© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Über Wachsthum der quergestreiften Muskulatur nach Beobachtungen am Menschen.

Von

Dr. **Walther Felix,**

II. Assistent am anatomischen Institut zu Würzburg.

Mit Tafel XV und XVI.

Das Wachsthum der quergestreiften Muskulatur ist vielfach Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen. Eine Vermehrung der vorhandenen Faserzahl während der Zeit des embryonalen Lebens wird allseitig zugestanden. Über die Art und Weise der Neubildung von Muskelfasern werden entweder keine oder einander widersprechende Angaben gemacht. Während die Einen den Process der Neubildung bis zur Geburt vor sich gehen lassen, wollen Andere eine Grenze — die sie selbst aber nicht bestimmen — setzen, von der ab auch während des fötalen Lebens eine Neubildung nicht mehr stattfindet. In der Zeit von der Geburt bis zur Pubertät, oder bei Fröschen von dem Moment des Schwanzabwerfens an gerechnet, soll nach den meisten Autoren die Faserzahl konstant bleiben. Die Konstanz der Faserzahl würde eine Neubildung nicht ausschließen, unter Umständen dieselbe sogar nothwendig erfordern, die meisten Autoren fügen desshalb dem Satz von der Konstanz den zweiten hinzu, dass eine Neubildung resp. ein Zerfall von Fasern nach der Geburt nicht stattfindet. Dem gegenüber stehen vielumstrittene Beobachtungen einer thatsächlichen Neubildung.

Der Werth der einzelnen Angaben liegt in der Methode der Untersuchung. Ich ordne desshalb die Arbeiten und ihre Ergebnisse nach derselben.

Zählungen an einzelnen Abschnitten des Muskelquerschnittes und Berechnung der Gesammtfaserzahl desselben aus den einzelnen Zäh-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

lungen führen Deiters[1], Harting[2] und Hepp[3] aus. Deiter stellt Rechnungen an Embryonen an und kommt zu der Bowman'schen Ansicht, dass Anfangs eine Vermehrung der Faserzahl stattfindet, dass aber von einer gewissen Fötalperiode an das Wachsthum allein auf Vergrößerung der dann existirenden Fasern beruhe. Hepp zählt an Muskeln eines Neugeborenen, eines erwachsenen Mannes und einer Greisin und zieht aus den Resultaten seiner Zählungen den Schluss, dass nach der Geburt neue Fasern nicht mehr gebildet werden. — Nach Harting sollen sich die Fasern des Embryo 4—5mal theilen müssen, damit die Faserzahl des Neugeborenen erreicht wird, dagegen soll von der Geburt ab eine konstante Abnahme der Faserzahl eintreten.

Zählungen an auf chemischem Wege isolirten Fasern führen Budge[4], [5], [6], [7] und Aeby[8] aus und kommen zu diametral entgegengesetzten Resultaten. Im Gastrocnemius eines 13 mm langen Frosches findet Budge 1053, in demselben Muskel eines 80 mm langen Frosches 5711 Fasern. Die Zählungen wiederholt er mit ähnlichen Resultaten. Dieser gewaltigen Vermehrung um 4000 Fasern gegenüber stellt Aeby zwischen den Faserzahlen im Sartorius eines jungen und eines erwachsenen Thieres ein Verhältnis wie 1 : 1,4 fest. Aus seinen zahlreichen vergleichenden Zählungen geht aber hervor, dass dieses Verhältnis eine nur scheinbare Vermehrung darstellt. Es ist nur eine individuelle Schwankung, die ihm zu Grunde liegt, da er Frösche von 80 mm Länge genau so faserreich antrifft, wie solche von nur 26,5 mm Länge.

Zählungen an Muskelquerschnitten machen Riedel[9] und Kunkel[10]. Kunkel zählt am Sartorius von Fröschen. Die Faserzahl bleibt konstant selbst nach langer Hungerszeit. Er zieht daraus den Schluss, dass das Dickenwachsthum des Muskels einzig und allein auf eine Vermehrung des Querdurchmessers der einzelnen Faser zurückzuführen sei. Gleiches behauptet Riedel, fügt aber hinzu, in Folge der specifischen Eigenthümlichkeit des Frosches, die eine jährlich sich wiederholende Neubildung von Muskelfasern mit sich bringt, kann durch vergleichende Zählungen die Frage, ob in der postembryonalen Periode die Vergrößerung des

1 Deiters, De incremento muscul. observat. Diss. inaug. Bonn 1856.
2 Harting, Recherches micrométriques. Utrecht 1845.
3 Hepp, Die patholog. Veränderungen der Muskelf. Zürich 1853.
4 Budge, Moleschott's Untersuch. zur Naturlehre. Bd. VI.
5 Ders., Zeitschrift für rat. Medic. Bd. IX.
6 Ders., Ebenda. Bd. XI.
7 Ders., Archiv für physiolog. Heilkunde. Neue Folge. Bd. II.
8 Aeby, Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. XIV.
9 Riedel, Untersuch. aus dem anat. Instit. Rostock. 1874.
10 Kunkel, Festschrift für A. v. Kölliker. Leipzig 1886.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Muskels in toto allein auf Vergrößerung der vorgebildeten Fasern, oder auch auf Vermehrung derselben beruht, an Fröschen nicht mit Sicherheit entschieden werden. Bei Säugethieren dagegen (Maus, Kaninchen [Sternocleidomastoideus], Mensch [Omohyoideus]), wo er die Mühe des Zählens nicht gescheut hat (die Faserzahl im Omohyoideus beträgt das eine Mal über 20 000), soll eine Neubildung post partum nicht stattfinden, auch soll ein periodischer Untergang von Fasern nicht vorkommen.

Den direkten Nachweis einer Neubildung suchen Weismann[1], Peremeschko[2], Bremer[3], Margo[4], [5], [6] und Paneth[7] zu führen. Da ich Weismann's Angaben öfters zu citiren habe, führe ich sie etwas ausführlicher an. Der Theilungsprocess beginnt mit einer Vermehrung der Kerne und einer Verbreiterung der ganzen Faser, wobei sich die Faser oft nach dem einen Rand zu bandartig abplattet. Die Kernvermehrung führt zur Kernreihenbildung, mehrere Reihen kommen neben einander vor. Sobald regelmäßige Kernreihen gebildet sind, treten in der Nähe des verdünnten Faserendes Spalten auf, und zwar so, dass das zwischen Spalte und Rand liegende Stück keine Kernreihen, sondern nur isolirt in gewissen Abständen von einander liegende Kerne enthält. Neben der Abspaltung dünner bandartiger Fasern kommt auch eine dichotomische Theilung in zwei noch ziemlich gleichmäßige Glieder vor. Von diesen »sekundären Mutterfasern« können weiterhin wieder Abspaltungen vom Rand aus eintreten. Randabspaltung und dichotomische Theilung können gleichzeitig neben einander an derselben Faser vorkommen. Der Theil der Mutterfaser, der die Kernreihen enthält, geht zu Grunde. Die Untersuchung erstreckte sich auf ältere Frösche und solche, deren Extremitäten noch unter der Haut verborgen lagen. Die Isolation geschah mittels koncentrirter Kalilauge. Dasselbe Mittel wendet Kölliker[8] an, er kann die Spalten und die platten und kernreihenhaltigen Fasern bestätigen; Abspaltungen hat er nie gesehen, bezweifelt sie aber nicht, da er ihrer zur Erklärung der dünnen bandartigen Fasern zu bedürfen glaubt. Der Nachweis der Degeneration von Muskelfasern zu bestimmten Zeiten durch v. Wittich[9]

[1] Weismann, Zeitschr. für rat. Med. Bd. X.
[2] Peremeschko, Virchow's Archiv. Bd. XXVI.
[3] Bremer, Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXI.
[4] Margo, Sitzungsber. der Wien. Akad. der Wissensch. Bd. XXXVI. 1859
[5] Ders., Denkschr. der Wien. Akad. der Wissensch. Bd. XX.
[6] Ders., Sitzungsber. der Wien. Akad. der Wissensch. Bd. XXXIX.
[7] Paneth, Sitzungsber. der Wien. Akad. der Wissensch. Bd. XLII.
[8] Kölliker, Diese Zeitschr. Bd. XII.
[9] v. Wittich, Königsberger med. Jahresb. 1861.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und die Konstanz der Faserzahl zu jeder Zeit verlangt eine Neubildung von Fasern, Weismann's Beobachtungen würden also eine willkommene Erklärung der Konstanz der Faserzahl bilden. Budge fand gleichzeitig mit Weismann Kernreihen in Muskelfasern, glaubt auch Theilungen gesehen zu haben, giebt aber seinen Bildern nicht die präcise Deutung wie Weismann. Kernreihen und Spalten bestätigt Peremeschko, auch bei ihm sollen die Kerne der Mutterfaser nach und nach verschwinden. Durch die bekannte Verwechslung einer mit Blutkörperchen gefüllten Kapillare mit einer Muskelkernreihe sind seine Beobachtungen aber in Misskredit gebracht.

Gegen Weismann richtet sich zunächst Aeby. Weismann's Spalten sind Kunstprodukte; unter 30 000 Fasern, die Aeby[1] untersuchte, fand sich auch nicht ein Bild, das den Weismann'schen Bildern entsprochen hätte. Auf Aeby's Seite stellt sich Waldeyer[2, 3]. Er hält die Weismann-schen Vorgänge so lange für zweifelhaft, bis nicht am frischen Objekt ihre Existenz nachgewiesen ist. Er legt Werth darauf, dass der einzige Bestätiger der Weismann'schen Spalten, Kölliker, zur Nachuntersuchung gleichfalls koncentrirte Kalilauge benutzte, von deren eingreifender Wirkung er sich überzeugen konnte. Eben so bestreitet Petrowsky[4] die Theilung ganz entwickelter Muskelfasern. Born[5] wiederholt gleichfalls die Untersuchung Weismann's mit dessen Isolationsmethode. Da die Spalten an ohne Deckglas untersuchten Muskelfasern nicht vorhanden waren, dagegen auftraten, sobald das Präparat mit einem Deckglas bedeckt wurde, so hält er die Spalten gleichfalls für Kunstprodukte, erzeugt durch den Druck des Deckglases. Wichtig ist noch, dass er auf diese Weise Spalten in Fasern, die keine Spur einer Kernreihe zeigten, erzeugen konnte, die ganz mit den Spalten Weismann's übereinstimmten. Rouget[6] spricht gleichfalls von Längstheilung einer Muskelfaser. Er lässt zunächst ein Längen- und Breitenwachsthum vor sich gehen, und dann die Faser in mehrere Tochterfasern zerfallen, von Kernreihen erwähnt er dabei aber nichts.

Margo beschreibt rundliche Körperchen im Inneren von Muskelfasern, die sich von ihrer Umgebung durch stärkere Lichtbrechung unterscheiden. Meist sind sie quergestreift und besitzen sie bläs-

[1] Aeby, Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. XIV.

[2] Waldeyer, Med. Centralblatt. 1865.

[3] Ders., in: Virchow's Archiv. Bd. XXXIV.

[4] Petrowsky, Med. Centralbl. Bd. XLIX.

[5] Born, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der quergestr. willkürl. Muskul. Dissert. inaug. Berlin 1873.

[6] Rouget, Journal de Physiologie. 1863.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

chenförmige Kerne mit deutlichem Kernkörperchen. Indem diese Gebilde sich neben und hinter einander ähnlich wie glatte Muskelzellen lagern und mit einander verschmelzen, entstehen neue Muskelfasern. Er nennt diese Gebilde Sarkoplasten und findet sie in den Muskeln von Mollusken, Arthropoden, von Frosch- und Krötenlarven, von jungen Fröschen, im Herzfleisch und dem weißen Fleisch von Vögeln, in den Muskeln von Säugethierembryonen und eines menschlichen Embryo. Die Entstehung der Sarkoplasten denkt er sich aus zwischen den ausgebildeten Muskelfasern liegenden embryonalen Zellen. Das Längen- und Dickenwachsthum einer Muskelfaser ist durch Apposition von Sarkoplasten zu erklären. Diese gewiss eigene Ansicht, die sich in völligem Widerspruch mit der anerkannten Entwicklung der Muskelfaser aus einer Zelle befindet, wird von Paneth für alle oben genannten Thierklassen, mit Einschluss des Menschen, in allen Stücken bestätigt. Nur lässt er die Sarkoplasten nicht innerhalb einer Muskelfaser, sondern stets zwischen Muskelfasern liegen, auch sind die Sarkoplasten nicht als Zellen anzusehen, sondern liegen zu mehreren in einer Zelle (Sarkoplastenzelle). Gegen die Margo-Paneth'sche Lehre wenden sich Mayer [1] und Barfurth [2]; beide Autoren finden die Sarkoplasten in zur Resorption gelangenden Muskeln, sie fassen desswegen dieselben als Degenerationsprodukte auf und sprechen dem zufolge von Sarkolyten. Barfurth findet auch die Sarkoplasten nie zwischen Muskelfasern, sondern innerhalb des Sarkolemmaschlauches einer Muskelfaser liegen. Kowalevski [3] giebt ähnliche Bilder von zur Resorption gelangenden Muskeln bei der nachembryonalen Entwicklung der Musciden. Paneth [4] vertheidigt in einer neueren Arbeit seine Sarkoplasten gegen Mayer und Barfurth, die Arbeit Kowalevski's scheint ihm nicht bekannt geworden zu sein. Da in den Sarkoplasten die Querstreifung schmäler ist, als in den fertigen Muskelfasern, so wäre ein Entstehen der Sarkoplasten durch Zerfall fertiger Muskelfasern schwer zu erklären. Er lässt dabei aber doch den Gedanken gelten, dass eben so wie die fertige Muskelfaser aus einzelnen Sarkoplasten entstände, bei ihrem Zerfall die einzelnen Baustücke wieder zum Vorschein kämen, die Reihenfolge der Bilder wäre dann nur eine umgekehrte wie bei der Neubildung. So lange die Sarkoplasten nur in sich zurückbildenden Muskeln und nicht auch im wachsenden Muskel als Zerfallsprodukte nachgewiesen würden, so lange hält Paneth die Sarkoplastentheorie für nicht widerlegt.

[1] Mayer, Anatom. Anzeiger. 1886.

[2] Barfurth, Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXIX.

[3] A. Kowalevski, Diese Zeitschr. Bd. XLV.

