

## XII.

### Ueber die Neubildung quergestreifter Muskelfasern, insbesondere die regenerative Neubildung derselben nach Verletzungen.

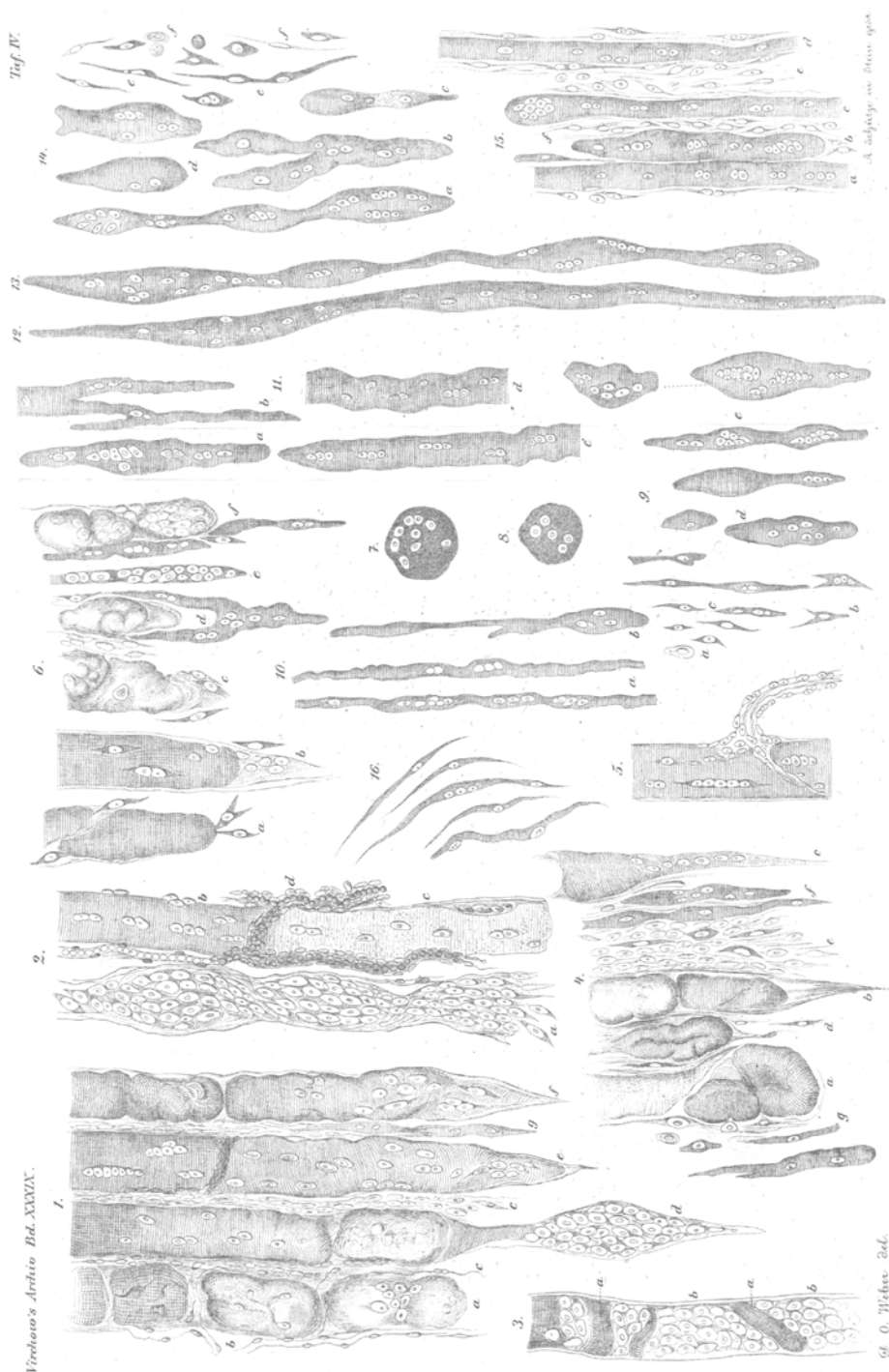
Von Prof. Otto Weber in Heidelberg.

(Hierzu Taf. IV.)

Als ich im Juli 1863 meine erste Mittheilung über die Neubildung quergestreifter Muskelfasern nach Verletzungen veröffentlichte \*), stand ich in Bezug auf dieselbe wenigstens was die Muskeln der Menschen und der höheren Wirbelthiere anlangt noch völlig allein. Erst kurz zuvor hatte allerdings Peremeschko seine Beobachtungen über die Entwicklung quergestreifter Muskelfasern aus Muskelkernen bei Fröschen publicirt (dieses Archiv XXVII. Bd. S. 116). Diese Arbeit konnte indess um so weniger vollständig befriedigen, als in derselben Capillaren mit Muskeln verwechselt waren (Taf. I. Fig. 4, b). Es wäre nun meiner Mittheilung vielleicht ebenso gegangen wie der 1854 also 9 Jahre früher von mir publicirten Beobachtung junger quergestreifter Muskelfasern in dem zum zweiten Male hervorgewachsenen Stumpfe einer hypertrophischen amputirten Zunge \*\*) und den später über die Muskeleiterung und die Neubildungen von Sarkomen und Carcinomen in den Muskeln mitgetheilten Beobachtungen, die fast von allen Seiten angezweifelt worden sind. Wenn man auch die erste

\*) S. Centralblatt für die med. Wissensch. No. 43. 1863.

\*\*) S. dieses Archiv Bd. VII. 1854. S. 115 u. Taf. I. Zenker hat mich auf einen in diese Arbeit eingeschlichenen Druckfehler aufmerksam gemacht, welchen ich bei dieser Gelegenheit corrigire. Die erste Amputation der hypertrophischen Zunge, in welcher sich nur sehr breite Muskelbündel, aber keine jungen Formen fanden, war am 19. Nov. 1852 gemacht worden. Die Amputation des Recidivs fand am 12. Dec., nicht wie es S. 116 daselbst heisst am 1. Dec. statt. Die neugebildeten Muskelfasern waren also nicht ganz vier Wochen alt. Sie entsprechen ganz den Formen, welche man nach dieser Zeit bei Menschen und Thieren nach Muskelverletzungen beobachtet.



Mittheilung über die jungen Muskelfasern in der Zunge noch allenfalls gelten liess, so vermisste man doch den vollen Beweis, weil die früheren Entwicklungsformen damals von mir nicht aufgefunden worden waren. Viel schlimmer erging es meinen Beobachtungen über die Eiterbildung aus den Muskelkernen und die Ableitung neuer Sarkom- und Carcinomzellen aus denselben \*), welche besonders in Henle einen erbitterten Feind fanden, der freilich nur mit der Schärfe seiner sog. rationellen Kritik gegen mich zu Felde zog, ohne mich durch eigene Beobachtungen zu widerlegen. Namentlich tadelte man die Ausführung der Zeichnungen — und doch sind es gerade diese, deren Richtigkeit ich noch heute in vollem Umfange behaupten kann \*\*), und die durch neuere Arbeiten von ganz verschiedenen Seiten her bestätigt worden sind. Allerdings bot die Deutung des Gesehenen den Gegnern einen

\*) S. dieses Archiv Bd. XV. 1858. S. 480 ff. u. Taf. VIII — XI. Zur Entwicklungsgeschichte des Eiters. Bd. XXIX. S. 111 u. 182. 1864.

\*\*) Es nimmt sich beiläufig bemerkt, sehr wunderlich aus, dass in demselben Hefte der Wiener medicinischen Jahrbücher (1865. IV.), welches die Arbeit von Popper bringt, die unter des Herrn Klob Leitung gearbeitet und mit seinen Zeichnungen versehen lediglich meine Untersuchungen über die Betheiligung der Muskelkörper an den Neubildungen bestätigt, ohne über dieselben hinauszugehen, Hr. Klob S. 90 daselbst seine Verwunderung über die schönen Bilder „ausspricht, welche ich als „nach der Natur gezeichnet“ immer beigebe“. Ich halte allerdings auf Sauberkeit der Zeichnung und gebe nicht viel auf schematische Zeichnungen, wie sie Viele lieben. Soll es aber ein Grund zur Verdächtigung der Arbeit sein, wenn die Zeichnung möglichst getreu ist? Was wird Hr. Klob erst zu den wahrhaft staunenswerthen Zeichnungen von O. Deiters, oder von Schrön zu dem Buche von Thiersch sagen, die meine bei Weitem übertreffen. Was man klar sieht und genau zeichnet, behält auch dann noch seinen Werth, wenn die Ansichten über den Gegenstand modificirt werden müssen. Vollends abgeschmackt erscheint es, wenn Leute, die in der Literatur einmal auftauchen und dann für ewig verschwinden, wie Hr. Sick auf Henle's Autorität hin, wegen der „Schulgerechtigkeit“ meiner Zeichnungen sich erlauben, die Glaubwürdigkeit meiner Beobachtungen anzuzweifeln. Derselbe Hr. Sick erklärt gleich darauf (dies. Archiv Bd. XXXI. S. 332) die Beobachtung Neumann's über das Vorkommen von Krebszellen innerhalb der Muskelschläuche für unzweifelhaft, während meine Beobachtungen ausführlich genug beschrieben waren, um auch ohne die Abbildungen den Thatbestand darzuthun. Was soll man freilich mit solchen Leuten anfangen, die auf die Autorität ihres Lehrers hin, das Vorkommen der Sarkome leugnen wollen!

gerechten Grund zum Tadel, allein derselbe hätte sie nicht verleiten sollen, das Gesehene selbst zu bestreiten. Die jüngere Generation der Beobachter stand damals unter dem mächtigen Einflusse, den die Untersuchungen Virchow's über die Bedeutung der Bindegewebszellen übten; man liess sich namentlich gern verleiten dieselben mit einem plasmatischen feinsten Röhrensysteme in Verbindung zu denken, welches die Saftleitung zu den Anfängen der Lymphgefässe vermitteln sollte. Die zwischen den Muskelfibrillen im Innern der Primitivbündel vorkommenden röhrenförmigen Lücken, die sich bei der fettigen Degeneration zuerst mit Fettröpfchen füllen, ihr Zusammenhang mit dem nicht zu contractiler Substanz umgewandelten Protoplasma, welches die Muskelkörper umgibt, die sternförmigen Figuren, welche dadurch im Innern der Bündel, nicht constant wie ich ausdrücklich hervor gehoben habe, aber doch oft genug unter pathologischen Verhältnissen sich zeigen, veranlassten zuerst Leydig, dann Böttcher und mich zu dem Irrthume die Muskelkörper mit Bindegewebskörpern zusammenzuwerfen. Dazu kam, dass später v. Wittich, O. Deiters und andere an Fröschen die Entwicklung der Muskelfasern aus Bindegewebszellen nachzuweisen glaubten. Wenn man die eigenthümliche Zerklüftung und Anordnung der contractilen Substanz im Innern des Sarkolemmaschlauches ansieht, wie sie bei der Eiterung der Muskeln und nach Verletzungen zuweilen vorkommt, wie sie sternförmige Lücken um die wuchernden Muskelkerne bildet, wie ich sie in meiner Arbeit über den Eiter Bd. XV. dieses Archivs Taf. IX. Fig. 4 u. 7 vollkommen naturgetreu abgebildet habe, und wie sie neuerlichst wieder von Waldeyer gesehen worden ist, so wird man es verzeihlich finden, wenn man unter der Herrschaft der Bindegewebstheorie diese Lücken für Bindegewebszellen hielt. Konnte doch auch Szelkow, der unter Virchow's Leitung arbeitete, nicht umhin bald nach mir sich dahin auszusprechen, dass die Fähigkeit der Muskelkörperchen, bei pathologischer Reizung neue Zellen zu produciren, zu Gunsten derjenigen Beobachter spreche, welche die Muskelkörperchen als Analogon der Bindegewebskörperchen betrachten (dieses Archiv XIX. Bd. S. 220). Anderen freilich scheint der Umstand, dass auch Virchow die Zweifel über die Betheiligung der Muskelkörperchen an den Neubildungen theilte, so imponirt zu haben, dass sie sich

von den schwierigen Untersuchungen ganz abhalten liessen. Bei der Eiterung liegen aber ohne Frage die Produkte der Theilung der Muskelkörper umgeben von vermehrtem flüssigen Protoplasma in Lücken der auseinanderweichenden contractilen Substanz. Ich habe ausdrücklich hervorgehoben, dass die feinen kanalförmigen Anastomosen dieser Lücken nicht überall von Zellmembranen umschlossen sind (S. 484), sondern dass sie auch als punktirte Lücken zwischen den Fibrillen erscheinen. Die Wandungen, die ich damals erblickte, sind nichts weiter als die Begrenzungslinien der Lücken von Seiten der auseinanderweichenden contractilen Muskelsubstanz. Ausserdem kommen auch starke Bindegewebsdurchwachsungen vor, welche namentlich Popper neuerlichst wiedergesehen hat, und welche in Verbindung mit den starken Schlingungen der Capillaren leicht zu falschen Auffassungen verleiten können. Um so mehr war diess der Fall, als ich damals mich nach Behandlung der Muskeln in Chromsäure zum Verschlusse der Präparate des Natronwasserglases bediente. Abgesehen davon, dass alle Präparate bald durch Auskrystallisiren der Kieselsäure verfarben, brachte das Conservationsmittel sehr leicht Gerinnungen, und scheinbare Membranen hervor. Nichtsdestoweniger bekommt man solche Bilder, wie ich sie im XV. Bande dieses Archivs abgebildet habe, oft genug auch an blossen Chromsäurepräparaten zu Gesichte. Aber ich muss hervorheben, dass die Begrenzung der Zellräume nicht durch eine eigene Membran gebildet wird, wie ich mich längst vollständig überzeugt habe. Der Irrthum, die Muskelkörper mit Bindegewebszellen zu identificiren, war freilich nicht so gross als der später von Steffan und Anderen unter dem Einflusse der Gegner der Bindegewebstheorie begangene, welche die Muskelkörper überhaupt in das Reich der Fabel verweisen wollten. Beide Fehler der Erklärung des Beobachteten wären freilich zu vermeiden gewesen, wenn man, wie es immer in schwierigen Fragen der Histologie geschehen sollte, auf die embryonale Entwicklung der Muskelfasern zurückgegangen wäre. Auf Grund dieser hat zuerst Max Schultze in seiner Epochemachenden Arbeit „über Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe“ \*), indem er an den schon von Remak

\*) Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1861. S. 1.

geführten Nachweis anknüpfte, dass jedes Primitivbündel aus einer einzigen Zelle entstehe zur Aufklärung der Ansichten über die im Innern der Primitivbündel zweifellos vorkommenden Körper wesentlich beigetragen. Mit dieser Arbeit erhielt aber zugleich die Frage über die Betheiligung der Muskeln an den Neubildungen und über die regenerative und heteroplastische Neubildung von Muskelfasern selbst eine neue Wendung.

