlich bauchig verdickt. In der verdickten Stelle waren die Mittelscheiben schmaler und lagen näher an einander als außerhalb derselben. Von HENSEN'schen und KRAUSE'schen Linien war nichts zu sehen. Ähnliches beschrieb u. a. G. R. WAGENER von der lebenden *Corethra plumicornis* a. a. O. 1874.

Nach Erhärten in Alkohol hebt sich das Sarkolemma von der Mitte je einer dunkeln Mittelscheibe zur anderen ab.

Zuweilen ist an den frischen Muskelfasern auf weite Strecken gar nichts von Querstreifung zu sehen, während im Übrigen die verschiedensten Arten derselben auftreten.

Übereinstimmendes ist an frisch in Eiweiß zerzupften Brustmuskeln von *Dytiscus marginatus* leicht zu beobachten: da wo die Zusammenziehung stark ist, sind die Muskelfasern verdickt und zeigen zuerst gleich breite Scheiben, dann folgen Stellen ohne jede Querstreifung u. s. w. (vgl. KÖLLIKER, diese Zeitschrift, Bd. XLVII, Taf. XLIV, Fig. 4 und unsere Abbildung 7).

Im Besonderen sind die Mittelscheiben (Q) während der Ruhe, bezw. Ausdehnung der Muskeln bei den verschiedensten Thieren breit und wechseln mit dünnen Zwischenscheiben ab. Im Zustand der Zusammenziehung dagegen sind die Mittelscheiben dünner, die Zwischenscheiben dicker, bis beide gleich dick werden. (So ist wohl auch der in Fig. 4 Nr. 7 dargestellte Zustand zu erklären.)

Das endliche Schwinden der Querstreifung bei der Zusammenziehung wird wohl überall anerkannt, aber die Vertreter der Muskelkästchenlehre suchen es bekanntlich mit dieser in Übereinstimmung zu bringen.

An Präparaten der Kaumuskeln einer Horniss, welche lebend in starken Alkohol geworfen worden war (VOSSELER), sah man zwischen Strecken der Muskelfaser, welche nur Längsstreifung zeigten und dünn waren, starke verdickte Bäuche sich wiederholen (Kontraktionswellen), mit schmalen Scheiben von doppelbrechender Masse, welche keinen

Unterschied in der Dicke erkennen ließen. Die Wellen waren zuweilen gar nur einseitig, die andere Seite der Muskelfaser zeigte keine Querstreifung (Fig. 7). Dann folgten wieder Strecken mit Querstreifung, wie sie Fig. 8 darbietet: Zwischen- und Mittelscheiben, letztere mit drei dunkleren aus Verdickungen von Fibrillen gebildeten Linien. Die nur längsgestreiften Stellen dürften auf sehr starke Streckung zurückzuführen sein.

3) Auch dass die nicht quergestreiften Muskelfäden der Brustmuskeln von Fliegen in der Regel dünner sind als die quergestreiften weist darauf hin, dass die Querstreifung hier Folge der Zusammenziehung ist.

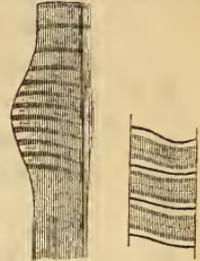


Fig. 7. Fig. 8.

4) Wie die verschiedensten Arten der Querstreifung an den Muskelfäden des Brustmuskels einer und derselben Fliege vorkommen können, zeigen die in Fig. 4 abgebildeten Zustände derselben. Es handelt sich dabei offenbar um verschiedene Stufen der Zusammenziehung einer und derselben Masse.

5) Den unter 2 erwähnten verschiedenen Zuständen der Querstreifung der ganzen Muskelfaser entspricht das Verhalten derselben an einzelnen erhärteten Fibrillen. Ich erwähne hierzu einen Fall von in Alkohol isolirten Fibrillen des Axolotl, über welchen ich am 27. November 1886 niederschrieb: »An einer und derselben Fibrille finden sich zwei Abschnitte in Beziehung auf die Querstreifung. Der eine ist dadurch ausgezeichnet, dass in übrigens heller Masse dünne dunkle Mittelscheiben in Abständen auf einander folgen, welche etwa ihrer sechsfachen Breite entsprechen. Im anderen Abschnitt sind die dunkeln Querscheiben etwas dicker und folgen sich ungefähr in doppeltem Abstand wie vorhin. Zwischen je zweien derselben ist die helle Masse aber durch je vier viel blässere Scheiben quergestreift.«



Fig. 9.

6) Dass die Querstreifung eine Folge der Zusammenziehung auch bei Insekten und dass auch hier die Zwischenscheibe keine feste Bildung ist, beweist die Thatsache, dass ich z. B. an den frischen Beinmuskeln von *Notonecta* vollkommene Übergänge von Zwischen- zu Mittelscheiben in Beziehung auf die Dicke beobachten konnte.

7) Ferner kann man zuweilen auch an freien Fibrillen sehen, dass sich die Zwischenscheibe ganz allmählich nach vorn und nach hinten verliert.

Dasselbe gilt für die Mittelscheibe.