[4] Paneth, Anat. Anzeiger. 1887. Heft 5.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bremer untersucht goldgefärbte Muskeln junger und alter Mäuse und findet eine eigenthümliche Neubildung junger Muskelfasern. Er fasst die Muskelkörperchen als Zellen auf. Diese Zellen proliferiren und schaffen sich einen Zuwachs von Protoplasma durch Einschmelzung quergestreifter Substanz der Mutterfaser. Durch reihenweise Aneinanderreihung dieser stark vergrößerten Muskelkörperchen entsteht eine junge in einer Rinne der Mutterfaser liegende und mit dieser in Verbindung stehende Tochterfaser. Durch die von Strecke zu Strecke eingelagerten Kerne giebt die Faser das Bild vieler an einander gereihter Spindeln. Mit der Bildung kontraktiler Substanz aus dem Protoplasma der Muskelkörperchen tritt ein schwacher Saum an der jungen Faser auf, damit ist dieselbe selbständig geworden. Auch Bremer fasst also die junge Faser als einen Komplex mehrerer Zellen auf. Er sucht seine Beobachtungen mit denen von Weismann dadurch in Übereinstimmung zu bringen, dass er Weismann die ersten Entwicklungsstufen der jungen Faser übersehen lässt.

Endlich sind noch v. Wittich und Deiters [1] zu erwähnen, die von einer Neubildung junger Muskelfasern durch Zellen des Perimysium internum sprechen.

Gehen die Ansichten auf dem Gebiete der normalen Histologie schon ziemlich bedeutend aus einander, so wird der Widerstreit noch größer, wenn wir die Litteratur von der Regeneration und der pathologischen Neubildung überblicken. Von Untersuchungen hypertrophirter Muskeln oder wahrer Muskelgeschwülste können wir wohl am ehesten eine Aufklärung über die Art und Weise der Muskelneubildung erwarten.

Auerbach [2] fand bei einer echten Muskelhypertrophie die Fasern 3—4mal so breit als normale Muskelfasern, von irgend welcher Neubildung weiß er nichts. Bei Makroglossie findet Maas [3] nur eine Verbreiterung der Fasern, Virchow [4] und Paster [5] sprechen von einer Kernvermehrung, ohne der Reihenbildung Erwähnung zu thun. C. O. Weber [6] dagegen findet bei einem Recidiv von Makroglossie neben den gewöhnlichen Muskelfasern zarte dünne Fasern mit deutlichem Kern, die Querstreifung ist oft nur angedeutet. Er schließt aus diesem Befund, dass eine Neubildung stattgefunden hat, wenn ihm auch noch die Art

[1] Deiters, Archiv für Anatomie und Entwicklungsgesch. 1861.
[2] Auerbach, Virchow's Archiv. Bd. LIII.
[3] Maas, Langenbeck's Archiv. Bd. XIII.
[4] Virchow, in: V. Archiv. Bd. VII.
[5] Paster, Jahrb. für Kinderheilk. Bd. XVIII.
[6] C. O. Weber, Virchow's Archiv. Bd. VII.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und Weise derselben zweifelhaft ist. Buhl[1] beschreibt eine Neubildung von Fasern nach Weismann bei dem Recidiv eines Rhabdomyoms. Ich werde später auf Buhl's Angaben genauer eingehen.

Ist Ersatz für zu Grunde gegangene Muskelfasern zu liefern, sei es, dass es sich um Verletzungen, sei es, dass es sich um eine Zerstörung durch Krankheit (Typhus, Trichinosis) handelt, so tritt nach allen Autoren eine Kernvermehrung in den intakt gebliebenen Fasern ein. Nach Aufrecht[2], Colberg[3], Hoffmann[4], Kraske[5], Weber[6] sind es die Muskelkerne, die sich mit Protoplasma umgeben, aus dem Zusammenhang der Muskelfaser lösen und nach embryonalem Typus neue Fasern liefern. Nach Zenker[7], Waldeyer[8], [9], Popoff[10] stammen diese jungen Muskelzellen wahrscheinlich von dem Perimysium internum ab, die Fasern mit vermehrten Kernen (Muskelzellenschläuche) gehen zu Grunde. Die langen bandartigen Fasern, die Zenker und Weber für neugebildete erklären, hält Waldeyer für zerfallende Elemente durch Zerspaltung alter Muskelfasern entstanden. Neumann[11], Dagott[12], Gussenbaur[13], Luedeking[14] finden, dass Längsspaltungen der Fasern eintreten, dieselben kommen durch eine Einwucherung des die Fasern umgebenden Bindegewebes (!) zu Stande. Durchschnittene Fasern wachsen sich durch Sprossenbildung entgegen. Dagott erklärt die Bilder derjenigen Autoren, die quergestreifte spindelförmige Muskelzellen zeichnen, für Kunstprodukte, durch Zerzupfung eines Muskelzellenschlauches entstanden; die bandartigen Fasern Weber's sind nach ihm abgerissene Sprossen. Maslowsky[15] und Erbkam[16], der im Gegensatz zu Waldeyer's

[1] Buhl, Zeitschrift für Biologie. Bd. I.

[2] Aufrecht, Virchow's Archiv. Bd. XLIV.

[3] Colberg, Göschen's deutsche Klinik. 1864.

[4] Hoffmann, Virchow's Archiv. Bd. XL.

[5] Kraske, Experimentelle Untersuchungen über die Regeneration etc. Habilitationsschrift. Halle 1878.

[6] C. O. Weber, Virchow's Archiv. Bd. XXXIX.

[7] Zenker, Über die Veränd. der willk. Musk. im Typh. abd. Leipzig 1864.

[8] Waldeyer, Med. Centralbl. 1865.

[9] Ders., in: Virchow's Archiv. Bd. XXXIV.

[10] Popoff, Med. Centralbl. 1873.

[11] Neumann, Archiv für mikr. Anatomie. 1868.

[12] Dagott, Über die Regeneration der quergestr. Muskelf. Diss. inaug. Königsberg 1869.

[13] Gussenbaur, Archiv für klin. Chirurgie. Bd. XII.

[14] Luedeking, Unters. der Regen. der quergestr. Muskelf. Diss. inaug. Straßburg 1876.

[15] Maslowsky, Wien. med. Wochenschr. 1868.

[16] Erbkam, Virchow's Archiv. Bd. LXXIX.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Muskelkörperchenschläuchen von Wanderzellenschläuchen spricht, nehmen eine Neubildung junger Muskelfasern durch Wanderzellen an.

Fassen wir die Ergebnisse dieser Litteraturübersicht zusammen! Eine Neubildung findet während der embryonalen Monate statt. Über die Art und Weise schweigen die Meisten. Weismann, Margo und Bremer machen thatsächliche Angaben, die aber entweder widerlegt oder als Kunstprodukt hingestellt werden. Nach der Geburt oder nach dem Abwerfen des Schwanzes bleibt die Faserzahl jedes Muskels konstant. Beim Frosch findet ein periodischer Zerfall, mithin auch eine periodische Neubildung statt. Bei Säugethieren wird beides geleugnet. Bei Regeneration des Muskelgewebes geschieht der Ersatz nach den Einen durch Auswachsen sich isolirender Muskelkörperchen, nach den Anderen durch Umwandlung von Bindegewebszellen oder Wanderzellen zu Muskelfasern. Neumann und Buhl lassen die Neubildung durch eine Längstheilung im Sinne Weismann's stattfinden. Eine allgemein anerkannte Ansicht existirt nicht.

Meine Arbeit wird in der Beantwortung zweier Fragen gipfeln. Wie vermehren sich während der embryonalen Monate die Muskelfasern? Tritt auch nach der Geburt eine Neubildung von Fasern ein und auf welchem Wege erfolgt sie?

Material und Untersuchungsmethoden.

Die Untersuchung beschränkte sich auf den Menschen, nur wo gutes Material mangelte, wurden Säugethiere zu Hilfe genommen. Von den menschlichen Embryonen wurden diejenigen ausgewählt, die in Folge eines plötzlichen Sturzes der Mutter abortirt wurden[1].

Von Zählungen habe ich sofort Abstand genommen, da der erste Kontrollversuch äußerst ungünstig ausfiel. Da die Faserzahl eine ungeheure ist, so steht die aufgewendete Mühe in keinem Verhältnis zu den Ergebnissen. Kleinere Muskeln, wie den Omohyoideus (Riedel), zu zählen ist völlig überflüssig wegen der bedeutenden individuellen Schwankung in der Entwicklung derselben.

Zur Untersuchung dienten drei Methoden. 1) 10 Minuten langes Kochen einer ganzen Extremität in Wasser, Zerzupfung in Glycerin. Die Methode ist gegenüber anderen, die kaustische Alkalien und koncentrirte Säuren anwenden, die schonendste und liefert bei embryonalen Muskeln ziemlich gut erhaltene, nicht allzu schwer isolirbare Fasern. Die anderen Methoden versagten zum Theil, theils lieferten sie Bilder,

[1] Die Embryonen verdanke ich zumeist der Güte des Herrn Dr. Dölger, Assistenten an hiesiger geburtshilflicher Klinik, dem ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank dafür ausspreche.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die den durch Kochen gewonnenen nachstanden. Die Born'sche Methode, längere Behandlung mit Müller'scher Flüssigkeit, macht die Fasern zu brüchig. 2) Zerzupfung feiner Längsschnitte lieferte sehr gute Resultate. 3) Längs- und Querschnittsserien. Die Schnittdicke schwankte zwischen 5 und 20 μ. Fixirung und Färbung geschah nach bekannten Methoden. Wenn ich auch nicht im Stande bin, die Waldeyer'sche Forderung zu erfüllen, meine Bilder auch am frischen Objekt zu demonstriren, so glaube ich doch durch die Kombination von Isolationsmethode und Untersuchung von Serien den Vorwurf von Kunstprodukten abwehren zu können, zumal ich die gleichen Resultate auch bei Thieren konstatiren konnte.

Die Präparate wurden Herrn Geheimrath v. Kölliker demonstrirt, ich sage an dieser Stelle meinem verehrten Chef für das andauernde Interesse, das er meiner Arbeit bewiesen hat, meinen herzlichsten Dank.

Die embryonale Faser.

Die junge embryonale Faser ist hohl, man unterscheidet centralen Hohlraum und quergestreifte Mantelschicht. Die Fasern werden zu verschiedenen Zeiten solid. Der Zeitpunkt schwankt für die gleichen Muskeln gleichalteriger Embryonen, wie für die einzelnen Muskeln desselben Embryo. Die Muskelfasern der oberen Extremität sind am Ende des fünften und Anfang des sechsten Monates zum größten Theil solid geworden, während die Muskelfasern aus dem Sartorius eines fünfmonatlichen Embryo auf dem Querschnitt noch Ringe darstellen. Erst im siebenten Monat sind auch die meisten Fasern der unteren Extremität solid geworden.

Die Kerne der jungen Muskelfaser liegen an drei verschiedenen Stellen. In dem Hohlraum (Achsenkerne), an der äußeren Peripherie (kontourvorbuchtende Kerne Born's) und in der quergestreiften Mantelschicht (Mantelkerne). Die Mantelkerne sind bedeutend seltner als Achsenkerne und kontourvorbuchtende Kerne. Mit dem zunehmenden Alter nehmen die Achsenkerne ab und die kontourvorbuchtenden Kerne zu. Die Achsenkerne füllen gewöhnlich den centralen Hohlraum vollständig aus, so dass sie auf dem Querschnitt allseits der quergestreiften Mantelschicht anliegen. Ausnahmen von dieser Regel finden sich sehr häufig an bestimmten Fasern, über die weiter unten Genaueres zu berichten ist.

Verfolgt man Muskelfasern, die durch ihre Lagebeziehungen leicht wieder zu finden sind, auf Querschnittsserien, so sieht man, dass die Mantelschicht in verschiedenen Höhen einer Faser verschiedene Bilder

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

darbietet. Ein Querschnitt stellt sie zunächst als allseits geschlossenen Ring dar. 20 und mehr Schnitte weiter spaltet sich der Ring, man sieht ihn jetzt durch mehrere Schnitte hindurch an einer Stelle scharf unterbrochen. Wieder einige Schnitte weiter findet man zwei oder drei solche unterbrechende Stellen, so dass der Ring in mehrere Stücke zerfallen erscheint, die alle gebogen um den Kern herumliegen. Bleiben die Lagebeziehungen der Faser lange Zeit günstig zum Wiederaufsuchen, so kann man durch weitere Verfolgung der Serie den Ring wieder zurückkehren sehen, eine Lücke nach der anderen schwindet, bis der Ring wieder auftritt. Die Mantelschicht einer jungen Muskelfaser stellt also keinen allseits geschlossenen Mantel um den centralen Hohlraum dar, sondern zeigt in diesem Alter noch Lücken. Auf Längsschnitten oder an isolirten Fasern müssen diese Lücken als Spalten erscheinen. Es wäre damit die Existenz von Spalten erwiesen, die nichts mit Spaltungsvorgängen zu thun haben, sondern eine weniger entwickelte Stufe der Mantelschicht darstellen. Eine ähnliche Beobachtung erwähnt bereits Ranvier[1]; da er sie an Zerzupfungspräparaten gewinnt, sind seine Defekte in der Mantelschicht nicht alle als natürliche anzusehen.

Was die Länge der Muskelfasern angeht, so scheinen im vierten und fünften Monat die Fasern von Ansatz zu Ursprung des Muskels zu gehen.

Der Dickendurchmesser der Fasern ist in den einzelnen Monaten des embryonalen Lebens bei den einzelnen Individuen beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Vergleichende Messungen sind desshalb ziemlich schwierig anzustellen, zumal bereits in diesen frühen Stadien die Fasern eines Muskels die verschiedensten Durchmesser besitzen. So schwankten die Dickendurchmesser der Fasern der Vorderarmmuskeln eines fünfmonatlichen Embryo zwischen 4,4 und 15,4 μ. Valentin[2] vergleicht die Dickendurchmesser der Fasern der Halsmuskeln von Embryonen der achten und zehnten Woche, des fünften und achten Monates und eines Neugeborenen und findet eine konstante Abnahme der Muskelfaserdicke mit dem zunehmenden Alter. Bischoff[3] und Andere kommen zu entgegengesetzten Resultaten. Vom vierten Monat an fand ich eine konstante Zunahme des Durchmessers, da die Grenzen, zwischen denen der Durchmesser schwankte, immer höher lagen. Dagegen fand ich bei einem menschlichen Embryo von $2^1/_2$ Monaten den Dickendurchmesser der Fasern aus verschiedenen Muskeln ungemein groß, der Durchmesser schwankte oft zwischen 13 und 19 μ.

[1] Ranvier, Lehrbuch der techn. Histol.

[2] Valentin, Entwicklungsgeschichte.

[3] Bischoff, Entwicklungsgeschichte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Diesen Durchmesser besitzen Fasern aus späteren Monaten ungemein selten, diese Größe wird erst wieder vom Neugeborenen erreicht.

