

XV.

Ueber die Nervenendigungen in der Musculatur des Froschherzens.

Von Dr. Leo Gerlach,

erstem Assistenten an dem anatomischen Institute zu Erlangen.

(Hierzu Taf. XI.)

I.

Die Frage nach den Endigungen der motorischen Nerven in der Musculatur ist, wie wohl wenige andere, auf dem Gebiete der Histologie in den letzten Decennien Gegenstand eifrigen Studiums und vielfacher Erörterung gewesen. Den Anstoss gab der Fund Doyère's bei den Muskeln von Milben. Dieser Forscher entdeckte im Jahre 1841 bei *Milnesium tardigradum*, dass eine feine Nerven-faser sich mittelst einer conischen Anschwellung — Doyère'scher Hügel — an eine Muskelfaser anhefte¹⁾. Bei dem genannten Thierchen zeigen die Muskeln keine Querstreifung, ferner kann man weder an ihnen noch an den zutretenden Nervenfasern eine umhüllende Scheide wahrnehmen. Es war somit durch Doyère ein unmittelbarer Contact des Nerven mit der contractilen Substanz erwiesen. Die Doyère'sche Entdeckung hatte eine grosse Anzahl von Untersuchungen zur Folge. Die vielfachen Angaben, welche sich in diesen über die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln finden, gliedern sich in solche, welche die Muskeln wirbelloser und solche, welche die der Wirbelthiere betreffen.

Was die ersteren anlangt, so würde es mich zu weit führen, wollte ich auf die einzelnen Untersuchungen näher eingehen; ich erwähne nur, dass es gelang, auch bei anderen Klassen der Wirbellosen ähnliche Nervenendigungen aufzufinden, wie die von Doyère beschriebene. Das beste Untersuchungsobject scheinen aber immer die Muskeln von Arthropoden, und zwar die der Insecten zu sein;

¹⁾ Doyère, Memoire sur les Tardigrades in den Annal. des sciences nat. 2. Serie. T. XIV. p. 346.



am leichtesten gelingt es bei *Hydrophilus piceus* Endigungen der Muskelnerven wahrzunehmen.

Während bei den Wirbellosen die Art und Weise der Verbindung zwischen Nerv und Muskel ein vorwiegend morphologisches Interesse darbietet, ist sie bei den Vertebraten hauptsächlich für die Physiologie, welche sich ja fast ausnahmslos Wirbelthiere zu ihren Versuchen auswählt, eine Frage von grosser Bedeutung. Darin liegt der Grund, dass zahlreiche Forscher deren Lösung zu fördern suchten.

Die Arbeiten derselben sollen in Folgendem, ehe ich zu meinem eigentlichen Thema übergehe, übersichtlich besprochen und unsere heutige Anschauung über den Zusammenhang zwischen Nerv und Muskel, sowohl für die quergestreiften als glatten Muskelformen dargelegt werden.

Wer sich mit den Untersuchungen, welche über die Nervenendigungen in der quergestreiften Musculatur handeln, bekannt gemacht hat, der wird finden, dass von den ersten Anfängen an die Entwicklung dieser Frage dem Ziele zusteuert, eine innige Verknüpfung der feinsten Nervenfasern mit der contractilen Substanz darzulegen. Verfolgen wir in kurzen Zügen diesen Entwicklungsgang.

Zur Zeit der Doyère'schen Entdeckung war die herrschende Meinung, dass die einzelnen Nervenfasern zwischen den Muskelfäden schlingenförmig endigen sollten. Diese wurde aufgegeben, als 1844 Joh. Müller mit Brücke¹⁾, und 1847 R. Wagner²⁾ bei Fischen und Amphibien zeigten, dass die Nervenprimitivfasern zwischen den Muskelfäden Theilungen unterworfen seien. Der letztgenannte Autor verlegte nun die Enden der Nervenfaser in das Sarcolemma, mit welchem er sie verschmelzen liess. Es waren somit die Enden der motorischen Nerven der contractilen Muskelsubstanz um ein gutes Stück näher gerückt.

Erst nach 12 Jahren finden wir einen weiteren wesentlichen Fortschritt hinsichtlich der motorischen Nervenendigungen. Denselben verdanken wir Kühne³⁾. Dieser hat zuerst das Verhältniss

¹⁾ Joh. Müller, Handbuch der Physiologie 4. Aufl. Bd. I. S. 524.

²⁾ R. Wagner, Neue Untersuchungen über den Bau und die Endigungsweise der Nerven. Leipzig 1847.

³⁾ W. Kühne, Myologische Untersuchungen 1860. S. 67—73. — Note sur un nouvel organe du système nerveux. Compt. rend. 1861. p. 316. — Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. Leipzig 1862.

des Nerven zum Sarcolemma richtig erkannt. Seinen Beobachtungen zu Folge verschmilzt die Schwann'sche Scheide des Nerven mit dem Sarcolemma des Muskels, durch welches die anderen Bestandtheile des Nerven, Axenfaser und Markscheide durchtreten. Dagegen wurde von Seiten anderer Untersucher vielfach Einsprache erhoben, insbesondere hatte Kühne gegen Beale¹⁾, der sich für eine netzförmige Endigung des Nerven ausserhalb des Sarcolemmas aussprach, seine Angaben aufrecht zu erhalten. Es gebührt somit Kühne das Verdienst, darauf hingewiesen zu haben, dass man die letzten Endigungen nicht ausserhalb des Sarcolemmas zu suchen habe, dass diese vielmehr nur im Innern des Muskelfadens liegen könnten.