So merkte ich mir von Muskelfäden aus dem Thorax der Horniss

(Fig. 10) an: »Längere helle Abtheilungen werden durch schmale, aber kräftige dunkle Zwischenscheiben (Z) geschieden. In der Mitte jeder hellen Abtheilung befindet sich wieder dunklere Masse (Q), welche sich aber ganz allmählich nach vorn und nach hinten in die helle verliert.«



Fig. 10.



Fig. 11.

8) Zuweilen fehlt eine Zwischenscheibe vollständig an Muskelfäden, an welchen sie sonst vorhanden ist: einzelne solcher aus der Oberschenkelmuskulatur von *Procrustes coriaceus*, welche lange in Alkohol gelegen hatte und deren Fasern sehr breite Mittelscheiben zeigten, waren ohne Zwischenscheiben. Sie bestanden aus sehr langen Stäben dunkler Masse, welche je durch etwas helle Zwischenmasse getrennt waren (Fig. 11). An den Stellen, wo die letztere lag, knickten die Fibrillen gern ein. Es erfüllte also hier die dunkle Masse weite Strecken einer Fibrille gleichmäßig, darauf folgten je in bestimmten Abständen kleine Zwischenräume mit hellem Inhalt. Andere Fibrillen dieser am 9. December 1886 untersuchten Muskeln verhielten sich, wie das Folgende zeigen wird, ganz anders.

Eben so sind die Zwischenscheiben geschwunden in dem in Nr. 9, Fig. 4 abgebildeten Zustand einer Fibrille aus dem Brustmuskel der Stubenfliege.

In sehr vielen Fällen ist dagegen von der Mittelscheibe nichts zu sehen, indem deren Masse offenbar gleichmäßig zwischen den Zwischenscheiben vertheilt ist. Vgl. hierzu auch Fig. 4 Nr. 2.

9) An solchen nach Erhärten in Alkohol losgelösten Fibrillen kann man sich häufig ohne Weiteres durch den Augenschein überzeugen, dass die Zwischenscheibe nicht einer Scheidewand angehört, sondern dass sie aus derselben Masse wie die Mittelscheibe besteht, auch dann wenn sie nicht nach vorn und nach hinten verwaschen ist, sondern ein scharf abgesetztes Bruchstück einer dünnen Querlinie der Muskelfasern darstellt. Diese Überzeugung gewann ich z. B. an Fibrillen von Froschmuskeln, ferner an solchen von *Dytiscus marginatus*, an deren Muskelfasern sich das Sarkolemma je von einer Zwischenscheibe zur anderen abhob. Ich bemerkte mir über diesen letzteren Fall: »Brustmuskeln von *Dytiscus* mit Alkohol behandelt zeigen zwischen beiden dunkeln Mittelscheiben je eine dünne. Immer von der dünnen zur dünnen hebt sich das Sarkolemma ab. Löst man die Fasern in Fibrillen auf, so erscheinen die die dünnen Scheiben zusammensetzenden Abschnitte der Fibrillen deutlich als doppelbrechende Masse und nicht als Scheidewände.«

10) In den Oberschenkelmuskeln desselben *Procrustes coriaceus*, aus welchen die unter 8 beschriebenen Muskelfäden stammten, kamen andere vor, welche ein ganz besonderes, auch sonst von mir beobachtetes Verhalten zeigten. Muskelfasern (*a*) mit der sehr breiten Mittelscheibe, an welchen sehr feine Zwischenscheiben zu erkennen waren, ließen sich in Fibrillen (*b*) mit folgenden Eigenschaften trennen: die den breiten Querscheiben entsprechenden Abschnitte derselben bestanden aus etwa fünf kleinen hinter einander gelegenen Theilchen. Der der dünneren Zwischenscheibe entsprechende Abschnitt aber bestand aus je einem solchen Theilchen (*c*). Mit sehr starker Vergrößerung betrachtet, erschienen diese Theilchen als kleine Würfelchen (*d*). Auch hier erwiesen sich die Theilchen der Mittelscheibe mit denen der Zwischenscheibe als vollkommen gleichwerthig, augenscheinlich aus derselben Masse bestehend.

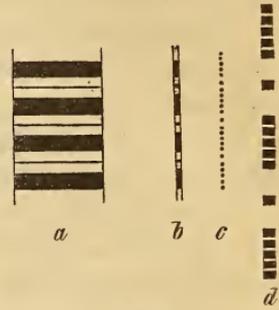


Fig. 12.

Wir haben es also hier mit »Fleischtheilchen« zu thun, welche nicht den BOWMAN'schen, nicht der ganzen auf eine Fibrille entfallenden Abtheilung einer Querscheibe entsprechen, sondern Stückchen jener BOWMAN'schen Fleischtheilchen — Fleischtheilchen zweiter Ordnung. Denn in einzelnen Fällen konnte ich beobachten, dass die Fibrille theilweise in diese kleinsten Stückchen zerfallen war.