Finden wir einen derartigen Dickenunterschied zwischen den Fasern junger und älterer Embryonen, so kann der kleinere Durchmesser der älteren Muskelfaser wohl nur durch Theilung befriedigend erklärt werden. Eine Verkleinerung desselben in Zusammenhang zu bringen mit der allmählich fortschreitenden Solidität der Muskelfaser geht nicht gut, sonst müsste die Verkleinerung nach dem vierten Monate noch Fortschritte machen. Sucht man nach Theilungsvorgängen und nach den mit diesen zusammengehörenden Kernreihenbildungen, so findet man von der Mitte des dritten Monates — jüngere Embryonen besaß ich nicht — bis zum Ende des fötalen Lebens in jedem Muskel Fasern mit vermehrten zur Reihe geordneten Kernen. Diese Kernreihen lassen sich nach ihrem histologischen Bau und dem ihrer Umgebung in zwei scharf getrennte Gruppen scheiden.

1. Gruppe, die Weismann'sche Faser.

Die Faser dieser Gruppe besitzt mehrere Kernreihen. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 6,6 und 17,6 μ, die meisten Fasern nähern sich aber der oberen Grenze. Sie erscheinen desswegen gegen die benachbarten kernreihenlosen Fasern verbreitert. Die Verbreiterung beruht auf einer Vergrößerung des centralen Hohlraumes. Die Zahl der Kernreihen schwankt zwischen zwei und vier, mehr als vier Reihen habe ich in einer Faser nicht angetroffen, trotzdem ich mehrere Hunderte von diesen Fasern untersucht habe. Die Reihen liegen gewöhnlich dicht neben einander in der Faser, es kommen aber auch zwischen den einzelnen Reihen breite Abstände vor. Der Verlauf der Reihe ist gewöhnlich ein geradliniger, doch können auch Reihen in langgezogenen Spiralen um die Faser verlaufen. Die Kernreihen verlieren sich allmählich gegen das Ende der Faser. An ihrem Ende lassen sich die Kerne weder durch Größe und Form, noch durch Abstand von den Kernen benachbarter Fasern unterscheiden, auch ist Kontour und Färbbarkeit eine gleiche. Von hier aus nehmen gegen die Mitte die Kerne zunächst an Größe zu, der Abstand zwischen zwei Kernen wird kleiner, dann beginnt Abstand und Größe der Kerne rasch abzunehmen, während die Form der Kerne als Muskelkerne noch gewahrt bleibt, die Längsachse des Kernes bleibt dabei immer parallel der Längsachse der Faser. Zuletzt verschwindet auch die Form des Muskelkernes, der langgestreckte Kern wird zu einem scharf kontourirten Bläschen, das sich in Hämatoxylin hellblau färbt. Anfangs sind die Bläschen rund,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

je mehr wir uns aber der Mitte nähern, um so mannigfacher werden die Formen, weil jetzt Kern an Kern gepresst wird, auch an dieser Stelle bewahren die Kerne ihre glatte scharfe Kontour. Während die Reihe gegen das Faserende eine einfache ist, liegen in der Mitte die Kerne doppelt, die Vermehrung derselben scheint eine so ungemein schnelle zu sein, dass die Kerne hinter einander nicht mehr Platz finden, aus der Reihe herausgepresst werden und schließlich neben einander zu liegen kommen. Fig. 4 stellt eine solche Reihe dar. Die Stelle, an der die eng zusammengepressten Kerne liegen, stellt selten genau die Mitte der Reihe dar, das Auftreten der Kerne, die wieder Muskelkernform haben, ist an den beiden Seiten ein verschieden schnelles.

Was die genauen Maße anbetrifft, so ist Folgendes einzutragen. Die Größe der Kerne der kernreihenlosen Fasern schwankt zwischen 11,4 und 13,3 μ, die Kerne am Ende der Reihe messen zwischen 7,6 und 19,0 μ, gegen die Mitte der Reihe zu 3,8—11,4 μ, in der Mitte selbst zwischen 3 und 4 μ. Der Abstand der Kerne der kernreihenlosen Fasern schwankt zwischen 13,3—85 μ, der Abstand an dem Ende der Reihe beträgt um 7 μ, gegen die Mitte 3—4 μ, in der Mitte selbst ist ein Abstand nicht mehr vorhanden. Die mittlere Partie der Kernreihe nenne ich den Ort der größten Wachsthumsenergie. Die Kernreihen liegen bei noch hohlen Fasern in der quergestreiften Mantelschicht, bei bereits solid gewordenen der Peripherie näher als der Achse. Man kann sich davon sehr leicht überzeugen, wenn man Strömungen unter dem Deckglas erzeugt, dann wälzt sich die Faser und man kann die Kernreihe sich mit der Peripherie drehen sehen. Man kann sich bei dieser Gelegenheit auch gleich davon überzeugen, dass die Kerne nicht etwa auf der Faser aufliegen. Dasselbe kann man auch an günstig ausgefallenen Schnitten sehen, wie Fig. 8 einen solchen wiedergiebt; hier hat auf der einen Seite der Schnitt nur die Mantelzone, auf der anderen aber auch den centralen Hohlraum getroffen. Bei *a* ist es unmöglich Bestimmtes über die Lage der Kerne zu sagen, während bei *b* dieselben deutlich in der quergestreiften Mantelschicht liegen. Endlich geben Querschnitte ähnliche Aufklärungen über dieselben weiter unten. Die Reihen ordnen sich in der Mantelschicht fast immer so an, dass sie sich auf die ganze Peripherie vertheilen, doch kommen sie auch mehr nach der einen Seite zusammengedrängt vor. Sämmtliche Kerne der Reihe sind also als Mantelkerne anzusprechen, Achsenkerne sind aber vorhanden, und zwar in vermehrter Zahl, oft auch in Reihen zu drei bis sechs und mehr hinter einander, so in Fig. 4 bei *a*. Alle Kernreihen derselben Muskelfaser haben an der gleichen Stelle den Ort der größten Wachsthumsenergie. Dadurch kann an dieser

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Stelle die Muskelfaser völlig mit Kernen ausgefüllt erscheinen (Fig. 3 bei *a*). Die Reihen sind durch Verdoppelung der Kerne und dadurch, dass sich Kerne der einen Reihe in die andere förmlich einbohren, an dieser Stelle etwas verwischt, man erhält den Eindruck einer regellos liegenden dicht zusammengekeilten Kernmasse, von der nach beiden Seiten die Kernreihen in die Mutterfaser ausstrahlen. Schnittbilder unterstützen noch diese Deutung, da der Ort der stärksten Wachsthumsenergie einer Reihe angeschnitten sein kann, ohne dass die Reihe selbst in den Schnitt gefallen ist.

Diese rapide Kernvermehrung kann zu einer Auftreibung der Faser in toto an dieser Stelle führen. Die Auftreibung ist spindelförmig bis zu $1\frac{1}{2}$ mal so breit als die übrige Faser, ihr Übergang in die nicht verbreiterten Enden der Faser kann mehr oder weniger schnell erfolgen, stets ist er aber ein ganz allmählicher, man kann desswegen selten genau angeben, wo die Auftreibung beginnt oder aufhört. Der Übergang kann an beiden Seiten verschieden rasch erfolgen, dann liegt die stärkste Anschwellung nicht in der Mitte der Spindel. Häufig tritt aber gar keine Verbreiterung der Faser ein (Fig. 4), die Kerne buckeln nur die Kontour der Faser vor. Ganz ohne Veränderung der Faser geht es aber bei dieser Kernwucherung nie ab. Die Stelle der stärksten Auftreibung der Faser entspricht dem Ort der größten Wachsthumsenergie. Eine Faser besitzt immer nur einen solchen Ort, ich hebe das ausdrücklich zum Unterschied von der zweiten Gruppe hervor. Liegen zwei Fasern der ersten Gruppe dicht neben einander, so liegt nicht Anschwellung neben Anschwellung, sondern die Fasern legen sich mit ihren spindelförmigen Anschwellungen ähnlich wie zwei glatte Muskelzellen an einander.

Die Querstreifung ist stets deutlich, verliert sich nur oder ist nicht nachweisbar am Ort der größten Wachsthumsenergie. In den meisten Fällen zeichnet sie sich durch ein breites dunkles Querband aus. Die Verbreiterung kommt hauptsächlich auf Rechnung des Hensen'schen Zwischenstreifens, derselbe sitzt aber nicht genau in der Mitte des dunklen Querbandes, sondern ganz regelmäßig immer mehr nach der einen Seite, so dass man bei oberflächlicher Betrachtung den Eindruck gewinnt, als ob auf ein dickeres dunkles Querband regelmäßig ein dünneres folge.

Die Mantelschicht ist vollkommen durchsichtig, an isolirten Fasern sieht man mit Leichtigkeit die Mantel- und Achsenkerne durch dieselbe hindurch. Die Faser selbst färbt sich ein wenig stärker als ihre benachbarten Fasern, der Farbton bleibt aber genau derselbe.

Die Fasern zeichnen sich häufig durch eine mehr isolirte Lage aus,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

man findet sie in Querschnitten nicht selten an der Grenze eines sekundären Muskelbündels gelagert. Doch kommen sie auch mitten zwischen anderen Fasern vor. Sie mögen aber liegen wie sie wollen, sie sind von ihren Nachbarfasern stets scharf durch eine Scheide aus embryonalem Bindegewebe abgegrenzt. Die Scheide liegt der Faser bald unmittelbar an, bald steht sie von ihr ab. Sie besteht aus einem äußerst kernreichen Bindegewebe, das viele weite Kapillaren führt. Durch diesen Kernreichthum fällt sie sofort ins Auge. Die Scheide erstreckt sich bis an das Ende der Muskelfaser. Entsprechend der Stelle der größten Wachsthumsenergie ist auch die Scheide oft um das Zwei- bis Dreifache verdickt, besonders reich an Kapillaren und Kernen. Die Kernanhäufung in der Scheide kann an dieser Stelle eine so reiche werden, dass an ungünstig ausgefallenen Schnitten die Faser und ihre Kernreihen von den Kernen der Scheide fast vollständig überdeckt wird. Die Scheide ist es, welche der Isolation fast unüberwindliche Hindernisse in den Weg legt. Man sieht beim Isoliren zunächst weiter nichts als eine dichte Bindegewebsmasse, in deren Mitte man nur mühsam Muskelfaserstücke erkennen kann. Das Netz der Fasern ist ein so dichtes, der Zusammenhang ein so kräftiger, dass die isolirende Nadel eher die Muskelfaser im Inneren zerstört, als dass sie eine Lücke in die Scheide reißt. Man kann die Faser gewöhnlich nur isoliren, wenn man die Scheide an einer Stelle einschneidet, dann lässt sich die Faser spielend leicht herauswälzen, ein irgendwie festerer Zusammenhang zwischen der Faser und der Scheide existirt also nicht. Ihre Anwesenheit ist gerade bei der Isolation das in die Augen Springendste.

Ein Nerv lässt sich öfters in der Nähe auffinden. Ich habe aber unter den vielen untersuchten Fasern dieser Gruppe nur sehr selten einen Nerv in Zusammenhang mit der Weismann'schen Faser nachweisen können. Fig. 9 zeigt noch eines der besten Bilder. Der Nerv war noch vollkommen marklos, hatte eine sehr kernreiche weit abstehende Scheide, die mit der Scheide der Faser genau am Ort der größten Wachsthumsenergie in Zusammenhang stand. Es steht daher zu vermuthen, dass der Ort der stärksten Kernanhäufung der Nervenendigung in der Faser entspricht.

Zwischen den einzelnen Kernreihen der Faser lassen sich Spalten nachweisen. Dieser Nachweis ist stets mit äußerster Vorsicht zu führen, da Täuschungen sehr leicht unterlaufen. Wenn ein Schnitt, wie ihn z. B. Fig. 8 darstellt, auf der einen Seite den Mantel, auf der anderen den centralen Hohlraum schneidet, so erhält man frappante Bilder, man sieht mit vollster Deutlichkeit, wie sich eine breite Faser in zwei schmälere spaltet. Ist der centrale Hohlraum schon ziemlich verengt,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wird das Bild noch täuschender. Schon der Umstand, dass jede Kernvermehrung fehlt, dass in regelmäßigen Abständen Kerne, die alle Charaktere von Muskelkernen besitzen, zwischen den gespaltenen Fasern lagern, muss diese Bilder bedenklich erscheinen lassen. Andererseits kann man durch verschiedene Einstellung des Tubus sich leicht einen optischen Längsschnitt herstellen, die Ränder erscheinen dann dunkel, die Mitte — dem centralen Hohlraum entsprechend — heller, man erhält so auch das Bild einer Spalte. Ranvier[1] beschreibt eine einfache Längsspaltung junger Muskelfasern, bei der die in der Achse gelegenen Kerne frei werden, ich glaube diese Längsspaltung auf eine solche Täuschung zurückführen zu müssen. Spalten, die so laufen, dass ihre Verlängerung gerade auf einen Kern zuführt, sind immer mit Vorsicht aufzufassen. Die Spalten können überall liegen, selbst am Ende und am Ort der stärksten Kernanhäufung, am häufigsten finden sie sich an der Stelle, wo sich die spindelförmige Anschwellung der Muskelfaser verliert.

Ziemliche Schwierigkeiten bereitet die Aufsuchung dieser Bilder auf Querschnitten. Wir haben den Querschnitt einer quergestreiften Mantelschicht, welche ziemlich viel Mantelkerne enthält, zu erwarten. In Folge der Erweiterung der ganzen Faser wird die Mantelschicht ungemein schmal erscheinen. Dies im Verein mit der quergeschnittenen Scheide könnte Bildern sehr nahe kommen, wie sie quergeschnittene Kapillaren mit stärkerer Adventitia darbieten, die vereinzelte Blutkörperchen einschließen. Hier kann oft nur die Serie Aufschluss geben und sichere Schlüsse gestatten. In Folge ihrer etwas isolirteren Lage, ihrer stärkeren Tingirung lässt sich die Faser durch eine Reihe von Schnitten leicht verfolgen, da die Scheide bleibt, auch wenn man bereits über die Stelle der stärksten Kernanhäufung hinweg ist. Schon der eine Umstand, dass man die Querschnitte durch 30—40 Schnitte und mehr immer wieder unverändert verfolgen kann, spricht gegen die Annahme eines Gefäßquerschnittes. Die Schnittdicke betrug in dem angeführten Falle 15 μ, es hätte sich somit bei einer Länge von 450—600 μ sicher ein abgehender Seitenast erwarten lassen, entsprechend den ziemlich engen Maschen eines Muskelkapillarnetzes. Allein gewöhnlich lässt sich der Querschnitt mit aller Bestimmtheit so weit verfolgen, bis alle Charaktere des gewöhnlichen Muskelfaserquerschnittes auftreten. Fig. 6 stellt den Querschnitt einer solchen Faser etwas hinter der Stelle der größten Wachsthumsenergie dar (*a*). Die umliegenden Fasern sind alle noch hohl, die Mantelschicht ungemein

[1] Ranvier, Lehrbuch der techn. Histol.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schmal. Der Querschnitt trifft vier Kerne in der Mantelschicht, dieselbe ist nur an einer Stelle (*a*) als ein schmaler Saum zu sehen, die Kerne springen stark gegen den centralen Hohlraum vor. Die Scheide erweist sich leicht koncentrisch geschichtet.