Als ich 1863 mit meiner vorläufigen Mittheilung über die Regeneration neugebildeter Muskelfasern hervortrat, sollte ich bereits in kurzer Zeit die Freude haben, meine Untersuchungen von verschiedenen Seiten bestätigt zu sehen. Zuerst erschien die kurze aber wichtige Arbeit von Colberg zur Trichinenkrankheit\*), in welcher derselbe nachwies, dass die Einwanderung der Trichinen eine parenchymatöse Muskelentzündung erzeugt, welche mit der Bildung eines üppigen Granulationsgewebes, einer enormen Vermehrung der Muskelkerne und einer zweifellosen Neubildung quergestreifter Muskelfasern einhergeht, welche letztere Colberg wie Peremeschko von den Muskelkernen ableitete. Sodann kam das gründliche und mit grosser Sorgfalt gearbeitete Werk von F. A. Zenker über die Veränderungen der willkürlichen Muskeln im Typhus abdominalis nebst einem Excurs über die pathologische Neubildung quergestreiften Muskelgewebes\*\*). Zenker, dessen Beobachtungen vor die Zeit meiner vorläufigen Mittheilung fallen, war der Erste, der meinen früheren Angaben Gerechtigkeit zu Theil werden liess. Die ausführliche Darstellung, welche er von der Literaturgeschichte unseres Gegenstandes gibt, überhebt mich der Nothwendigkeit auf dieselbe weiter einzugehen. Mit dieser Arbeit war nun aber die Bedeutung des Muskelsystems, welches schon seiner quantitativen Entwicklung im Körper nach unmöglich eine so geringe Wichtigkeit bei Allgemeinerkrankungen haben kann, wie die früheren Pathologen glaubten, mit einem Schlage in das rechte Licht gestellt, und von allen Seiten mehrte sich die Zahl derer, welche das Muskelsystem einer genaueren Untersuchung unterwarfen. Es ist namentlich die Arbeit von Waldeyer, welche in neuerer Zeit diese Untersuchungen wieder

\*) Götschen's Deutsche Klinik 1864. No. 19.

\*\*) Leipzig 1864.

aufgenommen hat, und welche wesentliche Punkte der früheren Arbeiten von Zenker und mir bestätigend, in anderen über dieselben hinausgeht. Ich habe nun zwar auch in dem von Billroth und Pitha herausgegebenen Handbuche der Chirurgie schon eine Abbildung der Art, wie ich die Neubildung quergestreifter Muskeln gesehen habe, gegeben\*) und so könnte es überflüssig erscheinen, wenn ich nach so sorgfältigen und gründlichen Arbeiten Anderer nochmals auf den Gegenstand zurückkomme. Allein einerseits wird es mir Niemand verdenken, wenn ich trotzdem in einer Angelegenheit, in welcher ich Jahre lang ganz allein gestanden habe, in welcher meine Beobachtungen selbst von einsichtigen Forschern angezweifelt, von befangenen Kritikern geschmäht und bespöttelt wurden, meine eigenen Untersuchungen ausführlich mittheile, und andererseits wird man nicht verkennen können, dass sich in den Arbeiten von Zenker und Waldeyer noch wesentliche Lücken befinden.

Während Zenker mit den älteren Beobachtern wie v. Wittich, Deiters und Anderen die Neubildung der Muskelzellen von dem Bindegewebe und namentlich vom Perimysium internum ableitet, hatte dagegen Peremeschko und Colberg den Muskelkernen selbst die Bedeutung zugeschrieben, dass von ihnen die Neubildung der quergestreiften Muskeln ausgehe. Waldeyer hat sich wiederum der Zenker'schen Ansicht angeschlossen. Allein wenn er in seiner vortrefflichen Arbeit auch vielfach neue Aufklärungen gebracht hat, so wird doch Niemand verkennen, dass ein vollständig befriedigender Abschluss noch keineswegs gewonnen ist. Namentlich wird man zu neuen Zweifeln veranlasst werden, wenn man die Mittheilungen Buhl's über zwei ächte Muskelgeschwülste\*\*) mit denen Waldeyer's über die Regeneration vergleicht.

Buhl will nämlich alle neugebildeten quergestreiften Muskelfasern nur von den Muskelkernen ableiten; er lässt zwar auch die von Weismann behauptete Abspaltung der alten Muskelbündel durch Längstheilung der Kerne zu, behauptet aber, dass sich die jungen spindelförmigen Körper nur aus den Muskelkernen, nicht aus dem

\*) S. daselbst Bd. I. 1. S. 261. Fig. 34.

\*\*) Zeitschrift für Biologie I. 3. 4. S. 263. 1865.

Bindegewebe entwickeln. Ja er besteht ähnlich wie Thiersch so sehr auf der immanenten Eigenschaft der Gewebe, nur ähnliche Gewebe wieder zu produciren, die ihnen von der Zeugung her aufgeprägt wäre, dass er die heterologe Neubildung von Muskelgewebe im Sinne Virchow's ganz leugnet und wo Muskelgewebe an Orten entsteht, deren typische Entwicklung kein Muskelgewebe einschliesst, nimmt er eine abnorme Einschliessung von Muskelgewebe bei der embryonalen Entwicklung an. In ähnlicher Weise hat bekanntlich Remak zuerst das Vorkommen von Epithelien und Hautsäcken bei den Atheromen und Dermoidcysten durch abnorme Einstülpungen des Hornblattes erklärt und diese Auffassung hat durch die Arbeit von Thiersch über den Epithelialkrebs manchen Histologen so imponirt, dass sie jetzt überall von heterologer Gewebsentwicklung Nichts wissen wollen, und den Gewebelementen durchweg die specifische Eigenschaft vindiciren, dass sie nur ihnen Aehnliches zu produciren im Stande seien. Die Bedeutung dieser principiellen Frage leuchtet ein; sie greift tief in die ganze Lehre von den Neubildungen und insbesondere von den Geschwülsten. Ich werde in einem späteren Artikel auf sie zurückkommen. Hier will ich nur bemerken, dass es von den glatten Muskelfasern unzweifelhaft feststeht, dass sie sich aus Bindegewebe entwickeln können, und dass andererseits wieder unzweifelhafte Uebergänge von glatten Muskelzellen in quergestreifte vorkommen.

Zum Belege für die letztere Behauptung will ich in der Kürze eine merkwürdige Beobachtung anführen, welche ich noch in Bonn an einem höchst eigenthümlichen Uteruspolypen gemacht habe.

Eine 45jährige Frau S., welche immer sehr reichlich menstruiert war und neun Kinder geboren hatte, wurde zuerst im Jahre 1863 von Herrn Prof. Busch wegen eines fingerlangen Schleimpolypen, welcher an der etwas hypertrophischen vorderen Muttermundslippe aufsass, operirt. Der Polyp wurde mittelst des Ecraseurs entfernt und mir zugeschiedt. Die Untersuchung ergab eine ganz gewöhnliche Form eines sog. Blasenpolypen \*). Schon zwei Wochen nach der Operation verspürte die Frau ein neues Gewächs; ich wurde hinzugezogen, fand an der vorderen Muttermundslippe eine grössere aus zwei daumendicken Polypen bestehende Masse herunterhängen und daneben einige kleinere. Ich trug am 21. Februar 1864 die ganze vordere Muttermundslippe mit den an ihr hängenden Polypen mittelst des Messers ab. Schon im April war ein neues Recidiv da, von der hinteren

\*) S. Virchow, Geschwülste I. S. 238.



Muttermundslippe hatten sich eine Anzahl Polypen entwickelt; ich trug daher am 12. April den ganzen Rest des Collum uteri ab. Die Heilung war nicht von langer Dauer; schon Ende Mai waren neue Massen hervorgewachsen, weich, sehr blutreich und sehr geneigt zu Blutungen. Auch diese wurden entfernt. Aber die weichen Massen bestanden schon nicht mehr aus hypertrophischen Schleimdrüsen, sondern waren zum Theil ganz blutig, fibrinös, locker und entsprachen dem polypösen Hämatom des Uterus\*), wobei das Blut durch lange junge Spindelzellen, die den glatten Muskelfasern des Uterus vollkommen entsprachen, zusammengehalten wurden. Es folgten neue Blutungen und neue Wucherung. Am 12. Juli räumte ich nochmals mehr mit den Fingern als mit Instrumenten die Scheide und die ausgedehnte Uterinhöhle von den bis vor die Genitalien hervorgewucherten ganz weichen markigen Massen aus. Die Blutung wurde durch Eis gestillt. Die Untersuchung ergab wieder wuchernde Muskelspindeln und reichliche Blutkörperchen. Es liess sich die allmähliche Entwicklung der jungen Muskelspindeln aus farblosen Blutkörpern nachweisen, die sich allmählich streckten, in stabförmige Körper umwandelten und ein blasses Protoplasma in Spindelform nach beiden Seiten hin entwickelten. Das Merkwürdigste war aber, dass man an vielen ganz deutliche feine Querstreifung des Protoplasma bemerkte; ja einzelne entwickelten sich auch etwas mehr in die Breite und glichen so auf das Vollkommenste embryonalen quergestreiften jungen Muskelspindeln, die auch hie und da eine beträchtliche Länge und durch weitere Kernteilung auch mehrere Kerne zeigten. Ich habe diese Präparate damals meinen Herren Collegen Schultze und Pflüger gezeigt; sie haben sich in Glycerin mit Wasser eingeschlossen so gut gehalten, dass man sie noch jetzt sehen kann und mehrere meiner Heidelberger Collegen haben sich von der Querstreifung überzeugt. In Figur 16 habe ich eine Anzahl dieser Fasern abgebildet.

Der weitere Verlauf des Leidens der armen Frau war der, dass von Neuem ähnliche Massen hervorwuchsen und zu Blutungen Veranlassung gaben. Man musste von weiteren Operationen abrathen, da die Uterinwand sehr verdünnt war. Im November 1864 starb die Kranke in Behandlung der geburtsbülflichen Poliklinik. Die von mir gemachte Section ergab ausser fettiger Degeneration des Herzens und der Leber und Lungenödem, ein perforirendes Geschwür am Uterus, welches eine tödtliche Peritonitis erregt hatte. Der Uterus ragte bis über das kleine Becken hinaus. An seiner hinteren Seite nach rechts hin bemerkte man von aussen einen unregelmässigen geschwürigen Substanzdefect von der Grösse eines Zehngroschenstückes. Das kleine Becken war ganz mit einer graugelblichen eiterähnlichen Masse, in der zahlreiche schwärzliche Fetzen schwammen, angefüllt. Die Uterinhöhle erschien bedeutend erweitert und die innere Oberfläche zeigte eine unregelmässig höckerige mit brandigen blutigen Fetzen bedeckte knotige Wucherung, die gegen die Scheide hin in zahlreiche gallertig-hämatomatische polypenartige Excrescenzen überging. Die Muskelsubstanz des Uterus ging ganz allmählich in diese weiche gallertige Masse über. Gegen die Scheide hin war der Uterus weit geöffnet;

\*) Virchow das. S. 146. \*

die Vaginalportion fehlte gänzlich. Die polypösen Massen zeigten die beschriebene Beschaffenheit und enthielten ausser alten und jungen glatten auch quergestreifte Muskelspindeln.

In diesem Falle ist also die heterologe Neubildung quergestreifter Muskelfasern ebenso unabweisbar, wie meiner Ansicht nach in den von Rokitansky, Billroth, Virchow und v. Recklinghausen beschriebenen Fällen. Man muss die embryonale Verirrung der Muskeln gewaltsam herbeiziehen, wenn man solche Fälle anders als durch heterologe Neubildung, d. h. durch Umbildung glatter Muskelfasern oder durch Ableitung aus farblosen Blut- oder Bindegewebskörpern erklären will.

Kommen wir indess nach dieser Abschweifung auf unsere ursprüngliche Darlegung der bisherigen Arbeiten über die Regeneration quergestreifter Muskelfasern zurück.