Schon ROLLET und RETZIUS haben die Gliederung der Mittelscheibe, welche diesen Fleischtheilchen zweiter Ordnung entspricht, verschiedentlich abgebildet, vorher schon G. R. WAGENER als Kügelchen anisotroper Substanz (a. a. O. 1873). Auch die stabförmig langen, oben von mir beschriebenen Glieder ohne Zwischenscheibe bildet WAGENER ab.

Anhangsweise möchte ich hier nochmals auf die Beinmuskeln von *Molytes germanus* hinweisen, als vorzugsweise geeignet für das Erkennen gewisser Verhältnisse, wie dies die folgende Abbildung zeigt (Fig. 13).

Die Mittelscheibe ist, wie auch in Fig. 4 Nr. 9, in der Mitte lichter (entsprechend *h*). Die Zwischenscheibe (*Z*) erscheint als Reihe von Körnern, entsprechend Stellen verdickter Fibrillen; beiderseits von ihr findet sich eine Reihe kräftiger solcher Körner, von ROLLET als Endscheiben bezeichnet — ähnlich wie in Fig. 8 (Horniss), wo aber diese sogenannten Endscheiben als Theile der Mittelscheiben erscheinen.

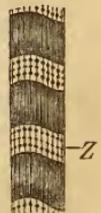


Fig. 13.

**Zusammenfassung der Ergebnisse betreffend die Querstreifung.
Folgerungen über die Ursache ihrer Entstehung.**

Nach Vorstehendem kann es keinem Zweifel unterliegen, dass auch die Querstreifung der so hoch ausgebildeten Muskulatur von Insekten nur der Ausdruck eines augenblicklichen physiologischen Zustandes ist.

Die Querstreifung kann schwinden, wieder auftreten und in sehr verschiedenen Formen erscheinen. Doch zeigt sie von früh an eine bestimmte Gliederung. Zuerst — z. B. im Schließmuskel von Muscheln — tritt sie nur vorübergehend, während der Zusammenziehung auf und zwar in einfachster Art, ohne Zwischenscheiben, auch verwaschen und unregelmäßig. In anderen Fällen ist sie beständig, im Übrigen eben so einfach. Diese unvollkommene Querstreifung findet sich an verhältnismäßig wenig thätigen Muskeln, besonders bei niederen Thieren, aber auch bei Arthropoden. Im Zustand der Zusammenziehung zeigen auch die vollkommen quergestreiften Muskeln ein ihr ähnliches Verhalten.

Die höhere Ausbildung der Querstreifung, welche die Zwischenscheibe zeigt, die vollkommene Querstreifung, kann einfach oder zusammengesetzt sein. Zusammengesetzt ist sie, wenn die Mittelscheibe in zwei oder mehrere gespalten ist. Zuweilen treten auch mehrere Zwischenscheiben (zwei sog. Endscheiben und die eigentliche Zwischenscheibe) auf. Aber das Abwechseln je einer Quer- und einer Zwischenscheibe ist die Grundform der vollkommenen Querstreifung.

Diese Grundform der vollkommenen Querstreifung ist nach meiner Auffassung die mechanische Folge der Zusammenziehung. Sie ist der Ausdruck davon, dass diese beim sehr thätigen Muskel gewöhnlich in auf einander folgenden stärkeren und schwächeren Wellen oder, anders ausgedrückt, in abwechselnd stärkeren und schwächeren Verdichtungen der kontraktiven Masse geschieht. Die letztere ist ursprünglich gleichmäßig in der Fibrille vertheilt und Alles spricht für die Auffassung KÖLLIKER's, dass es sich eben in dem Wechsel dunkler und heller Theile nur um verschieden dichte Ansammlung derselben Masse handelt. Diese Masse muss eine zähflüssige sein.

Für die vorstehenden Sätze spricht in hohem Grade die Thatsache, dass an ausgeschnittenen, in Wasser untersuchten glatten Brustmuskeln von Fliegen jene aus Mittel- und Zwischenscheiben bestehende Querstreifung allmählich auftritt.

Warum aber hier wie auch sonst durch die Zusammenziehung immer dieselben verschieden dicken Abtheilungen hinter einander in der Muskelfibrille entstehen, dies bedarf noch besonderer Besprechung.

Zunächst wäre festzustellen, ob die verschiedenen Zustände der Querstreifung sich in der Muskelfibrille wenigstens bei den hochausgebildeten Muskeln der höheren Thiere, also auch von Insekten oder von Arthropoden überhaupt, immer auf derselben Stelle, innerhalb des Raumes von einer Zwischenscheibe zur anderen abspielen. Wenn ja, fragt es sich, ob sich ohne Weiteres durch Vererbung im Laufe der Zeit physiologisch in der Fibrille bestimmte Abtheilungen gebildet haben, in deren jeder sich die Zusammenziehung beständig in derselben Weise wiederholt.

Und ferner stellt sich immer wieder die Frage, ob eine solche physiologische Gliederung nicht auch da oder dort zu einer morphologischen geführt hat — ob nicht die durch die Thätigkeit immer wieder erzeugten Zustände sich in dem oder jenem Muskel im Laufe der Zeit gefestigt haben. Man müsste zur Bejahung dieser Frage vielleicht annehmen, dass die Zwischenscheiben — denn diese sind augenscheinlich überhaupt der weniger veränderliche Theil in der Fibrille — von vorn herein weniger der Thätigkeit gedient haben als die Mittelscheiben, dass sie vielmehr durch die Mechanik der Zusammenziehung abgechiedene, abgesonderte Massen seien.