Diese Gruppe von Kernreihenfasern, die ich[1] bei Gelegenheit des letzten Anatomenkongresses demonstriren konnte, ist bereits von Weismann ausführlich aus Froschmuskeln beschrieben worden. Ich werde sie desshalb — um nicht jedes Mal wieder die ganze Summe von Charakteren aufzählen zu müssen — die Weismann'sche Faser nennen.

Ehe ich auf die weiteren Schicksale der Weismann'schen Faser eingehe, möchte ich erst ihre Entwicklung besprechen. Zwischen den eben beschriebenen und den kernreihenlosen Fasern lassen sich gewöhnlich aus demselben Muskel alle Übergangszustände auffinden. Man kann somit leicht eine Entwicklungsreihe der Weismann'schen Faser zusammenstellen.

Die erste Übergangsstufe zeigt Fig. 1. Die Faser ist gegen die in der Umgebung liegenden Fasern leicht verbreitert, etwas intensiver gefärbt, trägt die oben beschriebene Veränderung in der Querstreifung und zeigt an verschiedenen Stellen eine geringe Kernvermehrung. Die Kerne sind zum Theil auffallend groß, tragen aber alle Charaktere von Muskelkernen. Im Bild ist eine Stelle ausgelassen, um eine beginnende Reihenbildung aus einer weiter nach rechts gelegenen Stelle mitzeichnen zu können. Während die Kernvermehrung eben erst im Gange ist, sich höchstens bis zu acht Kernen hinter einander in einer Reihe finden, ist bereits eine ziemlich mächtige Scheide ausgebildet. Dieselbe grenzt sich gegen das übrige Bindegewebe, das zwischen den einzelnen Nachbarfasern liegt, nicht scharf ab. Daraus, dass die Scheide eine bereits mit einem Sarkolemma versehene Faser umhüllt, geht wohl am besten hervor, dass sie mit dem Sarkolemma selbst nichts zu thun hat. Ich werde später noch auf die für den Nachweis einer Neubildung durch Längstheilung einer Faser außerordentlich günstige Anwesenheit einer Scheide zurückkommen, hier möchte ich nur hervorheben, dass um eine Muskelfaser sich eine solche Scheide vorfindet. Der Bau ist der gleiche wie der oben beschriebene. Eine Stelle der Scheide ist bereits stark verdickt, kernreicher und gefäßreicher, sie entspricht der bereits oben erwähnten Verdickung entsprechend dem Orte der stärksten Wachsthumsenergie. Es ist also bereits durch den Bau der Scheide — zu einer Zeit, wo von

[1] Felix, Anat. Anzeiger 1888. (Bericht über den zweiten Anatomenkongress.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

irgend welcher regeren Kernvermehrung kaum die Rede sein kann — der Ort der späteren stärksten Kernvermehrung im Voraus gegeben. Die Stelle in der Scheide selbst kann verschieden liegen, selbst ganz dicht am Übergang der Muskelfaser in die Sehne. In Fig. 2 haben sich bereits längere Reihen ausgebildet am unteren Rande und in der Mitte, am anderen Rande scheint sich eine Reihe zu ordnen. Die Reihen sind nur auf kurze Strecken vollständig, nach links ist nur eine unregelmäßige Lagerung der Kerne zu erkennen. Die beiden ausgebildeten Reihen sind aber auch nicht gleich, während die Faser (*a*) bereits runde dicht gedrängte und in einander gekeilte Kerne besitzt, hat die nächste Reihe (*b*) noch langgestreckte, der Längsachse der Muskelfaser parallel verlaufende Kerne in annähernd gleichen Abständen. Die Kernreihen brauchen sich also nicht gleichzeitig zu bilden, sie können nach einander auftreten. Irgend welche Anschwellung ist an der Faser nicht zu sehen.

Während die Ausbildung der einzelnen Reihen vor sich geht, bildet sich allmählich der Ort der größten Wachsthumsenergie aus. Es wurde bereits oben erwähnt, dass bei hohlen Fasern die ausgebildeten Kernreihen in der Mantelzone lägen. In dieser selbst findet man bei kernreihenlosen Fasern nur selten Kerne. Es ist kaum denkbar, dass die bedeutende Anzahl von Kernen bloß auf Vermehrung dieser wenigen Mantelkerne zurückzuführen sei. In der That findet auch während der Ausbildung der Reihen eine lebhafte Vermehrung der Achsenkerne statt. Wir finden sie zu sechs und mehr dicht an einander gereiht oder in kurzen Abständen von einander liegen, während sonst der Abstand zwischen ihnen nie unter 13 μ sinkt. In der unveränderten Muskelfaser pflegt der Achsenkern in seiner ganzen Peripherie der Mantelzone anzuliegen, sie sogar an dieser Stelle etwas zu verschmälern oder leicht vorzubuchten. Durch die bei der Ausbildung der Weismann'schen Faser stattfindende Erweiterung des centralen Hohlraumes kommt der Achsenkern nur noch an einer Stelle der Mantelschicht anzuliegen. Der Hohlraum kann so erweitert werden, dass zwei Kerne neben einander Platz fänden. An dieser Stelle verbreitert sich die Mantelschicht etwas, so dass der Kern wie auf einem Polster aufruht. Durch die weitere Ablagerung von Fibrillen nach innen gegen den centralen Hohlraum zu scheinen die Kerne nach und nach in die Mantelschicht einbezogen und somit zu Mantelkernen zu werden. Fig. 8 zeigt bei *c* und *d* solche Stellen. Ob auf diese Weise sämmtliche Mantelkerne aus Achsenkernen entstehen, kann nicht mit Bestimmtheit behauptet werden, man findet bereits Mantelkerne in Fasern, die keine Spur von Kernvermehrung zeigen, allerdings in verschwindend kleiner

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zahl. Die Einwanderung der Achsenkerne scheint namentlich in der allerersten Zeit vor sich zu gehen, wenigstens findet man in dieser Zeit am häufigsten Bilder, wie sie Fig. 8 wiedergiebt. Mit dieser Wanderung erschöpft sich aber die Zahl der Achsenkerne nicht, es finden sich stets noch Kerne im centralen Hohlraum, auch wenn längst die Kernreihe ausgebildet ist. Am Ort der größten Wachsthumsenergie ist über die Zugehörigkeit der Kerne schwer zu entscheiden, eben so wie die Faserkontour nach außen vorgedrängt wird, wird auch die Kontour gegen den centralen Hohlraum vorgeschoben. Die Faser erscheint gänzlich mit Kernen ausgefüllt, so dass von einem Hohlraum überhaupt nichts mehr sichtbar wird, man kann desswegen an dieser Stelle zwischen Achsen- und Mantelkernen keine Trennung mehr machen. Ob die dritte Art der Kerne, die kontourvorbuchtenden Kerne Born's irgendwie Antheil an der allgemeinen Kernvermehrung nehmen, ist schwer zu sagen. Die Scheide mit ihren zahlreichen Kernen liegt oft so dicht an, dass man nicht entscheiden kann, ob ein Kern noch zur Muskelfaser oder bereits zur Scheide gehört. So ist über die drei Kerne bei *a* in Fig. 1 schwer Aufschluss zu geben.

Sobald die Kernreihen ausgebildet sind, grenzen sich die späteren Tochterfasern schon deutlich ab, man sieht sie als dunklere Stränge in der Mutterfaser liegen, zwischen ihnen ist aber die blasse Kontour der Mutterfaser noch deutlich. Es scheint, als ob die Kernreihen gleichsam eine Anziehung ausübten, dass sich die quergestreifte Mantelschicht um sie herum gruppirt. Dabei ist die Mantelschicht um die Kerne herum so ungemein dünn, dass man ihre Existenz auf Querschnitten erst, wenn der Schnitt zwischen zwei Kernen der Reihe gefallen ist, sicher nachweisen kann. In dieser Zeit verliert auch die Mantelschicht der Mutterfaser den dunkleren Ton, wodurch die sich abgrenzenden Tochterfasern noch deutlicher hervortreten. Alle diese Verhältnisse sind um so deutlicher, je jünger die Faser ist. Die Spalten treten schon während der Ausbildung der Kernreihen auf, sie sind zunächst nur auf kurze Strecken sichtbar. An in stark aufhellenden Flüssigkeiten eingeschlossenen Präparaten sind sie oft nur sehr schwer zu sehen, während sie in Wasser untersucht sich scharf gegen die dunkle Kontour der Fasern abheben. Die Spalten verbinden sich unter einander, mit ihrer Verbindung ist die Neubildung zu Ende geführt.

Gegen die Spalten ließe sich ein Einwand erheben, wie er mir in der That bei Gelegenheit des Anatomenkongresses von geschätzter Seite gemacht wurde. Die Lücken sollen nicht Spalten einer Faser darstellen, sondern dadurch hervorgerufen sein, dass mehrere Fasern dicht gedrängt zusammenliegen und nur an dieser Stelle ihre Vielheit kund

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

geben; die Täuschung soll noch unterstützt werden durch die starke Aufhellung des Lackes, in dem die Präparate eingeschlossen waren. Der Einwand erscheint auf den ersten Blick nicht unberechtigt. Man kann sich nun zunächst an Stellen, wo der Schnitt die Muskelfaser schief abgeschnitten hat, überzeugen, dass die Kernreihen in einer Muskelfaser liegen, man kann ferner eine solche Faser aus dem Schnitt isoliren und sich gleichfalls von der Einheit des Gebildes überzeugen. Ferner ist es fast undenkbar, wie ein Kern zwei Reihen angehören kann, wenn die Reihen in getrennten Fasern liegen; Querschnitte lehren das Gleiche. Das beste Kriterium bildet aber die Scheide. Wir sehen dieselbe um eine gegen die Nachbarfasern wenig veränderte Muskelfaser herumgelegt. An einer solchen Faser ist leicht durch alle die oben angegebenen Untersuchungsmethoden die Einheit des Gebildes zu konstatiren. Wir finden die Scheide wieder, wie sie eine Faser mit mehreren Kernreihen umgiebt, wir sehen sie um eine Faser, in der Spalten auftreten, und endlich finden wir in ihr, sei es durch Isolation, sei es auf dem Querschnitt, zwei bis vier dünnere Fasern mit Kernreihen. Wenn wir am Anfang der Entwicklung die intakte Faser, am Ende derselben mehrere dünne Fasern in der Scheide vorfinden, dazwischen alle Übergänge, so müssen wir letztere aus ersterer hervorgegangen ansehen; die Spalten bestehen zu Recht. Alle Fasern, die wir in einer bindegewebigen Scheide von den übrigen Muskelfasern geschieden antreffen, sind in letzter Linie aus einer einzigen Faser hervorgegangen. Die Spalten selbst brauchen ja auch nur die ganz dünne Mantelschicht zu durchbrechen, die Dehnung derselben kommt der Spaltbildung gleichsam entgegen. In der frühesten Zeit, in welcher der quergestreifte Mantel kein vollständiger ist, bedürfen wir schließlich der Spalten gar nicht. Ein Hineinwuchern der kernhaltigen Scheide in die Muskelfaser und eine dadurch hervorgerufene Theilung derselben, wie sie Neumann bei pathologischer Regeneration beschreibt, habe ich an meinen Präparaten nicht sehen können.

Durch die unter einander in Verbindung tretenden Spalten zerfällt die Weismann'sche Faser in einzelne Tochterfasern. Die Zahl der Tochterfasern entspricht der Anzahl der vorhandenen Kernreihen. Doch braucht die Mutterfaser nicht sofort in sämmtliche Tochterfasern zu zerfallen. Eine Tochterfaser enthält häufig noch zwei Kernreihen, diese würde der sekundären Mutterfaser Weismann's entsprechen. Weismann lässt dasjenige Stück seiner Mutterfaser, das die Kernreihe oder die Reihen enthält, zu Grunde gehen. Er stützt seine Behauptung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auf den Befund junger Muskelfaserbündel, die er noch an einer Stelle durch eine körnige Masse zusammengehalten sieht, die aber keine Spur mehr einer Kernreihe zeigen. Schon Aeby wendet gegen das Zugrundegehen der Kernreihen ein, dass dies eine sehr auffallende und unerklärliche Thatsache wäre, sonst bilde der Kern den Mittelpunkt des Theilungsprocesses, hier vermehre er sich ganz außerordentlich, um nachher zu Grabe getragen zu werden. Kernreihenbildungen an zu Grunde gehenden Fasern sind nichts Auffallendes, sie finden sich in der Litteratur der Pathologie des Muskelsystems sehr häufig erwähnt. Es antwortet eben die Muskelfaser auf den ausgeübten Reiz zunächst mit einer Kernvermehrung. Es geht aber dann die ganze Faser zu Grunde, nicht bloß ein Stück derselben. Bei dem Menschen liegen die Spalten stets so, dass stets eine Kernreihe in die Tochterfaser zu liegen kommt. Eine Randabspaltung einer kernreihenlosen bandartigen Faser, wie sie Weismann beschreibt, kommt beim Menschen nicht vor. Es ist eine einfache Zertheilung der Muskelfaser, nur dass die einzelnen Theilstücke nicht gleichzeitig abgetrennt werden. Die Tochterfasern zeichnen sich durch leicht gewellten Verlauf und breite Querstreifung aus. Die einzelnen Tochterfasern sind verschieden dick, ein Unterschied, der oft mit der Zeit noch stärker wird, da manche von den Tochterfasern gegen die übrigen im Wachsthum zurückbleiben. Ob die Summe der Tochterfasern die gesammte Substanz der Mutterfaser repräsentirt, lässt sich schwer entscheiden, die Frage hängt eng mit der anderen zusammen, was eventuell aus nicht mit in die Tochterfasern einbezogenen Streifen der Mutterfaser wird? Wenn die Kernreihen sich nicht über die ganze Peripherie vertheilen, sondern nur an der einen Seite, so bleibt ein ziemlich breiter Streifen zurück. Derselbe scheint dem Untergang anheimzufallen, wenigstens sah ich einmal neben den Kernreihen den übrigen Theil der Muskelfaser in scholligem Zerfall. Eben so unsicher ist das Schicksal der Achsenkerne, die bei der Zertheilung der Weismann'schen Faser frei werden. Dass Achsenkerne frei werden, unterliegt keinem Zweifel, man findet auch an Querschnitten zwischen den einzelnen Faserquerschnitten zahlreiche Kerne liegen (Fig. 7). Eine Tochterfaser kann nach der Zertheilung am Ort der größten Wachsthumsenergie noch neue Kerne bilden. Da die Massenzunahme der Faser nicht gleichen Schritt mit der Kernvermehrung hält, kommt es zu einer starken Auftreibung, die oft das Vier- bis Fünffache der sonstigen Faserdicke beträgt. In einer Tochterfaser können sich im Anschluss an die schon bestehende Reihe neue, gewöhnlich nur eine, Reihen bilden. Es betrifft das gewöhnlich die stärkste Tochterfaser, die gleichsam nachholt, was eigentlich Sache der Mutter-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

faser gewesen wäre. So kann es kommen, dass man in einer Scheide sechs und mehr junge kernhaltige Fasern antrifft. Die sechs jungen Fasern sind aber nicht gleichzeitig aus einer Mutterfaser gebildet, sondern nach einander, da ich nie mehr als vier Reihen in einer Mutterfaser antraf. Während der Zerspaltung, während des Wachsthums der jungen Fasern und ihrer neuen Zerspaltung hat auch die Scheide an Ausbildung gewonnen, ihre bereits früh angedeutete koncentrische Schichtung hat sich zu förmlichen Lamellensystemen entwickelt, die zwischen sich Kerne fassend, in regelmäßigen Touren die jungen Muskelfasern umkreisen. So erhält man die auf dem Querschnitt ziemlich unverständlichen Bilder, wo vier, sechs und mehr Muskelfaserquerschnitte durch eine dicke koncentrische Scheide gegen die übrigen Faserquerschnitte scharf abgegrenzt werden.