In meiner vorläufigen Mittheilung im Jahre 1863 hatte ich mich (also vor Zenker und vor Colberg) dahin ausgesprochen, dass sogleich nach einer Verletzung eines Muskels eine lebhaftere Neubildung beginne, an welcher sich alle Elemente, die überhaupt Kerne enthalten, betheiligen; d. h. sowohl das Bindegewebe und die Kerne des Sarkolemma, als die der Capillaren und der Nervencheiden, sowie der Endkolben, besonders aber auch die der Primitivbündel, d. h. also die Muskelkörperchen. Diese Neubildung producire eine grosse Menge anfangs noch indifferenter Bildungszellen, die man schon am 4. Tage massenhaft finde. Bei hochgradiger und wiederholter Reizung werde ein grosser Theil dieser Zellen zur Eiterbildung, ein anderer zur Granulationsbildung verwendet. Nichtsdestoweniger sehe man nicht allein da, wo Eiterung stattfinde, sondern auch da wo solche bestehe, schon nach 8 Tagen entschiedene Muskelneubildung. Die jungen Bildungszellen mit rundem Kerne, der umgeben ist von feinkörnigem Protoplasma, welches aber nicht durch eine scharf abzusondernde Membran eingehüllt werde, verlängern sich nach beiden Seiten hin; in dem Protoplasma erfolgt sofort die Umbildung in quergestreifte Muskelsubstanz, bald nur einseitig, so dass der Kern nach aussen derselben anliegt, bald ringsum. Es folgt rasch Vermehrung der Kerne durch Theilung; eine ganze Anzahl von Kernen liegen in den jungen Muskelfasern, die sich nunmehr theils in die Breite, theils in die Länge entwickeln. Später werden sie von

dem Bindegewebe, aus welchem sich das Sarkolemma entwickelt, umhüllt. Dass sich auch die Muskelkerne selbst in rascher Vermehrung durch Theilung an der Neubildung betheiligen, war mir schon damals unzweifelhaft und ausdrücklich habe ich hervorgehoben, dass man die Enden der abgeschnittenen alten Muskelbündel ganz mit Kernen vollgestopft sehe.

Nach dieser ersten Mittheilung blieb noch Manches unklar; wenn auch die Entwicklung der jungen Muskelfasern richtig dargestellt war, so musste ich doch namentlich ihre Abstammung zweifelhaft lassen. Wie schon erwähnt leitet Zenker die neugebildeten Zellen ausschliesslich vom Perimysium ab; und er sowohl wie Waldeyer spricht den Muskelkernen jede Betheiligung an der Neubildung ab. So vortrefflich nun die Arbeit von Waldeyer in mancher Beziehung ist, so wird doch Jeder, der sie mit Aufmerksamkeit durchliest, bald bemerken, dass seine Darstellung selbst meiner vorläufigen Mittheilung gegenüber noch viele wichtige Punkte unaufgeklärt lässt. Waldeyer erwähnt, ebenso wie ich, dass die alten Muskelbündel, ausser denen, welche auf andere Weise zerfallen, sich mit Kernen füllen. Er bedient sich zur Bezeichnung der so umgewandelten Bündel des ganz passenden Ausdrucks Muskelzellenschläuche. Er sagt dann zwar, dass man daran denken könne, dass der Untergang des Sarkolemma die Muskelzellen aus ihren Schläuchen befreie, allein er habe diesen Vorgang niemals constatiren können (S. 506). Da nun ausserdem seiner Meinung nach die Muskelzellen ganz anders aussehen, als die jüngsten Muskeln, welche so früh keine Querstreifung zeigen sollen, so gibt er es ganz auf, das Schicksal der Muskelzellenschläuche weiter zu verfolgen. Aus einer anderen Stelle (S. 492) könnte man freilich vermuthen, dass seiner Ansicht nach die Muskelzellenschläuche schliesslich durch Fettdegeneration zu Grunde gehen, indessen wird auch dieser Vorgang nirgends näher geschildert. Wenn man auch zugeben kann, dass einzelne Muskelzellen in den Schläuchen gar nicht selten der fettigen Degeneration verfallen und zu Grunde gehen, so ist diess doch eine Ausnahme, die vielleicht nur beim Typhus und bei anderen acuten Krankheiten vorkommt. Immerhin bleibt es auffallend, dass eine so üppige Zellenneubildung innerhalb der Sarkolemmaschläuche sich findet, welche zahlreiche wohlgebildete Zellen, aber nur hie und

da Spuren einer Rückbildung derselben zeigt. Wo bleiben sie und was wird aus ihnen, so fragt man Waldeyer gegenüber vergeblich.

Was nun die Ableitung der jungen Muskelfasern aus dem Bindegewebe anlangt, so ist der Beweis keineswegs zur Evidenz geliefert, und sowohl Zenker als Waldeyer haben ganz übersehen, dass bei den unumgänglich nothwendigen Manipulationen der Trennung der einzelnen Bündel mit Nadeln, welche man vornehmen muss, wenn man überhaupt nur etwas genau die einzelnen Bündel sehen will, sehr wohl Zellen aus Sarkolemmaschläuchen durch Zerreissung befreit werden und ausfallen können. Vollends unbefriedigend ist die Darstellung der Entwicklung der jungen Fasern und ihres Sarkolemma. Will man für das letztere die S. 507 l. c. entwickelte Ansicht Waldeyer's auch zugeben, wonach das Sarkolemma eine umgewandelte Lage des anfangs noch indifferenten Zwischengewebes der jungen Muskelfasern, nach Art elastischer Grenzmembranen gebildet sei, so kann man doch der Ansicht Waldeyer's nicht beistimmen, wenn er die jungen Muskelfasern aus mehreren sich aneinanderreihenden Zellen entstehen lässt. Es ist diess dieselbe Auffassung, welche Deiters, Margo, Moritz und Andere für die embryonale Entwicklung der Muskelfasern behaupten, während schon Remak die Entstehung der sogenannten Primitivmuskelbündel aus einer einzigen Zelle gezeigt hat, deren Kerne sich durch Theilung vermehren und in dem zur quergestreiften Substanz sich umbildenden und rasch anwachsenden Protoplasma vertheilen. Diese Remak'sche Darstellung ist längst von Max Schultze, Kölliker u. A. in Deutschland und noch neuerlichst wieder in einer werthvollen Arbeit von Wilson Fox \*) in England bestätigt worden. Es wäre in der That sehr auffallend, wenn die regenerative Neubildung der Muskelfasern einem wesentlich anderen Typus folgen sollte, als die embryonale Bildung derselben. In Wirklichkeit ist diess nicht der Fall, wie ich schon in meiner vorläufigen Mittheilung angedeutet hatte, und im Folgenden ausführlich darthun werde.

In Bezug auf die langen, bandartigen blassen kernreichen Elemente, welche ich bereits erwähnt und welche auch Zenker beobachtet hatte und die er ebenso wie ich für junge Muskel-

\*) On the development of striated muscular fibre. Phil. Transactions. 1866. S. 101 ff.

fasern erklärte, kommt Waldeyer zu dem Resultate, dass sie nicht neugebildete, sondern zerfallende Elemente seien, welche durch Zerspaltung alter Muskelbündel entstünden. Solche Spaltungen hatten besonders Weismann und Peremeschko behauptet und vielleicht war Waldeyer in seiner Ansicht dadurch bestärkt worden, dass auch Virchow Zenker gegenüber auf der Naturforscher - Versammlung zu Speyer den Einwand erhob, es möchten die von ihm gesehenen Formen vielmehr Spaltungsprodukte der Muskelfasern sein \*). Waldeyer führt dafür besonders den Grund an, dass in echten jungen Muskelfasern die Kerne ganz regelmässig vertheilt ständen, während die von Zenker abgebildeten eine ganz unregelmässige Vertheilung der Kerne zeigten. Abgesehen davon, dass man die schöne zarte Querstreifung des Protoplasma dieser jungen bandförmigen Muskelspindeln nicht mit der kräftigen Zeichnung zerfallender Muskelbündel verwechseln kann, ist zu beachten, dass letztere stets im Sarkolemma liegen (s. u. S. 246) und nach Verletzungen nur bei eintretender Eiterung nicht bei subcutanen Wunden vorkommen. Ausserdem aber finden sich beim embryonalen Wachsthum der Muskeln genau dieselben Bänder und oft auch ähnliche Unregelmässigkeiten in der Form und in der Vertheilung der Kerne. Dass bei einer starken Production wie in verletzten Muskeln, die Formen gelegentlich etwas grotesk ausfallen, wird Niemand Wunder nehmen, der überhaupt normale Gewebe in pathologischen Zuständen untersucht hat.

Ich möchte nun nicht, dass man die vorgebrachten Zweifel über die Richtigkeit der Waldeyer'schen Darstellung als Tadel auffasse; wie man sehen wird, stimme ich in vielen Punkten mit Waldeyer völlig überein, allein ich konnte diese Einwände nicht übergehen, wenn ich darlegen wollte, was in seiner Arbeit noch unbefriedigend und unerledigt geblieben ist. Dieser Umstand wird es aber auch genügend motivirt erscheinen lassen, wenn ich meine eigenen Untersuchungen im Folgenden ausführlich mittheile.

\*) S. Zenker's Schrift S. 49. Nach der Darstellung in dem erst nach der Abfassung dieses Aufsatzes erschienenen 3. Bande „der krankhaften Geschwülste“ scheint Virchow auch jetzt noch an dieser Auffassung festzuhalten (S. 101 u. 106). In Bezug auf meine Beobachtung von Macroglossa bemerke ich, dass die jungen Entwicklungszustände erst an dem neu hervorgewachsenen Stücke der Zunge beobachtet wurden, sich also wahrscheinlich aus der Verletzung durch die erste Operation erklären.

Ich habe schon früher darauf hingewiesen, dass es gegenüber der durch alle Lehrbücher wiederholten und immer wieder abgeschriebenen Behauptung, dass Muskelwunden nur durch Bindegewebe und nicht durch Regeneration heilen \*), sehr auffallen muss, dass man bei genauer Untersuchung alter Muskelwunden solche Bindegewebsnarben viel weniger findet, als man erwarten sollte. Ich habe seit einer Reihe von Jahren darauf geachtet und empfehle namentlich die Untersuchung alter complicirter Beinbrüche dazu. Es ist überflüssig meine einzelnen Beobachtungen hier zu specificiren, da jede alte Fractur zur Bestätigung Gelegenheit gibt. Besonders die so oft nur mit bedeutender Deformität heilenden Unterschenkelbrüche eignen sich vortreflich dazu. Man wird nun staunen, wenn man eine solche alte Bruchstelle untersucht, wie frisch und gesund die Muskulatur rings um dieselbe aussieht. Allerdings findet sich mitunter auch ein narbiger Bindegewebsstreifen im Innern eines Muskels, aber die grössere Mehrzahl zeigt an Stellen, wo die Muskulatur durch die hervorstehenden und in dieser Lage geheilten Knochensplitter offenbar stark zerrissen gewesen sein muss, ganz gleichmässig über die Bruchstelle hinweg verlaufende Muskeln. Dasselbe gilt von tiefen Hiebwunden. Wenn auch die Muskeln zuweilen durch Bindegewebsstränge theilweise durchsetzt oder auch wohl an die Haut und den Knochen angelöthet sind, so fehlen doch fast nie Stellen, wo die Muskelbündel so glatt und unversehrt über die Narbe in der Tiefe und zwischen der Hautnarbe hinweglaufen, dass man keinen Augenblick zweifeln kann, dass wenigstens eine theilweise Regeneration stattgefunden haben muss. Die alte Behauptung, dass ein durchschnittener Muskel in Folge der Verletzung ein Zwischenband zeige und gleichsam in einen zweiköpfigen verwandelt werde, ist durchaus nicht wörtlich zu nehmen, und in der Regel laufen einzelne Muskelstränge mitten durch die Bindegewebschwiele hindurch.

Diese leicht zu bestätigende Thatsache veranlasste mich neben dem Anstosse, den mir meine früheren bestrittenen Beobachtungen gaben, die Muskelregeneration an Thieren in einer Experimentalreihe zu verfolgen. Ich wählte dazu vorzugsweise Kaninchen, habe aber auch an Hunden, an Katzen und am Menschen die Richtigkeit meiner Beobachtungen bestätigt.

\*) Zenker hat die Geschichte dieses Mythos ausführlich dargelegt. S. l. c. S. 51.

## Ich gebe zunächst eine Uebersicht der Experimente an Kaninchen.

I. Am 1. Juni 1863 wurde einem weissen Kaninchen an beiden Hinterbeinen eine Verletzung des *M. tibialis anticus* gemacht; links wurde ein Stück der Länge und Quere nach exstirpirt, rechts ein einfacher Querschnitt angelegt; über beiden Wunden wurde die Haut vereinigt. Am 5ten, also am vierten Tage, wurde die Wunde rechts wieder geöffnet und ein Stück Muskel mit der neugebildeten gallertigen gefässreichen Zwischenmasse excidirt. Der Muskel zeigte in der Nähe der Verletzung zahlreiche Zellenschläuche; hie und da körnige, meist schollig zerfallende Muskelbündel, die gefässreiche Zwischenmasse zeigte ausser Bindegewebszellen junge Muskelzellen. Am 6ten, also 5 Tage nach der Verletzung, wurde die Hautwunde auch am linken Bein nochmals geöffnet und auch hier ein Stück Muskel nebst dem neugebildeten Zwischengewebe excidirt; es fand sich dasselbe wie am 4ten Tage. Auf diesen Versuch beziehen sich die Figuren 1, 9, 10 u. 12. Es entwickelte sich am linken Beine eine rasch um sich greifende Phlegmone, durch welche die Haut nicht bloss vom Beine, sondern auch vom Bauche abgelöst wurde. Das Thier wurde am 8. Juni todt gefunden. Die Muskelwunden zeigten auf beiden Seiten reichliche Eiterbildung, spärlich beginnende Granulationen und etwas weiter vorgeschrittene Muskela Neubildung. Von diesem Tage sind die in Fig. 2, 3 u. 12 abgebildeten Präparate.