Für die von mir untersuchten Muskeln spricht aber Alles gegen die Annahme, dass die Zwischenscheiben gewissermaßen festgelegte Scheidewände geworden seien.

Dass ihre Masse immerhin fester liegt als die der Mittelscheiben, dafür ließen sich manche Thatsachen anführen. So erklären sich viele Erscheinungen der Querstreifung durch die Annahme einer Anlagerung der Hälften der Mittelscheibe an die Zwischenscheibe, wie sie MERKEL als Ausdruck des Zustandes der Zusammenziehung angesehen hat.

Allein allzu oft bekommt man wieder den Eindruck als ob das, was jetzt HENSEN'sche Linie (*h*) war, im nächsten Augenblick als KRAUSE'sche (*Z*) erscheinen könne und umgekehrt, besonders in den Fällen, in welchen in *h* noch eine dunkle Querlinie vorhanden ist.

Die Mittelscheibe verändert sich sehr, indem sie sich theilen und den Ort wechseln, sich sogar in Fleischtheilchen zweiter Ordnung gliedern oder fast von Zwischenscheibe zu Zwischenscheibe ausdehnen oder endlich mit dieser in Eins zusammenfließen kann, so dass alle Querstreifung schwindet.

Unzweifelhaft ist die Querstreifung ursprünglich nur der Ausdruck eines physiologischen Zustandes. Sie bleibt dies auch bei den thätigsten Muskeln der höchsten Thiere in den von mir beobachteten Fällen in allen ihren Erscheinungen.

Was in neuerer Zeit über die Querstreifung von verschiedenen

Seiten geschrieben worden ist, steht dieser Meinung bekanntlich schnurstracks gegenüber, abgesehen von den Arbeiten KÖLLIKER's und ROLLER's, deren Ergebnisse im Wesentlichen mit den vorstehend vertretenen Anschauungen übereinstimmen oder doch in Einklang zu bringen sein dürften.

Zusammenfassung der Thatsachen, welche die übrigen Eigenschaften des Muskelgewebes als Folge der Thätigkeit erweisen.

1) Es sind augenscheinlich andauernd in bestimmter Richtung vor sich gegangene Zusammenziehungen des Plasma, bezw. von plasmatischen Zellen, welche Muskelmasse aus ursprünglichem Plasma gebildet haben.

Die Eigenschaft der Muskelmasse beruht eben darauf, Zusammenziehung eines Körpers oder seiner Theile in bestimmten Richtungen auszuführen.

Da die Pflanze solche Bewegungen in ausgiebiger, sehr thätiger Weise nicht ausführt, ist es in derselben nicht zur Ausbildung von Muskelmasse gekommen.

2) Unzweifelhafte Thatsachen beweisen, dass sich aus der ursprünglich gleichartigen Grundlage, aus welcher Muskel- und Bindegewebe bei vielzelligen Thieren hervorgegangen sind, Muskelgewebe nach den Richtungen ausgebildet hat, in welchen vorzüglich thätige Zusammenziehung stattfand, während in den anderen, nicht thätigen Theilen Bindegewebe zur Entwicklung kam.

3) Die Muskelmasse tritt fast überall im Umfang, in der äußeren Schicht der thätigen Theile auf:

a. bei den einzelligen Thieren bildet sie sich aus der äußeren Plasmaschicht des Körpers heraus.

b. Bei den Vielzelligen entsteht sie zuerst im Hautmuskelschlauch — wiederum in der äußeren Schicht des Körpers.

c. An Muskelzellen und Muskelfasern entsteht sie ebenfalls zuerst in der äußeren Schicht des ursprünglich gleichartigen Plasma, aus welchem beide hervorgehen: Mantelmuskelzellen und Mantelmuskelfasern.

Mantelmuskelfasern setzen auch sonst hochausgebildete quergestreifte Muskeln z. B. der Arthropoden zusammen, selbst solche von Wirbelthieren (Amphibien). Und sogar wenn die ganze Muskelfaser in Fibrillen umgebildet ist, kann eine äußere, mantelartige Muskelfadenschicht besonders hervortreten (Barbe u. a. Fische).

4) Dass die Muskelmasse überall zuerst in der äußeren Schicht des thätigen Körpers (einzellige Thiere, Muskelschlauch der Viel-

zelligen), bezw. der thätigen Gewebstheile (Muskelzellen und Muskelfasern) auftritt und dass sie auch an fertigen Muskelzellen und Muskelfasern in besonderer Art ausgebildet sein kann, ist offenbar auf hervorragende Arbeitsübung dieser Theile zurückzuführen.