Damit knüpfen wir an bereits bekannte Bilder an. Fränkel[1] beschreibt diese Bilder, die bereits von Eisenlohr[2] erwähnt sind, aus den Muskeln von Phthisikern, bezeichnet sie als umschriebene Degenerationsstellen, obgleich er sie auch am normalen Muskel fand. Da er nicht recht mit ihnen fertig zu werden weiß, nennt er sie »umschnürte Bündel«. Der Ansicht Fränkel's, was die Deutung als pathologischen Process betrifft, schließt sich v. Milbacher[3] an, während Babinski[4] die Deutung als Degeneration bestehen lässt, dieselbe aber als eine physiologische auffasst. Golgi[5] und Roth[6] (letzterer hat wieder einen besonderen Namen, »neuromuskuläre Stämmchen«) fassen diese Bildungen als eine rein physiologische auf, wissen aber auch nicht recht, was mit ihnen anfangen? Den Gedanken, dass es sich eventuell um Entwicklungsstufen handelt, haben sie allerdings gestreift. Kerschner[7] endlich, der Letzte, der sich mit diesen Gebilden beschäftigt hat, beschreibt sie als ein komplicirtes sensibles Endorgan; auch er führt eine Reihe neuer Namen für diese Gebilde ein.

Nachdem ich mit Bestimmtheit nachweisen konnte, dass aus einer Muskelfaser durch fortgesetzte Theilung sechs und mehr junge Muskelfasern entstehen können, die alle in einer Scheide liegen, die bereits die Mutterfaser umgeben hat, ist, glaube ich, in dem Neubildungs-

[1] Fränkel, Virchow's Archiv. Bd. LXXIII.

[2] Eisenlohr, Tageblatt der 50. Versammlung deutscher Naturforscher u. Ärzte. Hamburg 1876.

[3] v. Milbacher, Beitr. zur Pathol. des quergestr. Muskels. Diss. inaug. Leipzig 1881.

[4] Babinski, Compt. rend. hebdom. de la société de biologie. 1886.

[5] Golgi, Annali universali di medicina. 1880.

[6] Roth, Med. Centralblatt. 1887.

[7] Kerschner, Anatom. Anzeiger. 1888. 4. und 5. Heft.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

process die einfachste Erklärung für diese vielumstrittenen Muskelbündelchen gegeben. Gerade die Scheide, die zu erklären die Hauptschwierigkeit war, und die immer wieder den Anlass zu einer neuen besonderen Deutung geben musste, ist aus der oben beschriebenen Entwicklungsreihe leicht zu deuten. Achtet man bei Embryonen auf diese Gebilde, so findet man nicht nur 3, 4, 6, sondern bis zu 20 Muskelfaserquerschnitte in einer solchen Scheide liegen. Die Erklärung der wachsenden Zahl hat keine Schwierigkeit, je mehr Fasern, um so öfter haben sich die Tochterfasern wieder getheilt. Gewöhnlich tragen fast sämmtliche dieser jungen Fasern Kernreihen. Nur wenn die Faserzahl sich der 20 nähert, verschwinden die Kernreihen allmählich. Mit diesem Schwund geht Hand in Hand eine bedeutende Dickenzunahme dieser jungen Fasern. Die Kerne liegen auch nicht mehr in der Mitte des Querschnittes, sondern rücken gegen die Peripherie. Verfolgt man ein solches Muskelbündelchen, das bis zu 20 Fasern in einer Scheide enthält, auf einer Querschnittsserie, so sieht man allmählich die Scheide verschwinden und unmerklich an ihre Stelle das gewöhnliche Perimysium internum treten. Die Fasern werden dadurch frei und unterscheiden sich in nichts von ihren Nachbarfasern. Durchmesser der Faser, Größe und Lage der Kerne, Alles ist gleich. Man würde auf die Fasern gar nicht achten, wenn man sie nicht in der Scheide bis zu dem Punkt verfolgt hätte. Es kann also ein solches Bündel allmählich im Laufe der Entwicklung seine Besonderheiten verlieren, dieselben stellen nur einen vorübergehenden Entwicklungszustand dar und repräsentiren nichts Bleibendes. Das spricht wohl ganz entschieden gegen alle komplicirteren Deutungen und sehr für den einfachen Wachsthums- resp. Theilungsprocess.

Die Weismann'sche Faser vermisste ich in keinem der untersuchten Muskeln, waren es auch oft nur zwei oder drei Fasern, die sich in einem Muskel fanden. Die höchste Zahl zählte ich im Biceps eines viermonatlichen Embryo, wo sich die stattliche Anzahl von 79 Weismann'schen Fasern vorfand. Was das Alter anbetrifft, in dem sie vorkommen, so reichten bei meiner damaligen Veröffentlichung die Untersuchungen nur bis zu Embryonen der 36. Woche. Dem kann ich hinzufügen, dass ich die Weismann'sche Faser außer bei Neugeborenen in den Muskeln eines vierjährigen Knaben auffand. Vor dem 4. Monat habe ich die Weismann'schen Fasern nicht gefunden. Ich hatte allerdings nur einen $2^1/_2$ monatlichen Embryo zur Verfügung, der keine Weismann'sche Faser in seinen Muskeln besaß, Zwischenglieder bis zum 4. Monat fehlten mir. An Mäusen, bei denen die Scheide schwächer entwickelt ist, fand

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ich sie bei Individuen von 4,5 und 6,5 cm Länge. Kerschner, Golgi und Roth fanden ihre Gebilde bei den meisten Säugethieren und bei dem Menschen bis zum höchsten Greisenalter (Kerschner). Da ich den Zusammenhang dieser Gebilde mit dem Neubildungsprocess nach Weismann festgestellt habe, glaube ich die Beobachtungen dieser Autoren meinen eigenen spärlichen Beobachtungen anreihen zu dürfen.

Von anderen mehr zufällig gefundenen Thatsachen möchte ich noch folgende anfügen: C. O. Weber fand in gesunden Muskeln menschlicher Leichen »jene eigenthümlichen kernreichen Anschwellungen, welche Kühne als Muskelspindel bezeichnet hat«. Munk[1] fand in den Brustmuskeln einer erwachsenen Taube Theilungen der Faser vor. Auffallend sind allerdings seine Angaben über die vorhandenen Kernreihen. Die Muskelfaser soll konstant eine einzige Längsreihe von Kernen im Inneren besitzen, die gerade an der Spitze des Theilungswinkels endigt, beide Tochterfasern zeigen die Kerne aber nur an der Innenseite des Sarkolemmas. Kühne[2] beschreibt Spaltungen in den Muskelfasern weißer Mäuse. Ich selbst[3] habe eine zerspaltene Faser aus dem Sartorius eines erwachsenen Menschen beschrieben. Die willkommenste Bestätigung bringen aber die Beobachtungen Buhl's. Buhl untersucht das Recidiv eines schnell wachsenden Rhabdomyoms des Menschen. Er findet gleich Weber schmale Muskelfasern, die er aber an dem einen Ende in Zusammenhang mit einer dickeren Faser sieht. Er schließt daraus auf eine Theilung der gröberen Fasern. Dieselbe wird nach ihm dadurch eingeleitet, dass nicht nur behufs Längenwachsthums Quertheilungen des Kernes in üppiger Weise eintreten, sondern auch einzelne der Kerne eine Längstheilung eingehen, wodurch die entstandenen Doppelkerne der Quere nach in der Faser gelagert werden und sich ebenfalls immer mehr von einander entfernen. Da wo die Kernwucherung sehr reichlich ist, Quer- und Längstheilungen der Kerne stattfinden, da bilden sich oft doppelte und dreifache Reihen und Anfänge neuer Zwischenreihen, dass ein scheinbarer Wirrwarr in der Lagerung der Kerne hervorgebracht wird. Es sind dies jene Stellen, welche Billroth[4] als Varikositäten des Muskelbündels beschreibt. Das Zusammenfallen des häufigen Auftretens dieser Bilder, die sich nach der Beschreibung in nichts von den von mir gefundenen unterscheiden und des raschen Wachsthums ist wohl bezeichnend für die Aufgabe dieser Kernreihenfasern.

[1] Munk, Göttinger Nachrichten. 1858.
[2] Kühne, Virchow's Archiv. Bd. XXVIII.
[3] Felix, Festschrift für A. v. Kölliker. Leipzig 1886.
[4] Billroth, Virchow's Archiv. Bd. VIII.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ich glaube kaum, dass hier Jemand in den Gebilden besondere Organe, sei es sensibler oder anderer Natur, erkennen würde.

Dass ein Spaltungsprocess in der Muskelfaser auch eine Theilung der Nervenendigung nothwendigerweise zur Folge haben muss, ist klar. Diese Folgerung macht uns die Bilder verständlich, wie sie zuerst von Kölliker [1], dann von Kühne [2] als Muskelspindeln beschrieben wurden. Wie diese Theilung zu Stande kommt, das zu untersuchen ist Aufgabe einer besonderen Arbeit, ich kann nur hier in so fern auf die Muskelspindeln eingehen, als ich ihren Zusammenhang mit den Weismann-schen Fasern nachweise. Schon Kölliker [3], der Einzige, der die Längsspaltung einer Muskelfaser festhält, glaubt seine eigenthümlichen Nervenknäuel durch diesen Befund erklärt, sie erscheinen nach ihm als Wucherungen der Nervenfaser der ursprünglichen Muskelfaser, welche gleichzeitig mit der Theilung derselben sich anschickt, auch allen den Theilfasern ihre Nervenenden zukommen zu lassen. Ein Theil der zahlreichen rundlichen Kerne dieser Stelle soll den Nervenenden angehören. In ähnlichem Sinne äußert sich Krause [4], während Ranvier [5] die Frage unentschieden lässt. Kerschner [6] sucht den Nachweis zu führen, dass die Muskelspindeln identisch mit den neuromuskulären Bündelchen Roth's sind. Bremer [7] hält die Fasern der Muskelspindel für noch unversorgt, erst durch das Herantreten des Nerven, dessen trophische (!) Fasern einen besonderen Einfluss auf die Muskelfasern ausüben sollen, werden die Kernreihen in den Fasern gebildet. Für diese Deutung fehlt Bremer jeder Thatbestand, der Weg ist gerade der umgekehrte. Mays [8] beschäftigt sich mit der topographischen Lage der Muskelspindel in den Muskeln des Frosches. Er findet dieselbe ziemlich gut fixirt, es liegt regelmäßig eine Spindel an der Stelle des Nerveneintrittes, die übrigen an sonst nervenfreien Stellen. Aus dieser für alle Muskeln ziemlich regelmäßig wiederkehrenden Lage zieht er den Schluss, dass es sich hier um besondere, vielleicht sensible Organe des Muskels handeln könne. Ich kann zunächst die bestimmte Lage nicht zugeben, ich fand die Spindeln in dem Brusthautmuskel des Frosches oft in der Mitte der Nervenendverästigung, dann aber auch ganz am Ende des Muskels am Übergang in die Haut liegen. Beim

1 Kölliker, Diese Zeitschr. Bd. XII.
2 Kühne, Virchow's Archiv. Bd. XXVIII.
3 Kölliker, Gewebelehre. 1867. p. 174.
4 Krause, Handbuch der Anatomie. Bd. I.
5 Ranvier, Leçons sur le système nerveux.
6 Kerschner, Anatom. Anzeiger. 1888. 10. Heft.
7 Bremer, Archiv für mikr. Anatomie. Bd. XXII.
8 Mays, Zeitschr. für Biologie. Bd. XX.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Menschen ist die Übereinstimmung der Weismann'schen Faser mit den Bildern von der Muskelspindel eine ziemlich weitgehende. Vor allen Dingen möchte ich auch hier wieder Werth auf die Scheide legen, mit der ich allerdings nur selten einen Nerven in Zusammenhang sah. Der Nerv trug aber regelmäßig alle Charaktere, die man sonst einem Spindelnerven zuschreibt, die weit abstehende kernreiche Scheide, den bogenförmigen Verlauf gegen die Muskelfaser. Da ich keine goldgefärbten Präparate zur Verfügung hatte, war es überhaupt sehr schwer sich von der Gegenwart eines Nerven zu überzeugen, es gelang dies nur an sehr günstig gefallenen Schnitten. Ferner möchte ich hervorheben die Kernreihen in den jungen Fasern, die zahlreichen Kerne zwischen den einzelnen Fasern, die sicher nur zum Theil der Nervenendigung angehören, der andere Theil sind frei gewordene Achsenkerne. Die besondere Deutung dieser Gebilde ist bereits durch das weiter oben Gesagte widerlegt.