II. Einem weissgrauen Kaninchen wurde am 1. Juni 1863 der Biceps des rechten Vorderarmes subcutan durchschnitten. Am 8ten Tage wurde das Thier getödtet. Es fand sich die Lücke zwischen dem Schnitte durch ein nicht eiterhaltiges, gefässreiches, gallertiges, junges Bindegewebe ausgefüllt. Die Muskelzellenschläuche, die Entwicklung der Bindegewebsgranulationen und der jungen Muskelzellen war genau wie im vorigen Versuche, nur fehlten die Eiterkörperchen. Von diesem Versuche sind die Abbildungen Fig. 4, 5 u. 6 entnommen.

III. Einem grauen Kaninchen wurde am 4. August 1863 ein Stück mit der Hohlscheere aus dem *Tibialis anticus* des linken und rechten Hinterbeins geschnitten und die Haut darüber vereinigt. Am 17. Aug., also am 13ten Tage, wurde rechts das Stück, welches die alte Wunde mit angrenzender Muskelsubstanz umfasste, excidirt. Die jungen Muskelfasern waren bereits zu sehr ansehnlichen Muskelspindeln mit kräftiger Querstreifung herangewachsen und zeigten die Entwicklung des Sarkolemma (Fig. 11 u. 15). Uebrigens fanden sich auch noch Muskelzellenschläuche und zahlreiche junge Muskelzellen. Es wurde nun die Hautwunde über der Muskelwunde offen gelassen. Sie begann zu eitern, heilte aber allmählich zu und erschien am 9. September, also 36 Tage nach der ersten Verletzung geheilt. Es wurde jetzt der ganze *M. tibialis anticus* exstirpirt; er zeigte an der Stelle der Verletzung eine feine etwas eingezogene Narbe, die noch ziemlich gefässreich zahlreiche Granulationszellen enthält, aber auch von zahlreichen jungen bereits lang ausgewachsenen Muskelspindeln durchsetzt wird. Daneben finden sich noch alle Formen junger Muskelbildung. Die Muskelfasern selbst sind von sehr variabler Breite; man sieht zahlreiche schmale Bündel mit Kernreihen (wie in Fig. 11), aber die geballten und die Muskelzellenschläuche sind verschwunden. Am 19. Septbr., 46 Tage nach der Verletzung, wurde auch links der verletzt

gewesene Muskel extirpirt. An der Stelle der Verletzung fand sich eine ziemlich breite noch etwas vascularisirte Narbe mit reicher Bindegewebsentwicklung und jungen Muskelfasern. Diese sind ausserordentlich lang geworden und laufen an beiden Seiten schmal zu. Hie und da sieht es täuschend so aus, als seien sie aus einer Spaltung hervorgegangen. Bei genauerem Nachsehen überzeugt man sich, dass diess nicht der Fall ist, sondern dass sie vielmehr nur die ausgewachsenen nebeneinanderliegenden Muskelzellen sind. Von Muskelzellenschläuchen war Nichts mehr zu sehen. Die alten Muskelbündel, soweit sie nicht in der Granulationsmasse aufgegangen waren, endeten zum Theil ähnlich wie an einer Sehne an der Narbe; aber zwischen ihnen, die Narbe durchsetzend, verlaufen die neuen, schmälere, zarteren noch deutlich spindelförmig und durch grössere Schmalheit und feinere Streifung von den alten zu unterscheiden. Wiewohl die Narbe eingezogen ist, gehen doch die jungen Muskelbündel continuirlich über sie nach beiden Seiten hinaus und greifen zwischen die alten ein. An manchen Stellen sieht man zwischen den letzteren noch ganze Reiben von Granulationszellen.

IV. Am 17. August 1863 wurde einem schwarzen Kaninchen ein Stück quer aus dem linken Tibialis ausgeschnitten und die Wunde offen gelassen. Die verletzte Stelle wurde am 20sten Tage nochmals excidirt und zur Untersuchung benutzt. Schliesslich wurde am 50sten Tage der ganze Muskel extirpirt. Die Wunde vom 20sten Tage unterschied sich sehr wenig von der 13 Tage alten in Versuch III. Die Narbe vom 50sten Tage ist sehr fein, und zeigt quer über den Defect hinweglaufende junge Muskelfasern; sie ist noch ziemlich gefässreich.

V. Am 21. Juli 1863 war einem schwarzen Kaninchen ein Stück aus dem Biceps ausgeschnitten worden; der Biceps wurde am 88sten Tage excidirt. Es fand sich eine feine lineare Narbe, in deren Nähe der Muskel etwas hyperämisch erschien; diese Narbe besteht aus einem feinen Bindegewebstreifen mit spindelförmigen Bindegewebskörperchen; einzelne solche Bindegewebstreifen setzen sich auch in den Muskel nach beiden Seiten hin fort. An der Bindegewebsschwiele endigen einzelne Muskelbündel wie an einer Sehne, andere gehen continuirlich über die Narbe hinweg, so dass letztere wie ein von Muskelfasern durchsetztes und durchlöcherteres Septum erscheint. Es ist aber schon makroskopisch zweifellos zu sehen, dass sich zwischen dem Perimysium externum und der Narbe neue Muskelbündel gebildet haben. Man sieht zwar ausserdem mikroskopisch noch einzelne junge Formen, im Ganzen sind dieselben aber sehr spärlich.

VI. Am 15. October 1863 wurde einem gelbgrauen Kaninchen ein queres Stück aus dem Tibialis anticus der rechten Seite ausgeschnitten; dasselbe geschah linkerseits. Der letztere Muskel wurde am 33sten Tage, der erstere am 120sten Tage excidirt. Jener zeigte keinen Unterschied von dem Befunde in Versuch III. Die vier Monate alte Narbe zeigte keine Spur mehr von Gefässentwicklung, doch konnte man sich auch hier ganz bestimmt von der Bildung neuer Muskelfasern, die sich nicht mehr von den alten unterscheiden, überzeugen. Formen des Zerfalls und der Rückbildung waren nicht mehr aufzufinden. Wenn man auch noch vereinzelt freien Muskelzellen begegnet, so sind dieselben doch nur mit grösster Mühe noch nachzuweisen. Der Regenerationsprozess scheint also abgeschlossen zu sein. Das Bindegewebe der Narbe erscheint spärlicher als am 88sten Tage.



Ich hatte somit eine Reihe von Präparaten gewonnen, welche dem 4., 5., 7., 8., 13., 20., 33., 36., 46., 50., 88. u. 120. Tage nach der Verletzung entsprachen; dabei waren subcutane, einfache Querschnitte, Längsschnitte, Exstirpationen grösserer Stücke mit und ohne offene Hautwunde, und durch wiederholte Verletzung waren einzelne Muskelwunden einer besonders starken Reizung ausgesetzt worden.

Der einzige Unterschied, welcher sich an den offengelassenen oder stärker und wiederholt gereizten Wunden zeigte, war der, dass die rein subcutanen keine Eiterbildung im jüngeren Granulationsgewebe wahrnehmen liessen, während jene dagegen Eiter und Granulationsbildung in verschiedenen Graden darboten. Der Regenerationsprozess an den Muskeln schien aber durch stärkere Reizung weder beschleunigt, noch auch beeinträchtigt. Nur wurde die Untersuchung bei starker Eiterung und üppigen Granulationen etwas erschwert, weil die Granulationsgefässe die Muskeln stärker umhüllten. Einerseits schien die Zellbildung in den Muskelschläuchen etwas reichlicher zu sein, andererseits ist der körnige Zerfall der alten Muskelbündel um so stärker, je stärker die Eiterung auftritt. Ebenso wenig waren Unterschiede an Quer- und Längsschnitten bemerkbar; nur dass erstere die klare Einsicht in den Vernarbungsprozess sehr erleichterten.

An Hunden und Katzen habe ich dieselben Untersuchungen wiederholt, wenn auch nicht in so methodischer Folge. Ich benutzte hier theils Fracturen mit starker Zerreissung der Muskeln, theils einfache Wunden und habe solche von 2 Tagen bis zu 4 Monaten durchforscht. Bei Hunden ist der Neubildungsprozess etwas lebhafter und geht rascher von Statten; auch ist die Neigung zur Eiterung bei ihnen sehr gering. Bei Katzen habe ich keinen Unterschied von den Kaninchen wahrgenommen. Ebenso habe ich zahlreiche dargebotene Gelegenheiten bei Menschen benutzt, um Muskeln neben Fracturen nach Exstirpation von Geschwülsten oder bei Muskelwunden selbst zu untersuchen. Auch Muskelabscesse Pyämischer bieten ein gutes Material. Ich komme später auf die Befunde kurz zurück. Wenn man aber regenerative Vorgänge sehen will, so darf man sich nicht auf die Excision eines Stückchens der Granulationen an der Wundfläche beschränken; in diesen sieht man selten mehr als ganz junge Spindeln, welche man schon

kennen muss, wenn sie nicht der Aufmerksamkeit entgehen sollen. Man schneide daher ein Stück vom Muskel selbst ab, oder begnüge sich mit möglichst frischen Leichenpräparaten, die übrigens selbst mehrere Tage lang noch zur Untersuchung sich eignen.

Zuvor noch ein Wort über die Untersuchungsmethoden. Am Besten untersucht man ganz frisches Material unter Zusatz von verdünntem Glycerin (1 : 2); Wasserzusatz ist ganz unbrauchbar. Sehr gute Präparate geben Muskeln, die einige Tage in einer Lösung von 12 Gr. chromsaurem Kali auf 1 Unze Wasser gelegen haben. Stärkere Lösungen machen zu starke Schrumpfung der Kerne. Aus demselben Grunde sind auch Chromsäurelösungen nicht zu empfehlen; so schön diese die Querstreifen conserviren, so undeutlich werden nach einiger Zeit die Muskelkerne; dagegen lassen sich Präparate, die nur einige Tage in Chromsäure gelegen haben, in Glycerin sehr gut untersuchen. Die Carmintinction ist allenfalls nur an Glycerinpräparaten zu benutzen. Alkohol und Terpenthin sind ganz nachtheilig, da die Muskelkerne viel zu sehr schrumpfen; die Conservation in Firniss ist ebenso unzulässig und ich empfehle, die Präparate aus chromsaurem Kali in verdünntem Glycerin einzuschliessen, wo sie sich dann Jahre lang halten. So habe ich in der Sitzung des naturhist.-medic. Vereins zu Heidelberg vom 3. Januar 1867 meine Präparate aus dem Sommer 1863 noch zeigen können.

Ich stelle nunmehr die Ergebnisse meiner Untersuchungen zusammen und will zuerst die Veränderungen, welche man an den alten Muskelfasern und deren Umgebung beobachtet, schildern, sodann die Entwicklung der jungen Muskelfasern und des Sarkolemma verfolgen.

1. Veränderungen der alten Muskelbündel nach Verletzungen. Untersucht man die abgeschnittenen Enden der Muskelbündel unmittelbar nach einer frischen Verletzung, so bemerkt man das Sarkolemma der einzelnen Bündel spitz konisch dütenförmig ausgezogen, auch wohl theilweise aufgedreht, während die contractile Substanz innerhalb der Bündel zurückgeschnurrt ist und in verschiedene quere unregelmässige Fragmente getheilt erscheint. Diese Zusammenballung der zer-rissenen contractilen Substanz und deren Zerklüftung durch

unregelmässige Querrisse ist nicht in allen Muskelprimitivbündeln gleich. Sie tritt am stärksten hervor, wo der Sarkolemmaschlauch an der Wunde offen steht, und am geringsten, wo er in eine feine Spitze ausgezogen ist. In solchen Fällen begegnet man auch Muskelbündeln, die ganz unversehrt sind, und weder eine Zerklüftung noch eine Zusammenballung und eine Retraction der contractilen Substanz auf sich selbst bemerken lassen. Das Mikroskop zeigt ganz deutlich, wie die Querstreifung an solchen Stellen in Unordnung geräth, und wie die einzelnen Stücke der contractilen Substanz ähnlich wie zerrissene Gummifäden in einem Hosenträger sich unregelmässig aufrollen, siehe Fig. 1, f und Fig. 4 bei a u. d. Offenbar sind diese Erscheinungen von der mehr oder minder starken Zerrung der einzelnen Bündel in dem Augenblicke der Verletzung abhängig und sie müssen als die unmittelbare Folge derselben betrachtet werden. Das Sarkolemma, als die elastischere und zähere Hülle reisst später, die contractile Substanz früher, jenes wird hervorgezerrt und dütenförmig ausgezogen, diese zerreisst an verschiedenen Stellen und zieht sich in einzelnen Ballen oder Klumpen auf sich selbst zurück. Der Vorgang ist also ganz ähnlich wie bei einer Arterie, an welcher die elastische und zähe Adventitia hervorgezogen wird, während die Media und Intima sich zurückziehen und aufrollen, nur dass diese letzteren vermöge ihrer grösseren Zähigkeit nicht einreissen. Ausser dem Blutergusse und den Zerreissungen der Muskelgefässe bemerkt man unmittelbar nach der Verletzung noch keine weitere Veränderung.