Es handelt sich dabei augenscheinlich um eine einfache mechanische Wirkung in dem Sinne, dass ein mehr oder weniger langgestreckter Körper von Plasma, mag derselbe nun Infusorium oder Wurm, Muskelzelle oder Muskelfaser sein, bei den Bewegungen, welche er ausführt, viel mehr in den äußeren Schichten als im Inneren thätig sein wird. Deshalb werden sich jene zuerst in wirkliche Muskelmasse umbilden.

Allmählich wird auch das innere Plasma bei vielen Muskelzellen und Muskelfasern zu Muskelmasse, dadurch, dass auch hier die Thätigkeit, obschon sie geringer ist als außen, durch ihre Dauer allmählich umbildend gewirkt hat.

5) Ist die erste Stufe der durch die Thätigkeit bewirkten Umbildung des ursprünglichen Plasma, die der Hervorbringung von Muskelmasse, d. i. von einem Plasma, welches Bewegung in bestimmter Richtung vermittelt, so ist die zweite die Sonderung von Muskelfäden oder Muskelfibrillen.

Auch hier ist offenbar wieder die mechanische Arbeit als Ursache der Gestaltung anzuerkennen.

Bei den einzelligen Thieren tritt die Fibrillenbildung im Körperplasma selbst auf, bei den Vielzelligen in der Zelle, bezw. in der Faser.

Es handelt sich in beiden Fällen um eine Entstehung von Formbestandtheilen des Plasma, welche senkrecht zur gewöhnlichen Bewegungsrichtung (Zusammenziehung) gestellt sind. In dieser Senkrechten findet die hauptsächlichste Thätigkeit statt. Die Gesamtzusammenziehung des Infusorium oder der Muskelzelle, bezw. der Muskelfaser aber muss in bestimmte Theilzusammenziehungen zerlegt gedacht werden. Jeder dieser Theilzusammenziehungen wird ein Muskelfaden entsprechen, jeder entsprechend wird ein solcher Faden entstanden sein.

Jeder Muskelfaden wäre somit als eine Säule von Muskelmasse zu denken, welche geworden ist in Folge fortgesetzter zu ihrer Grundfläche senkrecht erfolgter Zusammenziehung.

Der mechanische Vorzug einer Vielheit solcher Säulchen, der Muskelfäden, gegenüber einer einheitlichen, nicht in Fäden zerlegten Muskelfaser oder Muskelzelle wird insbesondere auch in erhöhter Kraftleistung liegen: jene Vielheit, d. i. ein Bündel von Fäden, wird weit

mehr zu leisten vermögen als eine gleichartige Muskelsäule von demselben Durchmesser leisten würde.

6) Eine weitere Wirkung der Zusammenziehungsthätigkeit des Muskelfibrilleninhaltes ist die Querstreifung.

Die mechanische Bedeutung derselben dürfte darin liegen, dass durch sie die Muskelarbeit auf die ganze Länge des Muskelfadens vertheilt und möglichst gleichzeitig und gleich kräftig in dieser ganzen Länge zur Wirkung gebracht wird.

Die Verdichtung des Muskelfibrilleninhaltes in vielen kleinen Abtheilungen in der ganzen Länge des Muskelfadens ermöglicht gleichmäßige und mehr gleichzeitige Thätigkeit in dieser ganzen Länge. Die Zusammenziehung der glatten Muskeln ist eine viel weniger energische als die der quergestreiften, auch wohl eine weniger gleichmäßige, sie geschieht lange nicht in demselben Maße in allen Theilen gleichzeitig wie in diesen.

Die Querstreifung erscheint als Folge der Zusammenziehung. Sie ist zuerst nicht ganz regelmäßig und fällt mit wellenförmigen Biegungen der Muskelfäden zusammen. Man könnte zum Zweck des Versuches der Erklärung ihrer Entstehung und ihrer Weiterentwicklung von feinen wellenförmigen Biegungen der Muskelfäden ausgehen. Man könnte annehmen, durch die Biegungen werde die Muskelmasse im Inneren der Fibrillen zu den doppeltbrechenden Abtheilungen zusammengeschoben. Auf einem ähnlichen, nur viel feineren Vorgang dürfte dann auch die weitere Ausbildung der Querstreifung beruhen. Die Biegungen werden immer feiner und kommen zuletzt nur in den Ansammlungen des Inhaltes zum wahrnehmbaren Ausdruck.

Zu einer solchen Vorstellung von der Entstehung der Querstreifung könnte also die Beobachtung der Thatsache führen, dass die Fibrillen da, wo sie die ersten Andeutungen von unvollkommener Querstreifung aufweisen, im Zusammenhang mit dieser Querstreifung wellenförmig gebogen erscheinen. Diese Biegungen sind aber offenbar nicht die Ursache der Zusammenziehung. Sie dürften wiederum die Folge selbstthätiger bestimmt gerichteter Bewegungen der Muskelmasse, des Fibrilleninhaltes, sein. Man müsste dann annehmen, dass solche Bewegung die Muskelsubstanz von einem Punkte der Fibrille ausgehend schnell durchzieht. Zum Vergleich denke man nur an die wellenförmige, bestimmt gerichtete Bewegung des Plasma, z. B. in der Plasmafahne der Samenfäden von Salamandern und anderen Amphibien. Hier geht diese Bewegung beständig von hinten nach vorn und bewegt die Samenfäden vorwärts. Auch bei diesen Bewegungen kann nicht angenommen werden, dass das am hinteren Ende der Fahne

gelegene Plasma bis ans vordere Ende strömt und hinten durch eine neue Folge vom Plasma ersetzt wird. Die Wellen müssen vielmehr dadurch entstehen, dass die hinterste die nächst vordere veranlasst u. s. w.