2. Gruppe.

Diese Fasern besitzen sämmtlich nur eine Kernreihe. Die Kernreihen finden sich nur auf kürzere Strecken einer Muskelfaser, sie können aber zu mehreren dicht hinter einander vorkommen, durch längere oder kürzere völlig unveränderte Strecken der Muskelfaser von einander getrennt. Die Kernreihen verlieren sich nicht allmählich, sondern hören ganz plötzlich auf. Die Kerne stehen sämmtlich quer zur Längsachse (Ausnahmen sind ganz selten) der Muskelfaser. Sie färben sich in Karmin oder Hämatoxylin auffallend dunkel, die Kontour ist scharf, aber keine glatte, sie ist stets mit kleinen Zacken besetzt. Die Form der Kerne wechselt nicht sehr, sie sind stets gleich groß, nehmen bald Linsen-, bald Napf-, bald Keilform an. Die Länge und Breite der Kerne bleibt sich durch die ganze Reihe hindurch gleich. Die Abstände zwischen den einzelnen Kernen sind unbedeutend, sie schwanken zwischen 2—4 μ, oft sind die Kerne auch eng bis zur Berührung an einander gereiht. Die dicht gereihten Kerne liegen an verschiedenen Stellen der Kernreihe. Ob die Kerne in Abständen von einander stehen, ob sie dicht gereiht sind, die Form wird durch die Anordnung nicht beeinflusst, wir finden unter den dicht gereihten Kernen genau dieselben Formen wie an Stellen, wo die Kerne weiter aus einander stehen. Von irgend welcher Druckwirkung auf die Form kann daher nicht die Rede sein, man kann wohl von einer Aneinanderreihung, nicht aber Aneinanderpressung reden, wie es bei der ersten Gruppe der Fall war. Die ganze Reihe macht einen mehr gleichmäßigen Eindruck. Die Kerne liegen stets im centralen Hohlraum,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sind also Achsenkerne. Die Weite des centralen Hohlraumes ist eine verschiedene, dieselbe kann so zunehmen, dass trotz der Querstellung die Kerne auf keiner Seite die Mantelschicht berühren. Dadurch erhält die Reihe einen gewissen Spielraum, sie läuft in diesem weiten Hohlraum selten gerade, sondern in Bogen bald mehr die eine, bald mehr die andere Seite berührend. Diese weiten Hohlräume fanden sich nur bei dem $2^1/_2$ monatlichen Embryo, erreichten aber hier den stattlichen Durchmesser von 15 und mehr Mikra. Mit zunehmendem Alter werden die Hohlräume enger, so dass die Mantelschicht zwischen zwei Kernen sich gegen den centralen Hohlraum vordrängt. An der Stelle der Kernreihe ist die Muskelfaser verbreitert, der Übergang in die erweiterte Stelle ist ein plötzlicher. Die Verbreiterung selbst ist eine gleichmäßige, die Kontour eine glatte, die Faser erscheint walzenförmig verdickt. Liegen mehrere Fasern desselben Bündels neben einander, so haben sie die Verbreiterung meist sämmtlich an derselben Stelle, das Bündel erscheint dann an den Kernreihenstellen über doppelt so dick wie an den unveränderten Stellen. Die Mantelschicht erscheint bei älteren Embryonen homogen, sehr selten und dann nur an ganz eng umschriebenen Stellen leicht quergestreift. Bei jüngeren Embryonen unter vier Monaten ist die Mantelschicht deutlich längsgestreift. Sie ist selbst an Fasern, wo sie nur in ganz dünner Lage vorhanden ist, sehr undurchsichtig und besitzt einen eigenthümlichen Glanz. Während sich an Schnitten die Kerne intensiv gefärbt erweisen, sieht man sie an isolirten Fasern nur sehr schwer, manchmal gar nicht, isolirt machen diese Stellen desshalb einen plumpen Eindruck. Die Faser färbt sich stärker als benachbarte Fasern und nimmt durch Eosin einen eigenthümlich rothen Ton an, der sie scharf von den Nachbarfasern abhebt, das Bild wird noch auffallender, wenn mehrere Stellen hinter einander liegen, da die dazwischen liegenden unveränderten Stellen sich fast gar nicht färben. Die Kernreihenstellen machen einen starren Eindruck, während z. B. die übrigen Fasern einem Nerv oder einem Gefäß im Bogen ausweichen, ziehen diese Stellen geradlinig vorüber. Eine Scheide existirt nicht, die Fasern sind desshalb sehr leicht zu isoliren. Theilungen kommen an den Fasern nicht vor.

In der ersten Gruppe kamen Abweichungen von dem aufgestellten Schema nicht vor, in dieser Gruppe sind sie so häufig, dass wir zwei Unterabtheilungen machen müssen. In der zweiten Gruppe finden sich Fasern vereinigt, die verschiedenen physiologischen Zwecken dienen. Während die eine Unterabtheilung Fasern enthält, die wir als wachsende ansprechen müssen, dienen die Fasern der anderen Unterabtheilung dem Zerfall von Muskelfasern. Dass in diesen jungen schnell wachsenden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Muskeln Material durch Zerfall verschwendet wird, ist gewiss eine auffallende Thatsache. Der Gedanke liegt nahe, dass der Zerfall kein physiologischer ist, sondern durch irgend welche pathologische Verhältnisse bedingt wird. Der Gedanke wäre auch nicht von der Hand zu weisen, wenn sich die zerfallenden Fasern nur in einem Embryo fänden, ich habe sie aber nicht nur bei sämmtlichen meiner menschlichen Embryonen gesehen, sondern auch in verschiedenen Muskeln von Säugethierembryonen und Tritonenlarven. Dass Zerfall und Wachsthum auf gewissen Stufen gleiche Bilder liefern, ist leicht zu begreifen. Ich habe bereits oben hervorgehoben, dass die Muskelfasern auf einen dauernden Reiz mit einer Kernvermehrung antworten, wir finden an der Peripherie von Geschwülsten, die durch ihr schnelles Wachsthum die Muskeln zur Atrophie bringen, die Muskelfasern mit Kernreihen versehen, und doch sind sie dem Untergang bestimmt. An dem sich rückbildenden Froschlarvenschwanz zählte Riedel bis zu 12 Kernen hinter einander in einer Muskelfaser. Es ist also oft unmöglich zu entscheiden, ob in der weiteren Entwicklung, der Vorgang der Kernvermehrung in dieser Gruppe Zerfall oder Wachsthum bedeute. Wenn ich die Unterabtheilungen aufrecht erhalte, so geschieht es einerseits um den verschiedenen Endresultaten gerecht zu werden, andererseits, weil sich doch auch kleine Formenunterschiede vorfinden.

a. Die wachsende Faser.

Wenn einzelne Fasern dieser Gruppe zerfallen können, so wäre es denkbar, dass alle diesem Schicksale schließlich anheimfielen, dass es unter dieser Gruppe wachsende Fasern überhaupt nicht gäbe. Ich kann nicht leugnen, dass ich Anfangs sämmtliche Fasern dieser Gruppe für untergehende hielt, als ich mehrere Male eine solche Faser in Zerfall fand. Als ich aber in verschiedenen Muskeln diese Fasern in ziemlich großer Menge antraf, wurde ich in der Deutung schwankend. Volle Klarheit erhielt ich aber erst durch Studium der Serienschnitte eines $2^1/_2$ monatlichen Embryo. Hier fanden sie sich in ungeheurer Menge, nicht bloß, dass jeder Schnitt solche Fasern aufwies, es ließ sich durch Durchmustern der Serie nachweisen, dass häufig sämmtliche Fasern eines Muskels diese Kernreihen an bestimmter Stelle besaßen. Hier noch an Zerfall zu denken, wäre absurd gewesen, man hätte fast die gesammte Skelettmuskulatur zu Grunde gehen lassen müssen, denn man hatte Mühe unveränderte Fasern zu finden. Ganz besonders für eine Deutung als Wachsthumsprocess spricht aber der Ort, an dem die Kernreihenstellen sich vorfinden. Dieselben finden sich mit auffallender Regelmäßigkeit an den Enden der Muskelfasern, und zwar fast immer

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nur an einem Ende, das Sehnenende wird gegen das Knochenende bei Muskeln mit größeren Sehnen bevorzugt. Ist der Ansatz ein breiter, so ist das Bild auf den ersten Blick ungemein auffallend, man sieht Kernreihe neben Kernreihe, da die Mantelzone längsgestreift erscheint, so ist es oft schwer sich über die Grenzen der einzelnen Muskelfaser zu orientiren, zumal, wenn der Schnitt die Mantelzone mit enthält, nur wo die Kernreihen liegen, ist die Abgrenzung eine sichere. Fig. 11 stellt einen Längsschnitt durch das Ende des Latissimus dorsi dar an der Übergangsstelle in die Sehne. Die Sehne selbst ist wegen des gebogenen Verlaufes des Muskels nicht mit in den Schnitt gefallen. Man sieht die Kernreihen ziemlich unvermittelt aufhören und dann die fibrilläre Streifung der Mantelschicht zum Vorschein kommen. Klarer noch giebt Fig. 10 die Verhältnisse wieder, hier ist ein kurzes Bündel aus einem Vorderarmmuskel, wahrscheinlich dem Ulnaris internus, gezeichnet. Die Kernreihen sind nicht sämmtlich vollständig in den Schnitt gefallen, man sieht vor allen Dingen die mächtige Auftreibung des ganzen Bündels durch die Kernreihen. *K* stellt das Ende gegen den Knochen, *S* dasjenige gegen die Sehne dar. Wir sehen die Kernreihen sämmtlich gegen das Sehnenende zu liegen. Die einzelnen Fasern sind nur nach der Zahl der Kernreihen zu bestimmen, da es ganz unmöglich ist die unveränderten Fasern aus einander zu halten. Besonders zierlich ist das Bild der Fig. 12, hier ist ein Schnitt durch einen doppelt gefiederten Muskel gezeichnet, die zu Bündeln geordneten Fasern mit ihren Kernreihen liegen so regelmäßig wie die Rippen in einem Blatt. Wenn sämmtliche Fasern eines Muskels an ihren Enden eine derartige Kernvermehrung aufweisen, so kann das nur durch die Annahme erklärt werden, dass gerade an diesen Stellen ein besonderes Längenwachsthum stattfindet. Zwar findet man auch in der Mitte eines Muskels bei diesem Embryo die Kernreihenstellen, aber der Befund ist gegenüber den massenhaften Kernreihen an den Enden ein seltener zu nennen. Ganz abgesehen davon, dass die Kernreihenstelle an einem Ende innerhalb des Muskels sitzen könnte (über Enden der Fasern an Schnitten zu urtheilen ist man bei diesem jungen Embryo außer Stande). Frédéricq[1] hat meines Wissens zuerst Kerne beschrieben, die halb der Sehne halb der Muskelfaser angehörten. Dasselbe findet Froriep[2]. Angesichts der eigenthümlich veränderten Kerne, wie man sie oft an den Enden von Froschmuskelfasern findet, die weder genau den Muskelkernen noch den Kernen der Sehne gleichen, spricht er bereits den

[1] Frédéricq, Génération et structure du tissu muscul. Bruxelles 1875.

[2] Froriep, Archiv für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. 1878.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Gedanken aus, dass das Wachsthum der Muskelfasern an den Enden stattfände. Riedel theilt eine Beobachtung Merkel's mit, in der Zunge junger Hunde sah derselbe an den Enden der Fasern des Genioglossus unter der Schleimhaut der Zunge eine Anhäufung großer embryonaler Kerne eingebettet in körniges Protoplasma in unmittelbarem Anschluss an die quergestreifte Substanz.

Auffallend ist das rasche Verschwinden dieser Kernreihenstellen mit fortschreitendem Wachsthum des Muskels. Im vierten Monat finden sich wohl noch zahlreiche Kerne an den Enden, aber nirgends mehr die typischen Bilder der Fig. 9, 10 und 11, und doch beträgt der Altersunterschied der untersuchten Embryonen nicht einmal zwei Monate. Das Wachsthum muss ein ungemein rasches sein, vielleicht erklärt auch das rasche Wachsthum das schnelle Verschwinden der Kernreihen in den Weismann'schen Tochterfasern.

Solche Kernreihen in embryonalen Fasern sind schon vielfach an isolirten Muskelfasern aufgefunden worden. Schwann[1] beschreibt die kernreihenhaltigen Fasern dicker als die übrigen, lässt aber die dickeren Fasern Vorläufer der jüngeren sein. Clarke[2] erwähnt von seinen Fasern mit Kernreihen, dass die Kerne häufig quergestellt sind. Eigenthümliche Beobachtungen theilt Born[3] mit. Er findet in den Muskeln von Schweins- und Rindsembryonen Fasern von auffälliger Krümmung und Kürze, blasser fast homogener Mantelschicht, in derselben in Abständen von wenigen Mikra starke lichtbrechende Stäbchen, die neben einander gereiht sind. Um die Kerne herum, die auch durch Färbung schwer wahrnehmbar sind, sieht man die breitesten und glänzendsten Massen, dieselben färben sich mit Karmin glänzend purpurroth und setzen sich scharf gegen die beinahe ungefärbt gebliebene Zwischensubstanz ab. Bald bilden diese Massen $^1/_2$—3 μ breite Ringe, die 1—3 μ breite Fasern umgeben, bald umhüllen sie mantelartig unerhört breite (12—17 μ) Fasern, in letzteren tritt am deutlichsten ein granulirtes Mittelband hervor, das beinahe in seiner ganzen Breite von einer dichten Kernreihe, die Kern an Kern gepresst enthält, ausgefüllt ist. Alle diese Formen fanden sich nur in Bruchstücken vor und stehen mit gewöhnlichen Fasern in Verbindung, bald sind sie eben so breit, bald besitzen sie den sechsfachen Durchmesser. Born sieht in diesen Gebilden, von denen er leider keine Abbildungen giebt, circumscripte Wachsthumsvorgänge. Von seinen Einlagerungen konnte ich

[1] Schwann, Unters. über die Übereinst. 1839.

[2] Clarke, Anatom. Journal of micr. science. 1861 u. 1862.

[3] Born, Beiträge zur Entwicklungsgesch. der quergestr. willk. Muskul. Diss. inaug. Berlin 1873.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mich weder auf Schnitten noch an isolirten Präparaten überzeugen, beim Menschen sind solche Dinge entschieden nicht vorhanden. Mit der Aneinanderpressung der Kerne kann ich mich aus den oben genannten Gründen ebenfalls nicht einverstanden erklären. Born findet oft die Hälfte aller Fasern eines Muskels in der beschriebenen Weise verändert, Zahlenangaben nach Schätzungen an isolirten Fasern haben wenig Werth, da man nicht weiß in wie viel Stücke man eine Muskelfaser zerreißt. Dass Born's Fasern nichts mit denen aus der ersten Gruppe zu thun haben, ist wohl klar, er hätte sonst sicher der Scheide, die ja bei der Isolation das in die Augen springendste Charakteristikum bildet, Erwähnung gethan.

Ich glaube, dass nur ein Theil der von Born beschriebenen Fasern in diese erste Unterabtheilung der zweiten Gruppe gehört. Als charakteristisch für dieselbe möchte ich die fibrilläre Struktur der Mantelschicht anführen, die man an den meisten Fasern konstatiren kann, dann die etwas längere Kernreihenstelle; gewöhnlich haben auch die Fasern dieser Unterabtheilung nur eine, höchstens zwei solcher Kernreihenstellen hinter einander. Auch der Sitz der Stelle an dem Ende einer Faser verdient hervorgehoben zu werden. Dann ist die Form der Kerne eine genau in den oben angegebenen Typus passende, endlich findet man sie hauptsächlich nur in den jüngsten Embryonen. Alle die Merkmale sind aber nicht genügend, um die Abtheilung scharf von der anderen zu trennen.

b. Die zerfallende Faser.