Sehr bald aber beginnt die contractile Substanz, wo sie zerklüftet, zusammengeballt und in sich zusammengeschnurrt ist, ihre Anfangs noch ganz deutliche Querstreifung mehr und mehr zu verlieren. An einzelnen Klumpen der contractilen Substanz lässt sich dieselbe zwar noch mehrere Tage nach der Verletzung deutlich wahrnehmen, allein die grössere Menge der Fragmente bekommt einen eigenthümlichen Glanz, reflectirt das Licht stärker, und entspricht durchaus dem, was Zenker die wachsartige Degeneration genannt hat, während schon Rokitsky\*) sie als mattglasige Klumpen beschrieb. Wenn auch das Aussehen der einzelnen Fragmente an Wachs erinnert, so halte ich doch

\*) S. Lehrbuch der path. Anat. 3. Aufl. II. S. 220. Fig. 15.

die Bezeichnung für keine sehr glückliche, zumal sie für Anfänger Verwirrung herbeiführt, die an wachsartige Degeneration der Leber, Milz oder Nieren denkend, sie mit der amyloiden Entartung oder, wie ich vorziehe zu sagen, der glasigen Verquellung verwechseln können; es hat aber diese Erscheinung an den Muskeln, mag sie rein traumatisch oder durch Zerreissung der Muskeln in Krankheiten wie namentlich im Typhus entstehen, mit der amyloiden Entartung nichts gemein und ich stimme Waldeyer vollkommen bei, der sie wie schon Bowman für eine reine Folge der Retraction der zerrissenen Muskelportionen ansieht. Spuren der Querstreifung entdeckt man auch noch in weit vorgeschrittenen Stadien dieser Veränderung. Ich meine also, dass es sich um eine allmähliche Aufhebung der mit der Querstreifung verbundenen optischen Eigenschaften des contractilen Protoplasma's handelt, das gewissermaassen in einander fließt, obwohl man nur an eine zähflüssige Masse denken kann, in welcher die reihenförmig sich aneinanderschliessenden Disdiaklasten liegen. Die letzteren gerathen dabei in Unordnung und ordnen sich oft schräge, oft in Längsreihen anstatt der Querstreifen. Aehnliches hat ja Kühne bei der Bewegung einer lebenden Nematode innerhalb eines Sarkollemmaschlauches beobachtet\*) und für diese viscido Beschaffenheit der contractilen Substanz sprechen alle Erscheinungen der Todtenstarre.

In den Lücken und Klüften zwischen der zusammengeballten Protoplasmamasse sieht man jetzt immer deutlicher und zahlreicher junge Zellen auftreten. Fig. 1 a. Dieselben gehen aus den Muskelkörperchen hervor. Waldeyer hat sehr richtig bemerkt (S. 480 l. c.), dass man sich in einigen Fällen des Eindrucks nicht erwehren kann, als ob der ganze quergestreifte Inhalt sich um die Muskelkerne nach Art von Zellprotoplasma gruppirt habe, und geradezu in eine an Masse äquivalente Anzahl von Zellen aufgegangen sei; dieselbe Bemerkung hatte auch Billroth (s. dieses Archiv Bd. VIII. S. 260) gemacht, indem er sagt, „zuweilen sieht man die Hülle mit solcher Menge von Kernen erfüllt, dass es scheint, als wenn die Muskelsubstanz in der Neubildung aufgehe“. Damit steht es in Zusammenhang, dass man unzweifelhaft die

\*) S. dies. Archiv Bd. XXVI. S. 222.

stärkste Zellenneubildung in denjenigen Muskelbündeln sieht, welche am stärksten zerklüftet waren. Die Zerklüftung scheint somit den Anstoss zur reichlichsten Wucherung zu geben.

Eine Vermehrung der Muskelkörperchen oder sogenannten Muskelkerne durch Theilung sieht man schon sehr bald nach der Verletzung eintreten; sie wird in den ersten Tagen bis zum fünften oder sechsten Tage immer reichlicher, ist aber keineswegs an allen verletzten Muskelbündeln gleich reichlich. Sie erstreckt sich auf die Entfernung eines Zolls und darüber von der Wunde; fast alle Muskelbündel, die überhaupt verletzt worden sind, zeigen sie. Am wenigsten diejenigen, deren quergestreifte Substanz gar nicht oder nur an der Spitze in Unordnung gerathen oder die im körnigen Zerfalle begriffen sind. Bei diesen (Fig. 1, d, e, f) sieht man die reichlichere Theilung der Muskelkörperchen auf die Spitze beschränkt, weiter entfernt sind die Muskelkörper einfach; nur hie und da zeigen sich Gruppen von Muskelkörpern, theils in Längsreihen, theils auch in rundliche Häufchen geordnet. Am üppigsten ist die Vermehrung an Stellen, wo die contractile Substanz ganz auseinander gewichen ist, Fig. 3 und Fig. 1, d. Ob die Jugend oder das Alter der einzelnen Muskelprimitivbündel dabei von Einfluss ist, lässt sich nicht sagen; es wäre möglich, und zum Theil spricht dafür der Umstand, dass diejenigen Muskelbündel, in welchen sich die contractile Substanz nicht zusammenballt, sondern in denen sie körnig oder fettig zerfällt, nur sehr geringe Vermehrung der Muskelkerne zeigt. Andererseits könnte auch die grössere oder geringere Zerrung der einzelnen Bündel vor der schliesslichen Zerreissung, die jede Verletzung, auch eine solche mit dem schärfsten Messer, machen muss, die Hauptveranlassung zur reichlicheren oder spärlicheren Zellbildung sein. Dafür spricht, dass einfache Schnitwunden mit dem Messer weniger Muskelzellenschläuche zeigen, als Ausschnitte mit der Scheere. Schliesslich sieht man an einzelnen Muskelbündeln die quergestreifte Substanz ganz durch junge Zellenbrut ausgestopft. Diese liegt gruppen- oder haufenweise und der einzelne Haufen entspricht einem mattglasigen Klumpen. Bald findet man noch Fragmente, Scheiben der quergestreiften Substanz zwischen den Haufen (Fig. 3), bald ist diese gänzlich consumirt, und die Zellhaufen erfüllen den Sarkolemmaschlauch vollständig.

Diese Bildungen hat Waldeyer sehr passend mit dem Namen Muskelzellenschläuche belegt. Zuweilen schiebt sich auch aus dem abgerissenen Ende eines Bündels innerhalb des konisch zulaufenden Sarkolemmaschlauches oder vor das abgerissene Ende desselben hervortretend, ein schmaler blasser fein quergestreifter Streifen contractilen Protoplasma's hervor, den man als neugebildet ansehen muss, da er von der alten quergestreiften Substanz sich deutlich abgrenzt (Fig. 4 e u. Fig. 6 b). In demselben liegen dann unregelmässig vertheilt gewöhnlich eine Anzahl blasser Kerne; manchmal wird aber auch ein spindelförmiger Muskelzellenschlauch von solcher blasser quergestreifter Substanz begrenzt (Fig. 1 d).

Ich habe schon oben bemerkt, dass nun keineswegs alle verletzten Primitivbündel die Umwandlung in Zellenschläuche wahrnehmen lassen. In vielen findet sich anstatt der Zusammenballung auch eine einfache körnige Degeneration, die sich eine Strecke weit hinauf erstreckt, bis die Querstreifung wieder deutlicher hervortritt (Fig. 2 c und b). Dabei sind von dem Auftreten einzelner Körnchen neben undeutlicher Querstreifung bis zum Uebrigbleiben einer ganz blassen nur hie und da noch feinkörnigen nirgends mehr gestreiften Substanz alle Grade dieser Degeneration vertreten. Ich habe dieselbe schon früher von eiternden Muskeln (Bd. XV. dieses Archivs Taf. IX. Fig. 1) abgebildet und dabei auf das Erscheinen von Löchern oder Vacuolen aufmerksam gemacht, die an diesen ganz aufgelösten Muskelbündeln auftreten, indem an den Stellen wo die Kerne liegen, die auch bei dieser Entartung in der Vermehrung begriffen sein können, Lücken entstehen. Waldeyer hat meine Beobachtungen auch in diesem Punkte bestätigt. Es ist nun möglich, dass diese körnige Entartung an den älteren und nicht mehr so lebenskräftigen Elementen vorkommt, wenigstens spricht dafür der Umstand, dass man solche körnige und dann abmagernde, gleichsam ausgesogene Bündel bei ganz unversehrter Muskulatur im normalen Körper auffindet, und dass sie die allergewöhnlichste Veränderung der Muskeln in jedem stärkeren Fieber ist. Eine eigentlich fettige Degeneration findet man nach einfachen Verletzungen selten. Die körnige Degeneration verhindert übrigens keineswegs das Auftreten einer Kernwucherung absolut, nur scheint dasselbe in der Regel müssi-

ger zu bleiben. In stark eiternden Muskelwunden sind die körnig zerfallenden Muskelfasern oft vorwiegend und dann wird der Eiter meist nur vom Perimysium und den Capillaradventitien geliefert. Das dürfte zum Theil erklären, warum manche Beobachter die von mir geschilderte intramuskuläre Kernwucherung nicht auffinden konnten.

Wir müssen nun die innerhalb des Sarkolemmaschlauches entstehenden jungen Elemente noch genauer in's Auge fassen. Unmittelbar aus der Theilung hervorgegangen sind die neuen Muskelkörperchen eher kleiner als die ungetheilten und in dieser Weise liegen sie oft reihen- oder gruppenweise in den Bündeln vertheilt; in anderen wachsen sie sehr rasch an, der Kern wird grösser bis zum doppelten Umfange; bald eckig, bald rundlich, je nachdem es der Raum und der Druck der Nachbarn gestattet. Um die vergrösserten Kerne herum tritt nun auch neues anfangs homogenes Protoplasma auf, welches die Kerne einhüllt ohne selbst eine membranöse Hülle, eine eigentliche Zellwand auszuschcheiden. Die jungen Bildungen bekommen dadurch entschieden den Rang und die Bedeutung von Zellen, auch wenn sie noch mitten in quergestreifter Substanz oder im Innern der Sarkolemmaschläuche liegen. Selten hat man Gelegenheit innerhalb der letzteren noch eine weitere Umwandlung des Protoplasma zu beobachten. Dasselbe wird nämlich bald dunkelkörnig und die Körnchen ordnen sich sehr bald in der Form von Querstreifen. Doch habe ich solche Zellen mit quergestreiftem Protoplasma, welches sich nach beiden Seiten hin spindelförmig ansammelt auch innerhalb der Muskelbündel und namentlich in den Zellschläuchen beobachtet (s. Fig. 2 a und Fig. 6, a, b, c). Dass diese Zellen innerhalb der Muskelschläuche liegen, sieht man ganz unwiderleglich an den Querschnitten (s. Fig. 7 und 8). Auch Waldeyer, dessen Beobachtungen insofern ganz mit den meinen übereinstimmen, als er gegenüber von Zenker die Zellneubildung innerhalb der Muskelbündel behauptet, während Zenker sie fast ausschliesslich in das Perimysium verlegt, scheint etwas der Art gesehen zu haben, wenigstens spricht er von dunkel gekörntem Protoplasma und gibt einzelne Abbildungen (Taf. X. Fig. 5 namentlich aber Fig. 1), welche dem von mir Gesehenen vollkommen entsprechen. Nur lässt er sie nicht für junge Muskelzellen gelten. Grössere viel-

kernige quergestreifte Platten, die vielkernigen Riesenzellen oder Myeloplaxen entsprechen, wie sie Waldeyer beim Meerschweinchen im Innern der Muskelfasern gesehen hat, habe ich bisher nur frei beobachtet, wiewohl mir oft genug grosse Kernhaufen im Innern der Muskelbündel auch schon früher vorgekommen sind (s. Bd. XV. des Archivs Taf. VIII. Fig. 4 u. 5). Das unzweifelhafte Vorkommen solcher jungen mit dunkelkörnigem oder nahezu quergestreiftem Protoplasma versehenen Muskelzellen, wie ich es bei wiederholter Untersuchung neuerdings oft genug gesehen habe und wie es besonders an Präparaten, die einige Tage in chromsaurem Kali gelegen haben, zu constatiren ist, erscheint nun von grosser Bedeutung, zumal man hie und da Muskelzellenschläuche antrifft, welche ganz mit solchen Zellen erfüllt sind (Fig. 2 a). Denn ich finde, dass diese Zellen unter regelrechtem Verlaufe der Verletzung fast nie fettig degeneriren und habe nur bei Muskeleriterung fettig entartete und zu Grunde gehende Elemente der Art beobachtet. Aber bei starker Eiterung bilden sich auch innerhalb der Muskelbündel aus den Muskelkernen viel kleinere Elemente, die nicht mehr zu jungen Muskelzellen, sondern zu Eiterkörperchen werden. Das habe ich schon 1859 richtig beschrieben. Seither ist es von Zenker und Waldeyer bestätigt worden. Unzweifelhaft treten die jungen Zellen aus den Sarkolemmaschläuchen hervor und schieben sich zwischen die Granulationszellen ein. Diess sieht man nicht bloss an den abgerissenen Enden der mit Zellen erfüllten Schläuche und Bündel, wie es auch Waldeyer gesehen hat (l. c. S. 482) und wie ich es Fig. 2 a abbilde, wo ein Zellenschlauch gewissermaassen seinen Inhalt ausschüttet; man beobachtet vielmehr auch gar nicht selten mehr oder minder veränderte Muskelbündel, welchen solche quergestreifte junge Muskelzellen in der Art entweder seitlich oder an der Spitze anhängen, dass man sich kaum der Ansicht erwehren kann, dass sie aus dem Innern des Sarkolemmaschlauchs hervorgetreten sind; diess ist namentlich dann der Fall, wenn ein Ende der Zelle innen, das andere aussen liegt. Ich habe in Fig. 6 mehrere solche Fälle abgebildet. Ob das Sarkolemma dabei durchbrochen wird, wie es an einzelnen Stellen den Anschein hat (Fig. 6 a), ist mir freilich nicht klar geworden, wie denn überhaupt das Schicksal dieser zarten Membran noch nicht hinlänglich deutlich zu verfolgen ist.