An den Samenfäden der Unke sah ich¹, dass die Fahne sich allmählich zu einer unregelmäßigen amöboiden Plasmamasse zusammenzog. Die Samenfäden bildeten jetzt amöboide Zellen, deren Kern durch Kopf und Faden der Fahne (Schwanz) hergestellt wurde. Dabei gingen die regelmäßigen wellenförmigen Bewegungen der Fahne in unregelmäßig erscheinende Plasmaströmungen unmittelbar über. Es müssen also auch der amöboiden Bewegung bestimmt gerichtete, wenn auch in der Richtung wechselnde Strömungen des Plasma zu Grunde liegen, welche mit jener Wellenbewegung verwandt sind; die Wellenbewegung an den Samenfäden muss aus amöboider Bewegung entstanden sein. Andererseits muss die Ortsveränderung von Muskelmasse, welche der Muskelthätigkeit zu Grunde liegt, in letzter Linie wohl eben so aus amöboider Bewegung hervorgegangen sein: sie ist wie jene Strömung in der Fahne von Samenfäden eine bestimmt gerichtete Plasmabewegung, welche auf abwechselnder Verdichtung und Verdünnung des Plasma beruht. Die doppeltbrechenden Ansammlungen von Fibrillinhalt entsprechen Plasmawellen und zwar sind sie beständig gewordene, immer an denselben Stellen auftretende Wellen. Nur in den niedersten Stufen unvollkommener Querstreifung schwinden sie nach dem Auftreten wieder. In den höheren Stufen bleiben sie bestehen und die Zusammenziehung beruht nur auf einer Veränderung ihrer Gestalt, insbesondere auf Veränderung der Wellenhöhe, auf vorübergehender Verstärkung und vorübergehendem Zusammenfließen von Wellen.

Bei der Zusammenziehung verdickt sich der Muskel. Die verdickten Stellen sind Kontraktionswellen, welche über den Muskel hinlaufen. Sie sind zusammengesetzt aus erhöhten Einzelwellen, verdichteter (doppeltbrechender) Muskelmasse.

Mit vorstehender Erklärung der Querstreifung wäre auch die Beantwortung einer früher aufgestellten Frage gegeben: die ursprünglich vorübergehend mit der Zusammenziehung auftretenden Verdichtungen der Muskelsubstanz, d. i. die ursprünglich vorübergehenden Zusammenziehungswellen werden in Folge ihrer immer von Neuem sich wiederholenden Entstehung bis zu einem gewissen Grade beständig: es ist aus einem physiologisch vorübergehenden ein bis zu einem gewissen Grad beständiger Zustand geworden: die bleibende Querstreifung.

¹ Über den Bau und die Bewegung der Samenfäden. Verhandl. der phys.-medic. Gesellsch. Würzburg. 1874.

Die Querstreifung ist der Ausdruck von unter Nerven- einfluss gebildeten, beständig gewordenen Kontraktions- wellen der Muskelmasse.

Warum nun in Folge der Zusammenziehung schon frühe — schon bei niederen Thieren, in sehr thätigen Muskeln z. B. von Muscheln — breitere und schmalere Verdichtungsstellen (Mittel- und Zwischen- scheidern) in den Muskelfibrillen, bezw. in den Muskelfasern regel- mäßig auf einander folgen, das ist nicht ohne Weiteres mechanisch zu erklären.

Möglich, dass sich die Thatsache einfach aus den Gesetzen, nach welchen die wellenförmige Bewegung, bezw. die Zusammenziehung einer weichflüssigen Masse, wie die Muskelmasse sie ist, ergeben würde, wenn diese bekannt wären.

Möglich aber auch, dass die Art der Innervirung, der die Be- wegung anregende Nerveneinfluss, dabei im Spiele ist.

Mit Bezug auf meine Erklärung der Abtheilung des Muskel- fibrilleninhalts in dichtere und dünnere Masse überhaupt erwähne ich noch die merkwürdigen, von mir in der angeführten Abhandlung über den Bau und die Bewegung der Samenfäden beschriebene Gliederung, welche im Plasma der Samenfäden der Fledermäuse, allerdings nur unter besonderen äußeren Verhältnissen, vorkommt. Diese Gliederung hat eine große Ähnlichkeit mit jener des Inhalts der Muskelfibrillen, wie sie vorn in Fig. 12 dargestellt ist: viereckige Theilchen von Plasma folgen auf einander, aber in gleichen Abständen (ohne »Zwischen- scheidern«). Auch in diesem Plasma ist offenbar eine bestimmt ge- richtete Plasmabewegung vorhanden, welche die Ortsveränderung der Samenfäden — aber unter Drehung derselben — hervorruft. Ich habe die Abgliederung seiner Zeit als Folge der Drehung aufgefasst. Viel- leicht darf sie aber in letzter Linie gleichfalls auf das Vorhandensein von dichteren Plasmatheilchen zurückgeführt werden, welche sich in Folge wellenförmiger Bewegung des Plasma ansammeln, während die Drehung nur die unmittelbare Ursache der Abgliederung der einzelnen Theilchen sein würde.