Zwischen den vollkommen in den Rahmen der zweiten Gruppe passenden Fasern und völlig in Zerfall begriffenen Fasern lassen sich alle Übergänge auffinden. Zunächst trifft man einzelne Fasern dieser Gruppe, deren Kerne nicht mehr gleichmäßig gefärbt erscheinen. Dieselben erscheinen hell mit einzelnen dunkleren Flecken. Dann wieder findet man Fasern, die noch die eigenthümlich gefärbte Mantelzone haben, deren Kerne aber kleiner geworden sind, dieselben nähern sich, wenn sie auch noch die vieleckige Gestalt besitzen, der runden Form, so dass man von einer Querstellung der Kerne nicht mehr reden kann; auch ist die Reihe nicht mehr regelmäßig, die einzelnen Kerne rücken nach verschiedenen Seiten aus der Reihe heraus, so dass die Gleichmäßigkeit in der Anordnung gestört wird. Eine Stufe weiter tragen die Kerne Vacuolen. Endlich erscheint die Mantelzone wie eingebrochen, die Risse gehen vom Rand gegen den centralen Hohlraum, kommen einander von beiden Seiten entgegen, oft treffen sie gerade auf einen Kern, so dass der Zusammenhang der Faser nur noch durch diesen vermittelt erscheint. Endlich zerfällt die Stelle in bald rundliche,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bald langgestreckte Bruchstücke. In die Spalten schieben sich Wanderzellen ein und bleiben bei dem Zerfall an den Bruchstücken haften, man bekommt so das Bild der von Paneth neu beschriebenen Sarkoplastenzellen, nur dass die Querstreifung fehlt. Margo selbst lässt aber bei einem Theil seiner Sarkoplasten die Querstreifung nicht vorhanden sein. Ich erwähne den Zusammenhang, um den von Paneth geforderten Nachweis zu bringen, dass auch im wachsendem embryonalen Muskel die Sarkoplasten Zerfallsprodukte der Muskelfasern darstellen. Die Anwesenheit derselben in den Muskeln eines menschlichen Embryo ist bereits von Margo konstatirt.

Als charakteristisch für diese Abtheilung sind anzuführen: die fehlende Längsstreifung, die eventuell in Resten vorhandene Querstreifung. Die Kernreihenstellen sind kurz und liegen zu mehreren hinter einander. In diese Kategorie rechne ich auch die Fasern Born's, die er bis zu 12 Anschwellungen hinter einander tragen lässt, die selten länger als breit sind. Die dazwischen liegenden Stellen sind entweder noch deutlich quergestreift oder erscheinen wie ein leerer Schlauch. Isolirt man solche Fasern mit den gewöhnlichen Isolationsmitteln — auch die von Born benutzte Müller'sche Flüssigkeit ist dazu zu rechnen — so erscheinen diese Stellen wie zusammengefallen, während die aufgetriebenen Stellen sich merkwürdigerweise ziemlich gut erhalten. Messungen an so veränderten Fasern geben allerdings Unterschiede, wie sie Born giebt, dass die aufgetriebenen Stellen oft sechsmal so breit sind wie die dazwischen liegenden. An in kochendem Wasser isolirten Fasern habe ich ähnliche Unterschiede nicht wahrgenommen, dieselben treten aber sofort auf, wenn ich das Salpetersäuregemisch oder Müller'sche Flüssigkeit benutzte.

Fig. 18 zeigt eine Faser der zweiten Unterabtheilung isolirt. Interessant ist namentlich die Stelle bei *b*, wo man eine solche Kernreihenstelle in ihrer Entstehung sieht. Man sieht drei Kerne, noch längs gestellt, dicht hinter einander liegen, die Mantelschicht zeigt noch Querstreifung, nimmt aber bereits den eigenthümlichen Farbenton an. Die Faser *c* zeigt mehrere verfärbte Stellen dicht hinter einander, die übrige Faser ist blass, von Querstreifung ist nichts mehr zu erkennen.

Da die zerfallenden Fasern sich bei jedem Embryo, wenn auch nicht in jedem Muskel wiederfanden, müssen wir die Degeneration als eine physiologische ansehen.

Zusammenstellung der Unterschiede zwischen der 1. und 2. Gruppe.

Zum Schlusse möchte ich noch einmal die Unterschiede beider Gruppen neben einander stellen. Die erste Gruppe hat stets

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mehrere Kernreihen neben einander, die zweite immer nur eine. Die Kerne der ersten Gruppe sind längsgestellt, blass, glatt kontourirt, an verschiedenen Stellen verschieden in Größe, Form und Abstand, die Kerne der zweiten Gruppe sind quergestellt, dunkel gefärbt, eckig begrenzt, differiren in Größe, Form und Abstand ungemein wenig. Die Reihen der ersten Gruppe liegen in der Mantelzone, die der zweiten liegt im centralen Hohlraum, die Reihen der ersten Gruppe verlieren sich allmählich gegen das Ende der Faser, die Reihe der zweiten Gruppe hört scharf auf. Beide Reihenarten führen zur Verbreiterung der Faser, die bei der ersten Gruppe langsam beginnt und fortwährend bis zu einem Maximum wächst, bei der zweiten Reihe scharf abgesetzt beginnt, und wenn die Anschwellung nicht ungemein klein ist, am Anfang so dick wie in der Mitte ist. Die Querstreifung ist in der ersten Gruppe deutlich, in der zweiten fast regelmäßig aufgehoben. Die Färbung der ersten Gruppe ist intensiver, der Farbenton aber derselbe, während bei der intensiveren Färbung der zweiten Gruppe sich auch der Farbenton ändert. Die Fasern der ersten Gruppe tragen eine besondere, ins Auge fallende Scheide, die der zweiten Gruppe besitzen keine solche. Die Lage der Fasern der ersten Gruppe ist häufig eine besondere, die der zweiten Gruppe nicht. Die Fasern der zweiten Gruppe finden sich zu einer Zeit massenhaft, in der noch keine Fasern der ersten Gruppe aufzufinden sind, dieselben fand ich erst im vierten Monat. Die Fasern der ersten Gruppe zerfallen in Tochterfasern, die Fasern der zweiten Gruppe dienen einem speciellen Wachsthum oder führen zum Zerfall.

Giebt es eine Neubildung nach embryonalem Typus?

Es wäre denkbar, dass neben der Neubildung durch Längstheilung der vorhandenen Fasern gleichzeitig eine Neubildung nach embryonalem Typus stattfände. Born fand bei einem Schweinsembryo von $5^1/_2$ cm Länge mehrere Male Muskelfasern an beiden Enden zugespitzt endigend und lässt die Frage offen, ob es neu entstandene oder im Wachsthum zurückgebliebene jüngste Formen sind. Der Befund Born's lässt sich schwer für unsere Entscheidung verwerthen, da weder Fundort, noch Länge der isolirten Faser angegeben sind. Ich habe mich bei meinen menschlichen Embryonen vergeblich bemüht, embryonale Fasern aufzufinden, wenn ich nicht gerade Fuß- und Handmuskulatur des $2^1/_2$ monatlichen Embryo untersuchte, hier waren natürlich noch sämmtliche Fasern in embryonalem Zustand. Bei Tritonenlarven oder Froschlarven überwiegt in der ersten Zeit die Neubildung nach

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

embryonalem Typus bei Weitem diejenige durch Längstheilung, man sieht in der Peripherie der Muskeln ungemein zahlreiche spindelförmige Muskelfasern mit ein oder zwei Kernen, während man Mühe hat Kernreihenfasern zu finden. Ungemein schmale Fasern von nur wenigen Mikra Breite mit ab und zu eingelagerten Kernen kommen in jedem Muskel meiner Embryonen vor, dieselben sind aber bereits genau so lang wie die stärkeren Fasern. Bei Durchmusterung von Längsschnitten ist es sehr leicht möglich, dass sich ein spitzes Ende einer längeren Faser zwischen anderen Fasern gelegen der Beobachtung entzieht, eine kurze spindelförmige Muskelfaser würde aber sofort auffallen. Ich möchte desshalb vom vierten Monat ab eine Vermehrung der Muskelfaserzahl durch Auswachsen embryonaler Zellen zu jungen Muskelfasern in Abrede stellen. Die Grenze liegt aber wahrscheinlich noch tiefer, da ich auch zwischen den ausgebildeten Fasern des $2^1/_2$ monatlichen Embryo keine spindelförmigen Muskelzellen antraf. Doch wäre hier ein Übersehen leichter denkbar, weil das Perimysium internum noch sehr kernreich ist.

Es geht also zunächst die Anlage des Muskels vor sich, in dieser Zeit werden fortwährend neue Fasern nach embryonalem Typus gebildet. Sobald alle angelegten Fasern ausgebildet sind, scheint ein Stillstand in der Vermehrung der Faserzahl einzutreten, der zunächst zum Längen- und Dickenwachsthum der einzelnen Fasern benutzt wird. Diesen Stillstand möchte ich auf den dritten embryonalen Monat festsetzen. Damit würde die ungemein große Faserndicke, man vergleiche nur die Fig. 13 mit Fig. 6 und 7, die bei derselben Vergrößerung gezeichnet sind, wie sie in diesem Monat bei fast allen Fasern gefunden wird, und die rege Kernvermehrung bei allen Fasern übereinstimmen. Von einer bestimmten Grenze an, die zwischen der Mitte des dritten Monates und dem vierten Monat liegen muss, beginnt wieder eine Vermehrung der Faserzahl, diesmal nur durch Theilung der vorhandenen Fasern. Dafür spricht die Abnahme der Faserdicke während der $1^1/_2$ Monate, die direkte Beobachtung der Längstheilung, die in dieser Zeit beginnen muss, und das Fehlen der frühesten Embryonalzustände der Muskelfasern. Von dieser Grenze aus scheint die Vermehrung der Faserzahl immer durch Längstheilung der vorhandenen Fasern stattzufinden.

Zusammenfassung.

1) Die junge Muskelfaser ist hohl, die Zeit des Solidwerdens ist für dieselben Muskeln gleichalteriger Embryonen, wie für die verschiedenen Muskeln desselben Embryo verschieden.

2) Die Kerne liegen in dem centralen Hohlraum (Achsenkerne),

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in der quergestreiften Mantelschicht (Mantelkerne) und an der Peripherie der Faser (kontourvorbuchtende Kerne).

3) Der quergestreifte Mantel junger Muskelfasern ist kein vollständiger, sondern weist längere und kürzere Spalten oft neben einander auf.

4) Der Dickendurchmesser der einzelnen Muskelfasern desselben Muskels schwankt bedeutend, auf diesen Umstand müssen vergleichende Messungen Rücksicht nehmen. Der Dickendurchmesser der Fasern nimmt bis zum dritten Monat gewaltig zu. In der Zeit zwischen drittem und viertem Monat tritt ein beträchtlicher Abfall, von da ab wieder eine stetige Zunahme ein.

5) Von der Mitte des dritten Monates bis zum Ende des fötalen Lebens finden sich in jedem Muskel Fasern mit vermehrten zur Reihe geordneten Kernen. Diese Kernreihenfasern lassen sich nach ihrem histologischen Bau und dem ihrer nächsten Umgebung in zwei scharf getrennte Gruppen scheiden.

6) Die erste Gruppe, die Weismann'sche Kernreihenfaser, besitzt mehrere Kernreihen in ihrer Mantelschicht, die hell gefärbten Kerne der Reihen sind verschieden an Form, Größe und Abstand. In der mittleren Partie der Reihe sind sie dicht gedrängt in alle möglichen Formen gepresst, Ort der größten Wachsthumsenergie (aller Wahrscheinlichkeit nach der Nervenendigung entsprechend), von da ab werden sie rund, dann länglich, während dieser Formänderung nimmt allmählich der Abstand zwischen den einzelnen Kernen zu, bis sich die Reihe gegen das Ende der Faser verliert. Entsprechend den Reihen zerfällt die Faser in Tochterfasern, jede einzelne Tochterfaser enthält eine Reihe. Um die Faser herum bildet sich eine kern- und gefäßreiche Scheide, dieselbe tritt noch vor der Ausbildung der Reihen auf, nimmt während derselben an Dicke zu und wird schließlich koncentrisch geschichtet. Jede Tochterfaser kann durch Ausbildung neuer Reihen, gewöhnlich nur einer, aufs Neue zerfallen, die Scheide bleibt dabei bestehen. Dadurch entstehen Bilder, wie sie als umschnürte Bündel, neuromuskuläre Stämmchen, sensible Endorgane im Muskel bekannt sind. Mit zunehmendem Wachsthum schwindet die Scheide, die von ihr bislang umschlossenen Fasern unterscheiden sich in nichts von den übrigen Fasern.

7) Diese Längstheilung kommt außer bei Neugeborenen auch in späteren Lebensjahren vor.

8) Die Muskelfasern der zweiten Gruppe besitzen nur eine Kernreihe im centralen Hohlraum. Die dunkel gefärbten Kerne sind quergestellt, in Größe, Form und Abstand wenig verschieden. Ein Ort größter Wachsthumsenergie existirt nicht, Beziehungen zu Nerven sind

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nicht vorhanden. Eine Längstheilung dieser Fasern ist nicht zu beobachten. Die Gruppe findet sich namentlich in den Muskeln zwei- bis dreimonatlicher Embryonen. Die Kernreihen finden sich fast regelmäßig an den Enden der Fasern und sind der Ausdruck eines lebhaften Längenwachsthums.

9) Ein Theil der Fasern der zweiten Gruppe geht zu Grunde. Die Zerfallsprodukte gleichen den Margo-Paneth'schen Sarkoplasten.

10) Während der Anlage des Muskelsystems werden immer neue Fasern nach embryonalem Typus gebildet. Sobald alle angelegten Fasern ausgebildet sind, tritt ein Stillstand in der Vermehrung der Faserzahl ein, der zunächst zum Längen- und Dickenwachsthum der einzelnen Fasern benutzt wird. Der Stillstand ist in den dritten Monat zu verlegen. Von einer bestimmten Grenze an, die zwischen der Mitte des dritten Monates und dem vierten Monat liegen muss, beginnt wieder eine Vermehrung der Faserzahl, dieses Mal nur durch Längstheilung der vorhandenen Fasern.

11) Von dieser Grenze ab scheint die Neubildung von Muskelfasern immer durch Längstheilung der vorhandenen stattzufinden.

Würzburg, im Februar 1889.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XV und XVI.

Fig. 1. Sich entwickelnde Weismann'sche Faser aus dem Biceps eines viermonatlichen Embryo. Kerne in Vermehrung. Dunkles Querband mit deutlichem Hensen'schen Zwischenstreifen. Scheide ausgebildet. Zeiss E, Oc. 2.