Waldeyer meint, es sei unzweifelhaft, dass sie schliesslich auf eine oder die andere Art zu Grunde gehe. Ich habe für eine solche Annahme keinen hinreichenden Anhaltspunkt aus meinen Beobachtungen gewonnen. Zerreibungen des Sarkolemmaschlau-ches sieht man freilich oft genug; allein dieselben können auch durch die Präparation entstehen; mir scheint aber zweifellos, dass sich die jungen Zellen aus den vollgepfropften Schläuchen hervor-schieben können. Die leeren Sarkolemmaschläuche, welchen man oft genug begegnet und an welchen man am besten sieht, dass sie ausser den Capillaren und deren Kernen noch eigene Kerne tragen, halte ich für Präparationsprodukte, da ich sie, was frei-lich vielleicht unmöglich wäre, niemals zwischen unversehrten Muskelbündeln angetroffen habe.

Veränderungen zwischen den alten Muskelbündeln. Wir haben bisher nur von den Vorgängen gesprochen, welche an den verletzten Muskelprimitivbündeln innerhalb des Sarkolemma vor sich gehen. Es ist nunmehr nothwendig auf die Vorgänge zwis-chen den Muskelbündeln und rings um dieselben Rücksicht zu nehmen.

In meinen früheren Mittheilungen habe ich von einer Ver-mehrung der Kerne des Sarkolemma gesprochen. Eine solche wird von Waldeyer in Abrede gestellt, weil das Sarkolemma keine Kerne besitze. Bezeichnet man als Sarkolemma nur den structurlosen Schlauch, welcher das einzelne Muskelbündel umhüllt und auf welchem die Capillaren verlaufen und welcher an den Stellen der Nervenendplatten von dem Achsencylinder durchbohrt wird, so muss man die an seiner Aussenseite liegenden Kerne sämtlich entweder dem sogenannten Perimysium d. h. der binde-gewebigen Fortsetzung des Perimysium externum zurechnen, oder sie als Kerne einer Adventitia der Capillaren und der Nerven be-zeichnen. Die an der Innenseite des Schlauches liegenden Kerne würde man sämtlich für Muskelkörperchen erklären müssen. Ge-netisch muss man zugeben, dass das Sarkolemma aus den zwis-chen den Muskelbündeln liegenden Bindegewebszellen hervorgeht. Ich habe mich wenigstens weder bei Embryonen noch bei den später zu beschreibenden jungen Muskelfasern überzeugen können, dass das Sarkolemma, wie diess neuerlichst wieder Wilson Fox in seiner schon angeführten trefflichen Arbeit behauptet, nichts

anderes, als die Zellmembran der wachsenden Muskelzelle sei. Immer bleiben aber noch Kerne übrig, welche in diesem Sarkolemma selbst liegen und die ich als die Kerne der zum Sarkolemma verschmolzenen Bindegewebszellen ansehen muss. Man sieht sie deutlich am Rande der Muskelbündel, wo sie kleine hügelartige Hervorragungen bilden (s. z. B. Fig. 2 b). Bei der Isolirung der Sarkolemmaschläuche wenn entweder die contractile Substanz durch körnige Entartung zu Grunde gegangen ist oder der Schlauch mit den auf ihm verlaufenden Capillaren sich wie eine Haut von einem Muskelbündel abgestreift hat, bleiben zwischen den Capillarmaschen immer hie und da ovale Kerne liegen (s. Bd. XV. dieses Archivs Taf. VIII. Fig. 7). Diese rechne ich zum Sarkolemma. Dieselben zeigen nun sowohl bei spontanen Entzündungen und Eiterungen als nach Verletzungen Vermehrungen durch Theilung (Fig. 2 b) und tragen somit zur Bildung des Eiters wie der Granulationszellen bei.

Dasselbe gilt von den Bindegewebszellen, welche die Capillaren und die Nerven begleiten und von den Kernen dieser letzteren selbst. In Fig. 1 u. 2 sieht man die der Länge nach zwischen den Primitivbündeln unter leichter Schlingelung verlaufenden Capillaren, die sich durch kleine quere Aeste verbinden. Aus ihnen gehen üppige Granulationssprossen hervor und die Zellen der Capillargefässwandungen wie diejenigen, welche diese Gefässe begleiten, sind allemal hier wie bei der Knochenentzündung auf das lebhafteste an dem Wucherungsprozesse theilhaftig \*). Dasselbe gilt aber auch von den Zellen an den Nervenendplatten und den Nerven selbst (s. Fig. 5). Auf diese Weise entsteht nun zwischen den Muskelprimitivbündeln ausserhalb des Sarkolemma eine so üppige Zellenneubildung, welche ihrem Wesen nach vollkommen der der Granulationsbildung entspricht, dass die Muskelbündel nicht bloss davon umsäumt, sondern so vollständig von ihr eingehüllt werden, dass man die Muskelbündel nur noch durch Zerpupfen der Granulationsmasse zu Gesichte bekommt, Fig. 1 c, Fig. 2 c und Fig. 4 bei d und e. Die Granulationsmasse — bei der Eiterung von Eiterkörperchen wimmelnd — und stets von jungen Ge-

\*) S. auch meine Arbeit über die Gefässneubildung. Bd. XXIX. Taf. III. Fig. 20 dieses Archivs.

flüssen durchsetzt, füllt die Lücken zwischen den verletzten und zurückgezogenen Muskelbündeln mehr oder minder rasch aus, je nachdem ein grösserer oder kleinerer Defect zu decken ist. Sie heftet zugleich die Theile so fest aneinander, dass man nur durch Zerzupfung Einsicht in die Verhältnisse gewinnt.

In der Granulationsmasse sowohl zwischen den Muskelbündeln, als da wo sie die letzteren überragt und als junges zartes gefässreiches gallertiges Gewebe die Lücken ausfüllt, begegnet man schon vom 2. Tage ab jungen Muskelzellen, die in den nächsten Tagen immer zahlreicher und grösser werden und sich bald leicht von den Granulationszellen unterscheiden lassen. Im frühesten Stadium der Entwicklung ist eine solche Unterscheidung freilich nicht möglich. Die ganz jungen Muskelzellen haben (auch im Embryo) ein blasses nicht körniges Protoplasma (s. Fig. 9 a) und sind von Bindegewebszellen durchaus nicht zu unterscheiden; wollte man ihre etwas plumpere Form und den grossen glänzenden Kern als Merkmal angeben, so gibt es auch Bindegewebszellen, die beide zeigen. Von diesem rein morphologischen Gesichtspunkte aus ist also nicht zu sagen, ob man Muskelzellen oder Bindegewebszellen vor sich hat. Bald freilich wird eine Differenzirung im Protoplasma der Muskelzellen sichtbar, indem eine körnige das Licht sehr stark brechende Substanz in demselben auftritt, welche sich allmählich deutlicher und deutlicher in Form von Querstreifen ordnet. Wie schon bemerkt, trifft man auf Stellen, wo man kaum Zweifel hegen kann, dass die jungen Muskelzellen und Muskelfasern aus den Muskelbündeln selbst hervorgeschoben sind. An anderen Stellen liegen sie aber so frei zwischen den alten Muskelbündeln mitten unter den Granulationszellen, dass man über ihre Abstammung in Verlegenheit geräth (Fig. 4 u. 6). Es lassen sich hier drei Möglichkeiten denken: entweder die jungen Muskelzellen stammen aus den Muskelkernen der alten Muskelbündel und haben sich so weit vorgeschoben (?) oder sind fortgekrochen, dass man ihre Herkunft nicht mehr erkennen kann; oder es können auch junge Bindegewebszellen gleichsam durch Contactwirkung in Muskelzellen sich umwandeln; oder endlich das Vorkommen ist ein künstliches, indem man bei der Präparation etwa einen trächtigen Muskelzellenschlauch zerrissen hat, so dass nun die Zellen hervorgetreten sind und sich unter die Granulationszellen gelagert

haben. Die letztere Auffassung ist für manche Fälle unabweisbar richtig. Nichtsdestoweniger begegnet man so regelmässig gelagerten Muskelzellen und jungen Muskelfasern, dass man mindestens die erste Deutung zugeben muss. Ich halte die Ableitung der jungen Muskelzellen von den Muskelkörpern der alten wie auch Peremeschko, Colberg und Buhl für den typischen Vorgang bei der traumatischen Muskelregeneration und möchte glauben, dass alle junge Muskelfasern aus den alten hervorgeschoben werden. Ich halte es aber für unmöglich bei diesen Vorgängen den Beweis zu liefern, dass gar keine Muskelzellen aus Bindegewebszellen hervorgehen. Zenker und Waldeyer sprechen sich dahin aus, dass die jungen Elemente von den Zellen des Perimysium abzuleiten seien. Bei Zenker kann diess nicht auffallen, da er damals wenigstens von den reichlichen Zellenwucherungen innerhalb der Sarkolemmaschläuche nur wenig gesehen hat und man viel häufiger und zahlreicher die jungen Muskelzellen frei als eingeschlossen sieht. Ich habe erst nach langem Nachsuchen solche gestreifte Muskelzellen in den Schläuchen gefunden, und wenn man das Zahlenverhältniss als maassgebend betrachten will, und sich ganz unbefangen dem Eindruck der Beobachtung hingibt, so wird man die Entwicklung von Muskelzellen aus den Bindegewebszellen für vorwaltend ansehen. Waldeyer beschreibt sowohl diese Schläuche, als auch das Hervortreten der Zellen aus denselben, und es scheint fast als ob er gegenüber der herrschenden Anschauung über die Bedeutung der Bindegewebszellen für die Neubildungen, den Muth verloren habe die Consequenz seiner Beobachtungen zu ziehen und die jungen Muskelfasern von den Zellen innerhalb der Schläuche abzuleiten. Ich habe schon oben bemerkt, wie er durchaus nicht klar nachweist, was aus dieser reichlichen Zellbildung wird. Er sagt ganz richtig, dass sich die jungen Zellen innerhalb der Schläuche durch ihre rundliche und vieleckige Form, ihren deutlichen Kern und ihre scharfe Begrenzung auszeichnen; auch spricht er von der dunkelkörnigen Beschaffenheit ihres Protoplasma; allein er meint, dass junge neugebildete Muskelfasern so früh noch keine Querstreifung zeigten, wie er denn überhaupt in Bezug auf die weitere Entwicklung der jungen Muskelfasern und ihr Verhältniss zu den bandartigen Elementen nicht

in's Reine gekommen ist. Dass ein grosser Theil der jungen Muskelfasern aus diesen innerhalb der Sarkolemmaschläuche entstandenen Muskelzellen hervorst, kann aber nach den beschriebenen Befunden keinem Zweifel unterliegen. Colberg hat deshalb auch alle jungen Muskeln von den Muskelkörperchen abgeleitet.

Da indessen so zuverlässige Beobachter wie v. Wittich und O. Deiters an Fröschen die Entwicklung junger Muskelzellen aus Bindegewebskörpern mit Bestimmtheit dargethan zu haben glauben, so wird man vorläufig eine solche aus den Zellen des Perimysium internum und den Granulationszellen überhaupt wenigstens nicht mit Sicherheit negiren können. Oft findet man sie so zahlreich und so regelmässig zwischen den Granulationszellen und mitten zwischen unversehrten alten Muskelbündeln gelagert, dass man in der That an eine ungestörte Lagerung an dieser Stelle und eine Entwicklung aus den indifferenten Granulationszellen glauben möchte. Ich habe mich deshalb früher (im Handbuche der Chirurgie) in diesem Sinne ausgesprochen, und nur der einzige Umstand, dass der Beweis auf diesem Wege nicht unumstösslich geliefert worden, hält mich ab, diese Behauptung in ganzem Umfange aufrecht zu halten. Der von Buhl beigebrachte Grund, dass die Gewebelemente von der Befruchtung und der Anlage im Embryo her angeborne bleibend specifische Eigenschaften besässen, lässt mindestens noch manchen Einwand zu. Vom Knochengewebe kann es z. B. sicher nicht behauptet werden; aus den Muskelkörperchen können aber nicht bloss Eiterkörperchen, sondern auch Sarkomzellen und Epithelzellen beim Epithelialkrebs werden, wie ich in einem folgenden Artikel nachweisen werde. Warum sollte nicht das Umgekehrte zugegeben werden dürfen, besonders wenn man für die Entstehung der wahren Muskelgeschwülste zu der so künstlichen Annahme einer Verirrung embryonaler Elemente seine Zuflucht nehmen muss! Wie unwahrscheinlich, dass solche Elemente Jahrzehnte lang liegen bleiben sollten, während überall sonst im Körper ihre Entwicklung weiter geht, bis irgend ein Anstoss sie zum Auswachsen in Muskelmasse veranlasste! Ob demnach nicht unter dem Einflusse eines pathologischen Reizes Muskelzellen aus den indifferenten Bildungszellen eines dem Bindegewebe entstammenden Granulationsgewebes hervorgehen können, bleibt dahingestellt. Die ganz junge Muskelzelle, deren Protoplasma noch

keine Körnung zeigt, lässt sich jedenfalls mit unseren Hilfsmitteln nicht von einer Bindegewebszelle unterscheiden, so wenig diess bei jungen embryonalen Muskelzellen möglich ist. Die Untersuchung heterologer Muskelgeschwülste wird wohl auch die Frage nicht endgültig abthun, da man die postulirten specifischen Eigenschaften eben nicht zu sehen vermag. Die oben mitgetheilte Beobachtung der Entwicklung quergestreifter Muskelfasern aus den nicht quergestreiften glatten Muskelfasern des Uterus, und fernere Beobachtungen über die Entstehung glatter Muskelfasern aus farblosen Blutkörperchen und aus Bindegewebszellen macht mich in der That sehr geneigt, auch diesen Bildungstypus zuzulassen.