Entwicklungsgeschichte. Anwendung des biologischen Gesetzes.

Die Querstreifung erscheint demnach im vollsten Sinne als eine erworbene und vererbte Eigenschaft.

Einen weiteren Beweis für diese Auffassung und für die Ansicht, dass auch die übrigen der Reihe nach behandelten Eigenschaften der Muskulatur in diesem Sinne aufzufassen seien, liefert die Entwick- lungsgeschichte.

Die quergestreifte Muskelfaser der höchsten Thiere, z. B. der Säuger, macht in ihrer Entwicklung alle Stufen der Ausbildung der niederen Formen der Muskeln durch.

Nachdem sie die Stufe der amöboiden Mesodermzelle überschritten hat, wird sie zu einer spindelförmigen, platten, glatten Mantelmuskelfaser. Die Kerne dieser Zelle vermehren sich. Es entsteht eine glatte Mantelmuskelfaser, deren Kerne zunächst wie bei Beroë noch im Innenplasma liegen. Darauf zerfällt der Muskelmantel in Fibrillen und jetzt treten die ersten Spuren von Querstreifung auf. Die Querstreifung besteht zunächst nur in regelmäßiger Aufeinanderfolge von Ansammlungen je gleicher Mengen dichten Plasmas. Sie ist jetzt eine unvollkommene, denn die Zwischenscheibe fehlt. Sie tritt, wie es scheint, erst auf als Folge von Muskelzusammenziehungen, wie schon REMAK für den Froschmuskel angegeben hat.

An einem Schafsembryo von 12 cm Länge fand ich die Muskelfasern in dem beschriebenen Zustand bandförmiger, längsgestreifter Mantelfasern, zuweilen mit den ersten Spuren von Querstreifung.

Auch für die Flügelmuskeln von *Saturnia carpinii* beschreibt VOSSELER, dass zuerst Fibrillen in der Mantelschicht entstehen¹, eben so an den Flügelmuskeln von *Orgyia gonostigma*². Für die Muskeln von Bienenembryonen giebt dasselbe BÜTSCHLI an³.

Die Entwicklung der quergestreiften Muskelfaser wird in Lehrbüchern noch immer unrichtig dargestellt und abgebildet. Insbesondere sieht es danach aus, als ob die Querstreifung vor der Längstreifung aufträte. Es hat aber G. R. WAGENER längst sehr bestimmt nach Untersuchungen am Hühnchen⁴ erklärt, dass der Zerfall in Fibrillen vor der Querstreifung geschehe. Auch ENGELMANN und STRICKER sagen, dass jener zuerst eintrete und REMAK giebt für den Frosch schon 1845 an: »Vor dem Erscheinen der Querstreifung können die cylindrischen Muskelzellen in ihrer Längsrichtung zerfallen⁵«. Sonach hat REMAK in bestimmten Fällen jedenfalls die Längstreifung vor der Querstreifung gesehen. Da die Querstreifung aber am fertigen Muskel erst an den Fibrillen erscheint, eine Eigenschaft derselben ist, kann sie auch in der Entwicklung niemals vor ihnen vorhanden sein. Wohl aber mag die Querstreifung zuweilen deutlich in die Augen fallen, während die Fibrillen noch nicht deutlich sichtbar sind.

¹ a. a. O. p. 13.

² a. a. O. Fig. 8.

³ Diese Zeitschr. Bd. XX. 1870.

⁴ Entwicklung der Muskelfaser. Marburg 1869.

⁵ REMAK, FRORIEP'S Notizen. 1845. Nr. 768. p. 308.

Die Vergleichung der verschiedenen Formen von Muskeln von der glatten Mantelmuskelzelle bis zur fertigen vollkommen quergestreiften Muskelfaser mit den Entwicklungsstufen der letzteren bei irgend einem höheren Thiere giebt ein ausgezeichnetes Beispiel für das biogenetische Gesetz ab, aber auch ein Beispiel dafür, worauf dasselbe beruht. Das biogenetische Gesetz, also die Wiederholung der Ahnengeschichte durch die persönliche Entwicklungsgeschichte, gründet sich wesentlich auf das biologische Gesetz, nämlich auf die Thatsache, dass die Thätigkeit, die Funktion, der Ausbildung der Theile im Organismus vorangeht, dieselbe bedingt.

Die dem biogenetischen Gesetz zu Grunde liegenden Thatsachen beruhen wesentlich mit auf der nothwendigen mechanischen Wiederholung von Eigenschaften, welche von den Vorfahren erworben und von ihnen auf die Nachkommen in deren Entwicklung vererbt sind.