Fig. 2. Sich entwickelnde Weismann'sche Faser aus dem Biceps eines viermonatlichen Embryo. *a*, sich bereits ausbildende Stelle der größten Wachsthumsenergie. *b*, *a*, *c*, Kernreihen in Bildung. Querstreifung mit Hensen'schen Zwischenstreifen. Aus dem Schnitt isolirt. Scheide durch die Isolation zerrissen. Zeiss E, Oc. 2.

Fig. 3. Weismann'sche Faser aus dem Biceps eines viermonatlichen Embryo. *a*, Ort der stärksten Wachsthumsenergie; *b*, Spalten. Zeiss H, Oc. 2.

Fig. 4. Weismann'sche Faser, entwickelt aus dem Biceps eines viermonatlichen Embryo. *a*, die durchschimmernden Achsenkerne im centralen Hohlraum; *b*, künstliche Spalte. Aus dem Schnitt isolirt. Scheide an dem Ort der größten Wachsthumsenergie stark verbreitert. Zeiss H, Oc. 2.

Fig. 5. Isolirte Weismann'sche Faser. Scheide zerrissen und zurückgeschlagen. Zwei Fasern in derselben Scheide. Seibert VII, Oc. 0.

Fig. 6. Weismann'sche Faser im Querschnitt aus dem Sartorius eines fünfmonatlichen Embryo. *a*, Weismann'sche Faser, etwas hinter dem Ort der stärksten Kernanhäufung getroffen. *b*, Nerv. Die Muskelfasern sämmtlich mit sehr dünner

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Mantelschicht. Koncentrische Schichtung der Scheide angedeutet. Seibert VII, Oc. 2.

Fig. 7. Weismann'sche Faser im Querschnitt aus dem Biceps eines sechsmonatlichen Embryo. Drei Fasern mit central gelegenen Kernen. Scheide deutlich koncentrisch geschichtet, außerordentlich kernreich. Seibert VII, Oc. 2.

Fig. 8. Weismann'sche Faser mit angeschnittenem centralen Hohlraum aus einem Vorderarmmuskel eines fünfmonatlichen Embryo. Zeiss E, Oc. 2.

Fig. 9. Weismann'sche Faser. Nerv mit weit abstehender Scheide in Verbindung mit der Muskelscheide an dem Ort der stärksten Wachsthumsenergie. Zeiss H, Oc. 2.

Fig. 10. Muskelfaserbündel aus einem Vorderarmmuskel eines $2^1/_2$ monatlichen Embryo. *K*, Periost; *S*, Sehne. Seibert III, Oc. 2.

Fig. 11. Muskelfasern am Sehnenende des Latissimus dorsi. $2^1/_2$ monatlicher Embryo. *S*, Ort der Sehne. Seibert III, Oc. 2.

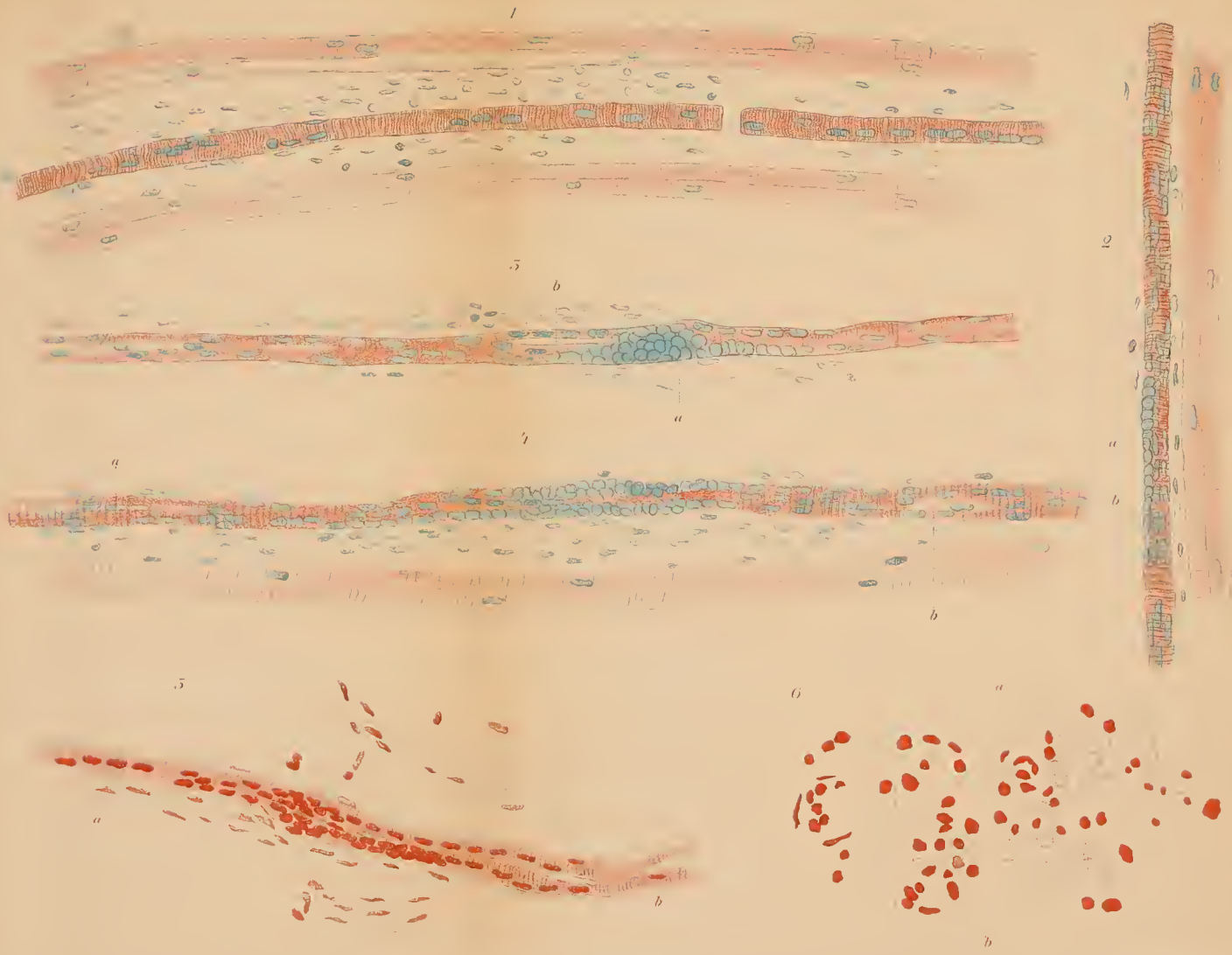
Fig. 12. Muskelfasern am Ansatz an die Sehne. Biceps eines $2^1/_2$ monatlichen Embryo. Seibert III, Oc. 0.

Fig. 13. Querschnitt durch Kernreihenstellen an den Enden der Muskelfasern. $2^1/_2$ monatlicher Embryo. Kerne zum Theil ausgefallen. Seibert VII, Oc. 2.

Fig. 14, 15, 16. Zerfallene Muskelfasern aus dem Biceps eines viermonatlichen Embryo. Zeiss E, Oc. 2.

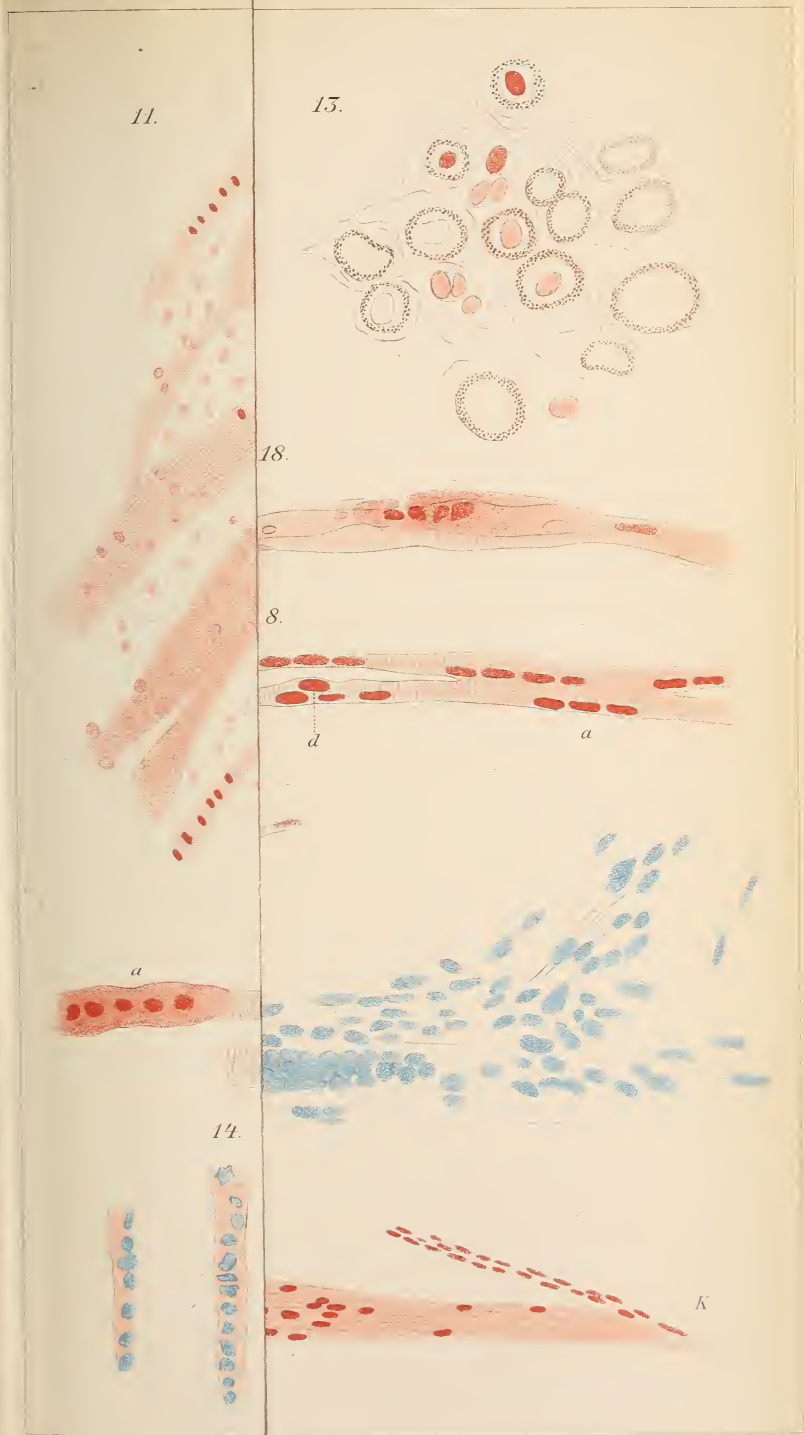
Fig. 17 und 18. Zerfallene Muskelfasern aus dem Biceps eines fünfmonatlichen Embryo isolirt. Zeiss E, Oc. 2.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



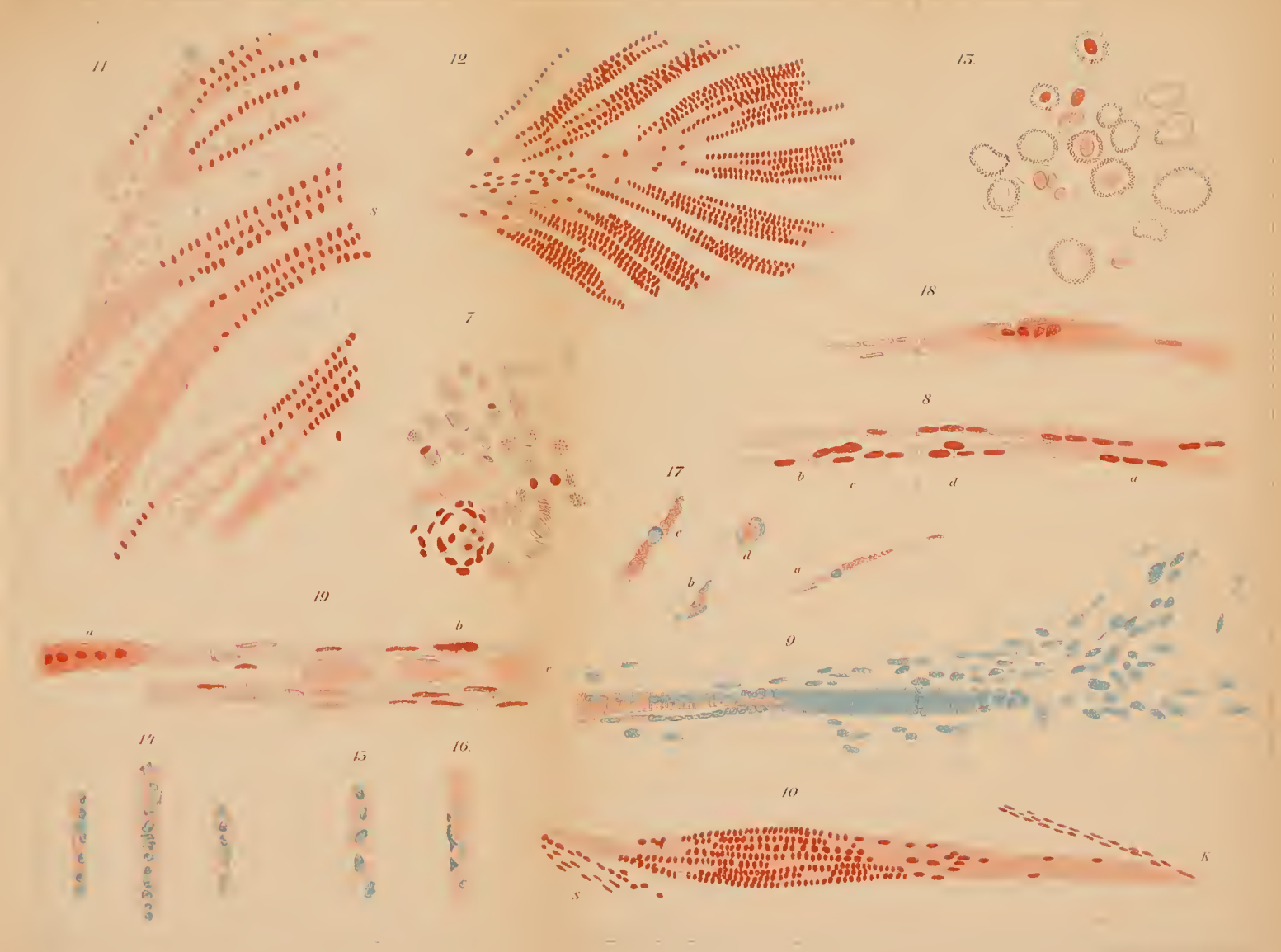
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: 48

Autor(en)/Author(s): Felix Walther

Artikel/Article: Über Wachsthum der quergestreiften Muskulatur nach Beobachtungen am Menschen. 224-259