#### Die Entwicklung junger Muskelfasern.

Während die embryologischen Untersuchungen zahlreicher Forscher, denen sich neuerlichst noch Wilson Fox angeschlossen hat, die Entwicklung der Muskelspindeln, die noch immer mit dem schlechten und unpassenden Ausdrucke Muskelprimitivbündel belegt werden, aus einer einzelnen Zelle hinreichend festgestellt haben, ist dieselbe Entwicklung namentlich von Virchow und Billroth (dieses Archiv Bd. VII. und VIII.) auch für die pathologische Muskelneubildung erwiesen worden. Dagegen hat sich Waldeyer neuerlichst in Bezug auf die Muskelregeneration wieder der von Moritz und Margo vertretenen Ansicht angeschlossen, wonach er die jungen Muskelfasern aus spindelförmigen Zellen entstehen lässt, die sich aneinanderreihen und theils seitlich, theils mit ihren Spitzen verwachsen sollten, während allmählich am Rande die Querstreifung entstünde. Ich halte diese Auffassung für unrichtig und finde vielmehr den Vorgang der Entwicklung der Muskelfasern ganz dem embryonalen Entwicklungstypus entsprechend; ich kann in dieser Hinsicht nur das was Zenker über die Muskelneubildung gesagt hat bestätigen und ergänzen. Insbesondere muss ich hervorheben, dass ich die Querstreifung ebenso wie Zenker viel früher und zwar schon an den kleinen rundlichen Zellen auftreten sah, während Waldeyer erst vor Ablauf von 14 Tagen Nichts der Art gefunden, und erst von der dritten Woche ab spindelförmige Zellen (mit Kernreihen!) beobachtet haben will. Ueberhaupt treffen die Waldeyer'schen Zeitangaben für den Menschen und die höheren Wirbelthiere durchaus nicht zu, und ich glaube, dass diess

wohl daher rührt, dass er für die Neubildung Beobachtungen an Fröschen mit hereingezogen hat. Bei diesen Thieren sind aber diese wie alle plastischen Vorgänge äusserst träge.

Ich habe schon bemerkt, dass die jungen neugebildeten Muskelzellen schon innerhalb der Sarkolemmaschläuche zuweilen ganz deutlich eine Querstreifung des dunkelkörnigen Protoplasma bemerken lassen. Deutlicher sieht man sie noch an völlig isolirten Elementen. Allein ganz im Anfange hat das Protoplasma auch dieser Zellen noch ein homogenes Ansehen und auch die Querstreifung, wo sie auftritt, ist nicht gleich durch das ganze Protoplasma hindurch wahrzunehmen. Ja man findet nicht selten grosse bandartige Elemente mit noch theilweise homogener, theilweise dagegen quergestreifter Substanz, wie diess schon Billroth (dieses Archiv Bd. VIII. Taf. XII. Fig. 7—12) sehr gut abgebildet und beschrieben hat. Aber schon am 3ten und 4ten Tage, regelmässig und zahlreicher gegen das Ende der ersten Woche nach der Verletzung mehrten sich die Zellen mit deutlich quergestreifter Substanz. Diese liegt dem grossen glänzenden Kerne bald seitlich an, häufiger ragt sie über die schmaleren Enden des Kernes nach beiden Seiten in Form einer feinen quergestreiften Faser hinaus (Fig. 9 c, Fig. 14 e). Andererseits findet man aber auch breitere zungenförmige oder selbst kleine quergestreifte Aestchen abgebende Elemente (Fig. 9 b, d). Manchmal beobachtet man auch die feinkörnig gestreifte contractile Substanz schon zickzackförmig gebogen wie an alten Muskelfasern. Sehr früh sieht man eine Vermehrung der Kerne durch Theilung, und alsbald rücken die Kerne auseinander und vertheilen sich mehr oder minder rasch in der wachsenden contractilen Substanz, deren Querstreifung immer noch sehr zart bleibt; hie und da rückt auch ein Kern gegen die Oberfläche oder man findet ganze Nester von Kernen. Erfolgt die Entwicklung der jungen Elemente zuerst mehr in die Breite (Fig. 9 e, Fig. 14 c, d), so erhält man Formen vom Ansehen der bekannten Riesenzellen oder Myeloplaxen; nur ist auch dabei das Protoplasma mindestens leicht körnig, meistens hie und da deutlich quergestreift. Die gewöhnlichere Form ist aber die, dass die junge Zelle in Form einer langen Spindel oder eines Bandes sich verlängert und so zur Entstehung jener bandartigen Elemente Veranlassung gegeben wird, welche vielfachen Missdeutungen unterlegen sind (Fig. 4 g, f; Fig. 6 e, f; Fig. 10 a, b).

Billroth hat solche Elemente schon aus einer Hodengeschwulst abgebildet und Zenker hat eine Anzahl solcher Formen zusammengestellt. Während man die Billroth'schen Beobachtungen freipassiren liess, hat man die von Zenker angezweifelt und namentlich hat Waldeyer diese langen bandartigen Elemente für Produkte des Zerfalls alter Muskelfasern und nicht für neugebildete erklärt; denn in solchen seien die Muskelkerne ganz regelmässig vertheilt, während sie in den bandartigen Gebilden ganz unregelmässig zerstreut liegen. Ich muss grade umgekehrt die regelmässige Vertheilung der Kerne durch das Muskelbündel, die übrigens auch keine absolute ist, für ein Criterium älterer Bündel betrachten und verweise zunächst wieder auf jene von Billroth gesehenen Elemente, wo von Spaltungsprodukten gar nicht die Rede sein kann, die ganz dieselbe unregelmässige Kernvertheilung zeigen. Im Anfange überwiegt nämlich häufig die Kernbildung die des Protoplasma; die Kerne richten sich, wie sie Platz finden, und erst mit der weiteren Ausbildung der contractilen Substanz rücken sie weiter auseinander und gewinnt die Vertheilung der Kerne eine grössere Ordnung. Uebersieht man eine grosse Reihe solcher Muskelfasern, so kann man gar nicht zweifeln, dass man es mit solchen zu thun hat, die erst in der Entwicklung und nicht etwa im Zerfalle begriffen sind. Auch die Beschaffenheit des Protoplasma selbst, welches von dunkelkörniger Beschaffenheit mit querer Stellung der Körnchen oder einer schwach und zart quergestreiften Beschaffenheit bis zur völligen ausgebildeten Querstreifung alle Zwischenstufen, aber erst sehr spät deutliche Längsstreifen zeigt, unterscheidet sich so wesentlich von der körnigen Degeneration alter zerfallender Bündel, dass eine Verwechslung bei aufmerksamer Betrachtung nicht vorkommen kann. Ueberhaupt weiss jeder, der sich viel mit Muskeluntersuchungen abgegeben hat, wie sehr auf das deutlichere Hervortreten bald der Quer-, bald der Längsstreifen das Reagens, in welchem man untersucht, Einfluss hat. In Chromsäure werden die Längsstreifen deutlicher, in chromsaurem Kali die Querstreifen; in Wasser quellen die Disdiaklasten so auf, dass erst die Querstreifung, nachher auch die Längsstreifung schwindet. Längsstreifen in den jungen Muskelbändern habe ich nur an Chromsäure- und Alkoholpräparaten deutlich gesehen.

Ausserdem müsste denn doch auch eine solche Spaltung eines



Muskelbündels in derartige bandartige Körper gesehen werden. Davon gibt Waldeyer gar nichts an. Die Spaltungsprodukte beim Krebs, bei Eiterung u. s. w. entstehen, wenn sich die jungen Zellen reihenweise zwischen die quergestreifte Substanz der Primitivbündel fortschieben; sie haben ein ganz anderes Aussehen, eine viel derbere kräftigere Streifung und zeichnen sich durch ihre Armuth an Kernen aus und erscheinen wie ausgenagt; ausserdem werden sie durch das Sarkolemma zusammengehalten. Die Bänder liegen dagegen frei und man sieht sie erst auftreten, wenn schon ganze Zellenhaufen an die Stelle der Bündel getreten sind. Auch wo man etwa an ein Abspalten denken könnte, wo nämlich mehrere junge Muskelspindeln bei einander liegen (z. B. Fig. 6 f), wird ein solcher Gedanke doch durch genauere Untersuchung widerlegt. Diese ergibt nämlich, dass sich die jungen Elemente grade reihenweise hervorschieben. Die bandartigen Elemente sind also nur die Zwischenstufen zwischen den ausgewachsenen Muskelspindeln oder sog. Muskelprimitivbündeln und den kleinen plumpen oder spindelförmigen Muskelzellen mit stark lichtbrechendem körnigen Protoplasma oder beginnender Querstreifung. Eine Vergleichung der auf unserer Tafel zusammengestellten Entwicklungsformen, wie man sie leicht an Kaninchen und am Menschen gewinnen kann, wird diess um so unwiderleglicher darthun, als man an Embryonen ganz dieselbe Entwicklungsreihe gewinnen kann, und höchstens bei diesen weniger unregelmässige Formen neben den regelmässigen findet. Von einer Entwicklung der Muskelfasern aus aneinandergereihten Zellen habe ich dagegen weder hier noch dort etwas gesehen; allerdings liegen die Zellen oft gereiht hintereinander, aber man sieht keine Verschmelzung.

Ich habe nun noch auf das nicht seltene Vorkommen ästiger Elemente aufmerksam zu machen (Fig. 6 d, Fig. 9 b, Fig. 10 b, Fig. 11 b, Fig. 14 b). Dasselbe ist schon von Virchow in der muskelhaltigen Eierstocksgeschwulst (dies. Archiv Bd. VII. Taf. II. Fig. 4 b), von Billroth in der Hodengeschwulst (das. Bd. VIII. Taf. XII.) und von Zenker bei der Muskelregeneration im Typhus gesehen worden. Diese ästigen Formen gehen offenbar aus den ästigen Zellen hervor und sind auch wohl in ausgewachsenen Muskeln nicht so ganz selten, nur dass sie in diesen wegen der grossen

Länge der Muskelspindeln nicht mehr so leicht nachweisbar sind, wie im Herzen, wo sie prävaliren.

Bis zum 8ten Tage nach der Verletzung sind nur die bandartigen zarten jungen Muskelfasern vorwiegend und nur ganz vereinzelt trifft man so früh schon auf längere Spindeln. Vom Anfange der zweiten Woche aber gewinnen die jungen Elemente mehr und mehr an Länge und Regelmässigkeit und erscheinen nun bald als kräftiger quer- und längsgestreifte, lang ausgezogene, an beiden Enden spitzig oder zungenförmig zulaufende junge Muskelfasern (Fig. 12, 13, 14). Sie unterscheiden sich nur noch stellenweises Schmälerwerden und Verbreitern und durch grösseren Kernreichtum von den alten Bündeln. Die Kerne stehen an den Enden nicht selten noch zahlreicher und auch wohl ährenförmig angeordnet (Fig. 14 a, Fig. 15 e). Sie sind aber auch dann noch nackt, ohne Membran, ohne Sarkolemma. Noch eine Woche weiter und man begegnet nur selten mehr den jüngeren, vorwiegend schon kräftigeren Muskelbündeln (Fig. 11), die nun von Sarkolemma umhüllt werden. Ganz solche Elemente waren es, die ich in der hypertrophischen Zunge 3 Wochen nach der Verletzung antraf; an welche Beobachtung Billroth nicht recht glauben wollte, weil ich eben jene früheren Entwicklungsstufen nicht mehr hatte auffinden können.

Ich muss nunmehr noch einige Bemerkungen über das Sarkolemma hinzufügen. Wie wir sehen, liegen zwischen den jungen Muskelzellen anfangs enorme Mengen von Granulationszellen oder bei eingetretener Eiterung auch Eiterkörperchen. Die Muskelzellen selbst sind anfangs bis zum Heranwachsen der Bänder unzweifelhaft nackt und membranlos. Nach F. E. Schulze und Wilson Fox würde sich das Sarkolemma wie eine Zellmembran um das quergestreifte Parenchym abscheiden. Ich kann dieser Auffassung nicht beistimmen, sondern halte die Bildung des Sarkolemma für ein Produkt der Bindegewebszellen, welche zwischen den jungen Bündeln hervorwachsen und sich reihenweise zwischen ihnen ordnen (Fig. 15). Der Sarkolemmaschlauch dürfte durch Verschmelzung des Protoplasma dieser Bindegewebszellen entstehen, und würde darnach, wie ich auch oben schon angedeutet habe, die Kerne dieser Zellen tragen.