Dieser allgemeine von mir über die Beziehungen zwischen biogenetischem und biologischem Gesetz aufgestellte Satz wird überall erprobt werden können.

Indem aber die über die Muskulatur vorstehend mitgetheilten Thatsachen mit diesem allgemeinen Satz in voller Übereinstimmung stehen, bieten sie, wie vorausgesetzt, umgekehrt einen Beweis dafür, dass die jenen Thatsachen zu Grunde liegenden Eigenschaften der Muskeln wirklich auf Vererbung erworbener Eigenschaften beruhen.

Nachdem ich Vorstehendes niedergeschrieben habe, finde ich in dem soeben erschienenen Buche von SIMROTH: »Die Entstehung der Landthiere«, ein besonderes Kapitel (das fünfzehnte), überschrieben: »Die Entstehung der quergestreiften Muskulatur«. Der Verfasser behandelt diese Entstehung besonders bei Arthropoden. Diese sollen, abgesehen von glatten Fasern an Hautkiemen von Insekten, nur quergestreifte Muskeln besitzen — eine Folge des Kraftleistung erfordern den Landlebens bei hebelartiger Bewegung der Glieder und Ringel. Die Querstreifung der Darmmuskelfasern werde nur als eine Art von Korrelation (?) aufzufassen sein. Die unausgesetzte hohe Übung habe die Arthropoden zu so energischen Akrobaten umgewandelt, dass sie gar nicht mehr im Stande seien, irgend eine Bewegung, auch da, wo eine langsamere vielleicht vortheilhafter sein würde, anders als stürmisch zu vollziehen (?). »Freilich kann man dafür noch einen anderen Gesichtspunkt zur Erklärung heranziehen, die Intensität des Stoffwechsels, die zur Unterhaltung dieser Kraftmaschinen gefordert wird.

Beide Momente vereinigen sich anscheinend, um die durchgreifende Umwandlung der Arthropodenmuskulatur zu erzeugen.«

Auf p. 344 sodann berührt SIMROTH dieselbe Frage für die Wirbelthiere: Wenn sich nachweisen ließe, meint er, dass die Fische ursprünglich Landthiere gewesen sind (was er in der That im Folgenden nachzuweisen versucht), »so würde sich, ähnlich wie bei den Gliedertieren, die Durchbildung der willkürlichen Muskulatur zur quergestreiften aus den Schwierigkeiten der terrestrischen Lebensweise vortrefflich erklären«. Dem fügt er bei: »Vom Herzen abgesehen, hat unter den vegetativen Organen der Darm bei Cobitis zum Theil, bei Tinca in toto einen Belag von quergestreifter Muskulatur (DU BOIS-REYMOND, Darmmuskulatur von Tinca, Physiol. Ges. Berlin). Hängt die Einrichtung mit Darmathmung zusammen? Bei der Schmerle mit der jetzt noch häufig eintretenden, bei der Schleie mit einer früheren, jetzt aufgehobenen? Ihre Bevorzugung schlammiger Gewässer deutet vielfach darauf hin. Dann würde es auf eine schnelle Entleerung des Speisebreies hinauslaufen, um Raum für die aufzunehmende Luft zu schaffen (?).«

Die Querstreifung der Darmmuskulatur der Arthropoden habe ich schon in meiner Entstehung der Arten (I. p. 358) darauf zurückzuführen versucht, dass der Darm z. B. bei Krebsen wie bei Insekten in hervorragendem Maße der Athmung diene und dadurch, ferner in vielen Fällen auch in Folge des andauernden Verdauungsgeschäfts sehr in Bewegung sei. Im Übrigen muss ich hier darauf verzichten, das was von den Einzelausführungen SIMROTH's wahrscheinlich erscheint, von dem was weniger wahrscheinlich sein dürfte, zu trennen. Genug, dass SIMROTH den von mir vor Jahren ausgesprochenen Satz, wonach die höhere Ausbildung der Muskulatur, bezw. die Querstreifung eine Folge der Thätigkeit ist, als einen selbstverständlichen anwendet, so zwar, dass er es, obschon er meine Befunde an Brustmuskeln von Fliegen erwähnt, unterlassen darf zu sagen, von wem und wo dieser Satz als Erklärung der »Entstehung der quergestreiften Muskulatur« vorher aufgestellt und durch Beispiele begründet worden ist.

Wäre derselbe in der That so selbstverständlich, dann bekäme ich Bedenken wegen der Ausführlichkeit, mit welcher ich den Gegenstand im Vorstehenden behandelt habe.

Allein ich darf vielleicht hoffen, man werde dem Grundgedanken meiner Arbeit fernerhin nicht nur etwas von dem Einfachen und Selbstverständlichen, sondern auch von dem Erlösenden zugestehen, was in der Aufstellung einer einfachen Erklärung liegt.

Tübingen, im December 1894.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [53_Supp](#)

Autor(en)/Author(s): Eimer G. H. Th.

Artikel/Article: [Die Entstehung und Ausbildung des Muskelgewebes, insbesondere der, Huerstreifung desselben als Wirkung der Thätigkeit betrachtet. 67-111](#)