Die gesamte Entwicklung von der jungen Zelle bis zum

ausgebildeten Muskelprimitivbündel dürfte nach meinen Beobachtungen etwa 3 bis 4 Wochen dauern. So wie ich dieselbe hier geschildert habe, kann man sie nun auch bei anderen Thieren und besonders auch beim Menschen nachweisen. Dazu bietet sich besonders an heilenden complicirten Fracturen, die durch andere Krankheiten auf den Leichentisch kommen, öfter Gelegenheit, ebenso kann man sich nach Exstirpation von Geschwülsten, bei denen Muskeln theilweise excidirt werden mussten, besonders oft nach Exstirpation von Brustkrebsen, von der Thatsache der Regeneration überzeugen. Ausserdem aber findet sich die Neubildung auch in allen Muskelnarben und namentlich auch bei der Eiterung, selbst wo diese einen sehr zerstörenden Charakter an sich trägt. Ich habe schon früher an pyämischen Muskelabscessen neben der Eiterbildung die Muskelneubildung verfolgen können \*). In den Figuren 13 und 14 gebe ich eine Anzahl junger Entwicklungsformen aus einem etwa fünf Tage alten pyämischen Muskelabscesse, den ich schon wenige Stunden nach dem Tode untersuchte. Neuerlichst habe ich auch bei von Diphtheritis ergriffenen Muskeln (bei sog. Hospitalbrande) neben den zerfallenden und durch Eiterbildung zerstörten Muskelbündeln die schönsten jungen Muskelfasern beobachtet. Die Häufigkeit der sich darbietenden Gelegenheiten solche Studien anzustellen, überhebt mich hier auf Einzelheiten einzugehen und das ganze Material der dieser Arbeit zu Grunde liegenden Beobachtungen im Detail darzulegen. Nur will ich noch einer ganz kürzlich von mir an menschlichen Muskeln gemachten Untersuchung gedenken. Es handelte sich um einen 42jährigen Mann, der mit brandigem Arme unter den ausgesprochenen Erscheinungen acuter Septicämie ins Hospital kam und dem ich sofort die Exarticulation des Oberarms machte. Der Mensch starb 48 Stunden darauf und ich hatte so Gelegenheit, an dem theilweise schon stark eiternden Schulterstumpfe die Muskeln zu untersuchen. Diess war der früheste Fall vom Menschen. Hier fand sich überwiegend reichlich der körnige Zerfall der Muskulatur, aber es muss bemerkt werden, dass ich denselben stets bei hochgradigen Fiebern sowohl bei Pyämie, als bei Septicämie und bei

\*) S. die Abbildung im Handbuche der Chirurgie, redig. v. Billroth u. v. Pitha. Bd. I. 1. S. 261. Fig. 34.

tödlichem Erysipel, beobachtet habe. Da nun auch die unverletzte Muskulatur der anderen Thoraxhälfte und des Bauches diese körnige Trübung zeigte, so wird man sich bei Pyämischen durch Vergleichung der verletzten Muskeln mit unversehrten des Befundes versichern müssen. Ausserdem begegnete ich aber an den abgeschnittenen Enden des Pectoralis, Deltoides u. s. w. genau den beschriebenen Zusammenballungen und den jungen Zellen; wie ich sie aus viertägigen Kaninchenwunden beschrieben habe. Auch sah ich schon freie unzweifelhafte junge Muskelzellen, so dass also schon so früh nach der Verletzung dieselben beim Menschen aufzufinden sind. Sie waren aber noch sehr spärlich vertheilt.

Wenn somit die regenerative Muskelneubildung unzweifelhaft feststehen dürfte, so ist es kaum nöthig, auf die grosse Bedeutung dieser Thatsache näher einzugehen, um so weniger, als Zenker in seinem vortrefflichen Buche die Frage nach den meisten Richtungen hin besprochen hat. Wenn bei Verletzungen in Folge des traumatischen Reizes eine sehr reichliche Neubildung stattfindet, so scheint ein Gleiches auch bei denjenigen acuten Krankheiten der Fall zu sein, welche einen Untergang zahlreicher Muskelfasern bedingen. Dass das Gebiet dieser Krankheiten weit grösser ist, als Zenker anfänglich constatiren konnte, ist wohl heutzutage keinem Zweifel mehr unterworfen, und seine Vermuthung, dass eine jede fieberhafte Krankheit zugleich mit materiellen Veränderungen der quergestreiften Muskeln einhergehe, welche in ihren höchsten Graden zum Untergange der Muskelfasern führe, hat sich mehr und mehr bestätigt. Nicht bloss beim Typhus, sondern auch bei den acuten Exanthenen, insbesondere auch bei tödtlich verlaufenden Erysipelen, ferner bei Pyämie und Septicämie und ebenso bei den Vergiftungen durch Phosphor und Arsenik kann man den körnigen Zerfall der Muskulatur in grosser Verbreitung durch den ganzen Körper sehen. Es liegt auf der Hand, dass auf diese Weise das Blut mit Zersetzungsprodukten überladen werden muss, welche ihrerseits ohne Zweifel dazu beitragen, das Fieber und die Gefahr zu erhöhen. Wenn nun in diesen Fällen die Regeneration der Muskeln, welche mit dem Wiedereintritte der Genesung mehr und mehr zunimmt, soweit sie bis jetzt der Beobachtung zugänglich geworden, ganz übereinzustimmen scheint mit dem Regenerations-

prozesse nach Verletzungen, nur dass sie viel langsamer vor sich gehen dürfte, so liegen auf der anderen Seite Thatsachen genug vor, welche ein stetes Nachwachsen der Muskeln auch unter normalen Verhältnissen zu einer unabwiesbaren Forderung machen; mit vollem Rechte hat ausserdem Duchenne darauf hingewiesen, dass sich die durch Paralyse atrophisch gewordenen Muskeln durch Faradisirung wieder heranziehen lassen. Diese Thatsache kann man leicht an gelähmten Beinen nach der Operation des paralytischen *Pes equinus*, so gut wie nach Frakturen und langer Ruhe constataren \*). Nun begegnet man aber auch bei fleissigem Nachsuchen an den Leichen von Menschen mit gesunder Muskulatur, soweit meine Untersuchungen reichen, keinen Muskelzellenschläuchen; schmalere, offenbar junge Muskelbündel, sind nicht ganz selten. In einzelnen Fällen habe ich auch jene eigenthümlichen kernreichen Anschwellungen, welche Kühne als Muskelspindeln bezeichnete, angetroffen. Ganz junge Muskelzellen sind mir noch nicht begegnet. Die Beobachtungen Kühne's geben hier die ersten Anhaltspunkte für weitere Untersuchungen, sprechen aber ihrerseits wieder für die Entstehung der jungen Muskelfasern aus den Muskelkernen innerhalb des Sarkolemma, wenn man nicht gradezu die quergestreifte Muskelfaser als eine Emanation der Nervenenden ansehen will, ähnlich wie diess Pflüger für die Speichelzellen dargethan hat. Indess bewegt man sich hier einstweilen auf ganz hypothetischem Gebiete. Es muss danach auch hier zweifelhaft bleiben, auf welchem Wege die Regeneration erfolgt. Ob nicht auch für die Muskelneubildung grade so wie für die Bildung der Eiterkörper und die Entwicklung junger Gefässe verschiedene Entwicklungstypen, wie ich oben angedeutet habe, vorkommen? Ob nicht ein Gewebe, wie Knochen, Nerv, Drüse, und so auch Muskel eine eigenthümliche gleichsam inficirende Kraft auf die in ihm entstehenden jungen Elemente ausübt? Diess sind Fragen, die vor der Hand noch offen bleiben müssen. Hier erscheint eine dringend gebotene Aufgabe die zu sein, die von Remak, Thiersch und Buhl behauptete Lehre von der Specificität der Zellen, die hier in

\*) Vgl. darüber meine Erörterungen über Wachsthum, Ernährung und regenerative Neubildung im I. Bande des Handbuchs der Chirurgie, herausgegeben von Pitha und Billroth. 1. S. 240 ff.

einer neuen Gestalt aufgetaucht ist, von allen Seiten der thatsächlichen Kritik zu unterziehen. Mit rationellem Raisonement reicht man nicht weit, wie diess am Besten die Geschichte von den Bindegewebszellen zeigt, welche in aller Stille selbst in die berühmten Jahresberichte eingezogen sind und unangefochten passiren, nachdem sie länger als ein Jahrzehend mit rationellen Gründen bekämpft worden sind!

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel IV.

- Fig. 1. Wundenden zerschnittener Muskelbündel aus dem Tibialis anticus eines Kaninchens 5 Tage nach der Verletzung. a Primitivbündel mit Zusammenballung der contractilen Substanz (Zenker's wachartige Degeneration), an einzelnen Stellen undentlich Vermehrung der Muskelkörperchen. b Capillarschlingen. c Granulationszellen des Sarkolemma und Perimysium. d Muskelbündel mit Zusammenballung der contractilen Substanz und Vermehrung der Muskelzellen; spindelförmig auslaufend mit einem Muskelzellenschlauche (d). e u. f Die spitz auslaufenden abgeschnittenen Enden zweier Bündel, deren Sarkolemma dütenförmig ausgeht, die Muskelzellen in Vermehrung begriffen; die contractile Substanz zusammengeballt, f enthält bereits einige junge Muskelzellen mit quergestreifter Substanz. g Junge Muskelfaser.
- Fig. 2. Muskelbündel aus einer grossen eiternden granulirenden Muskelwunde von demselben Kaninchen am 7ten Tage. a Ganz ausgefüllt mit zahlreichen Muskelzellen, die hie und da ganz deutlich quergestreifte Substanz zeigen. Zwischen den beiden Muskelbündeln ein Capillargefäss d mit starker Granulationswucherung. Das Bündel b ist oben noch deutlich quergestreift; unten bei c dagegen blass und in körnigem Zerfall begriffen.
- Fig. 3. Muskelbündel aus derselben Zeit mit stellenweise noch erhaltener quergestreifter Substanz. a a Dazwischen wuchernde Muskelkörper, den ganzen Schlauch des Sarkolemma ausfüllend.
- Fig. 4. Wundenden zerschnittener Muskelbündel aus dem Biceps eines Kaninchens vom 8ten Tage. a b c Alte Muskelbündel. a Die contractile Substanz aufgerollt und zusammengeballt; ebenso an dem Bündel oberhalb d. b Ein gleiches mit spitz ausgezogenem Sarkolemma. c In den spitz dütenförmig ausgezogenen Sarkolemmaschlauch hinein erstreckt sich eine Reihe junger Muskelkörper, zwischen denen sehr zarte quergestreifte Substanz liegt. d Bindegewebsgranulationen. e Dessgleichen mit jungen frei liegenden Muskelzellen. f Zwei junge handförmige Muskelfasern. g Aehnliche von verschiedener Grösse isolirt.
- Fig. 5. Stück eines alten Muskelbündels dicht oberhalb der Wunde ebendaher mit Wucherung der Muskelkerne sowie auch der Kerne des Neurilemma

und einer Nervenendplatte von einem in das Muskelbündel eintretenden Nerven.

- Fig. 6. Endigungen alter Muskelbündel in der Wunde. a Das Sarkolemma theilweise zurückgestreift; die contractile Substanz zusammengeballt; junge Muskelzellen theils noch innerhalb des Sarkolemmaschlauchs, theils aus demselben hervorgetreten. b Dessgleichen, das Sarkolemma dütenförmig ausgezogen; die quergestreifte Substanz deutlich, die Düte des Sarkolemma ausgefüllt mit Protoplasma und jungen Zellen. Innerhalb des Sarkolemma deutlich eine junge Muskelzelle mit quergestreifter Substanz, eine andere frei ausserhalb des Schlauchs. c Zusammengeballte contractile Substanz, ohne Sarkolemma; an der Spitze zwei junge Muskelzellen; zwischen c und d Granulationszellen des Bindegewebes; aus dem Muskelbündel, dessen contractile Substanz zusammengeballt ist, ragt eine zweiarmlige junge Muskelfaser ohne Sarkolemma hervor. e Junge Muskelfaser mit starker Kernvermehrung. Bei f Ende eines alten Muskelbündels, kolbenförmig, theilweise in einen Muskelzellenschlauch verwandelt, daneben junge Muskelfasern mit theilweise deutlich quergestreifter Substanz.
- Fig. 7 u. 8. Zwei Querschnitte von Muskelfasern ebendaber, man sieht die Kernwucherung im Innern der contractilen Substanz.
- Fig. 9. Entwicklungsreihe junger Muskelfasern vom 5ten Tage nach der Verletzung. a Früheste Entwicklung, die Zelle hat einen grossen Kern mit blassem homogenen Protoplasma, dasselbe wird sehr bald deutlich körnig und leicht quergestreift, und verlängert sich über die Zelle hinaus; bei b in mehrere Zipfel, bei c Kernteilung, die junge Faser schon erheblich länger. d Entwicklung der quergestreiften Substanz mehr in die Breite, darunter grössere vielkernige Muskelzellen. e Vom 8ten Tage. Die Kerne noch stärker vermehrt, die quergestreifte Substanz hat zugenommen.
- Fig. 10. Junge Muskelfasern vom 5ten Tage noch mehr in die Längsrichtung entwickelt.
- Fig. 11. Solche vom 13ten Tage nach der Verletzung. a Grössere Muskelspindel. b Eine verzweigte Muskelfaser. c Spindelförmiges Ende einer jungen Muskelfaser. Die Querstreifung der contractilen Substanz ist noch nicht so scharf ausgebildet wie beim fertigen älteren Muskelbündel. d Dessgleichen. In Beiden sind die Kerne noch sehr zahlreich.
- Fig. 12. Junge Muskelspindel vom Kaninchen vom 8ten Tage.
- Fig. 13. Eine solche vom Menschen aus einem circa 5 Tage alten Muskelabscesse.
- Fig. 14. Entwicklungsreihe junger Muskelfasern vom Menschen ebendaber. a b c d Muskelzellen von verschiedenen Formen. e Jüngere. f Granulationszellen aus dem Perimysium ebendaber.
- Fig. 15. Entwicklung des Sarkolemma an jungen Muskelspindeln vom Kaninchen vom 13ten Tage nach der Verletzung. Die Granulationszellen des Bindegewebes umschliessen und umwachsen die contractile Substanz der ursprünglich nackten Muskelfaserzellen.
- Fig. 16. Muskelzellen aus einem Sarkom des Uterus mit quergestreifter contractiler Substanz.