Nachdem der Nerv das Sarcolemma durchbrochen hat, verliert er, wie Kühne, der hauptsächlich Amphibien (Frösche) zu seinen Untersuchungen benutzte, weiter angiebt, seine Markscheide und zerfällt in 2 blasse Fasern, welche ihrerseits wieder mehrfache Theilungen eingehen. Die hieraus resultirenden Nervenfädchen können entweder einen längeren oder auch nur einen ganz kurzen Verlauf zeigen. Die längeren, welche in der Längsaxe des Muskels verlaufen, endigen spitz; die kürzeren mittelst blasser ovaler Gebilde, welche einen den Vater'schen Körperchen ähnlichen Bau besitzen sollen; mit den gleichen Gebilden, welche Kühne Nervenendknospen nennt, endigen äusserst kurze von den längeren Fädchen seitlich abgehende Aestchen.

Mit dem folgenden Jahre 1862 tritt unsere Frage in ein ganz neues Stadium ein. Es werden zwei Untersuchungen publicirt, welche unabhängig von einander ausgeführt, in vielen Punkten die gleichen Resultate erzielten. Die eine ist von dem französischen Histiologen Rouget²⁾, die andere kurz darauf erschienene Abhandlung hat Krause³⁾ zu ihrem Autor. Ersterer hat die Muskeln von Vögeln, Reptilien und Säugern, Krause nur die von Säugern untersucht. Den Angaben beider zufolge endigen die Muskelnerven

¹⁾ Beale, On the Distribution of Nerves to the Elementary Fibres of Striped Muscle. Philosoph. Transact. 1860. p. 611—619.

²⁾ Rouget, Note sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles chez les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Compt. rend. T. LV. p. 548—551. 1862.

³⁾ Krause, Mittheilungen aus dem pathologischen Institut zu Göttingen. Göttinger Nachrichten vom Jahre 1863. No. 2 und 3.

mit eigenen flächenhaft ausgebreiteten Organen, welche Rouget *Plaques terminales*, Krause motorische Endplatten nennt. Während beide bezüglich der Structur dieser Gebilde im Ganzen übereinstimmen, gehen ihre Ansichten in Betreff der Lage derselben auseinander. Nach Rouget liegen die Endplatten unter dem Sarcolemma und daher der contractilen Substanz unmittelbar auf, nach Krause liegen sie ausserhalb des Sarcolemmas. Ich glaube über diese Controverse, welche sich bis in die neuere Zeit fortsetzt, indem die späteren Untersucher sich theilweise auf die Seite Rouget's, theilweise auf die Krause's schlugen, hinweggehen zu dürfen; auch will ich die zahlreichen Arbeiten der nächsten 10 Jahre, welche ausser der genannten Controverse hauptsächlich den feineren Bau der Endplatte, und deren Verbreitung bei den Wirbelthieren behandeln, nur kurz berühren.

Ueber die Structur der Endplatte, welche bald, um ihre Analogie mit dem Doyère'schen Hügel der Wirbellosen auszudrücken, den Namen Nerven hügel erhielt, sind die Autoren in so fern einig, als sie einen homogenen und einen granulirten mit Kernen besetzten Theil an derselben unterscheiden. Bezüglich der Deutung machen sich jedoch verschiedene Ansichten geltend. Nach der einen ist nur der obere homogene Theil des Nerven hügels die Endausbreitung des Nerven, stelle die Endplatte im engeren Sinne dar, während der unter derselben liegende granulirte mit Kernen besetzte Theil, der für die wahre Endplatte gleichsam eine Sohle bilde, als Rest des ursprünglichen Bildungsmaterials des Muskels anzusehen sei. Ein anderer Beobachter verlegte die Endigung des Nerven gerade in die tiefere granulirte Lage, und glaubt, dass die homogene Beschaffenheit der oberen durch Gerinnungserscheinungen verursacht sei. Wieder von anderer Seite werden Theilungen der Axenfaser in der Endplatte beschrieben; ein anderer Autor verlegt diese Theilungen nur in die granulirte Substanz. Die Endplatte selbst wird wiederum in einer weiteren Publication als eine Verbreiterung der Markscheide angesehen, kurz, es lassen sich die vielen von einander abweichenden Darstellungen schwerlich unter einem Gesichtspunkt vereinigen.

Entschieden grössere Wichtigkeit muss denjenigen Mittheilungen beigelegt werden, welche die Verbreitung der Endplatten bei den Wirbelthieren betreffen. Hier machen sich zwei Richtungen geltend;

die eine lässt die motorischen Nerven bei allen Wirbelthieren ohne Ausnahme mit Endplatten endigen. Bei Weitem die grössere Mehrzahl der Histiologen ist jedoch der Meinung, dass nur den Reptilien, Vögeln und Säugern Endplatten zukommen, und zwar sollen diese unter dem Sarcolemma liegen. Bei Amphibien behalten die schon erwähnten Angaben Kühne's Geltung; nur in Betreff seiner Nervenendknospen herrschen Controversen.

Der letztgenannten Anschauung zufolge wäre die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln keine einheitliche. Das Auffallende, das hierin lag, fühlte man, und machte daher den Versuch, wenigstens theoretisch eine Einheit zu erzielen. Es solle nemlich die Endigungsweise der Nerven bei Amphibien eine besondere Art der Endplatten darstellen, welche sich von denen der anderen Wirbelthiere dadurch unterscheide, dass sie sich verzweige und in Fasern auslaufe. In dieser Auffassung liegt inbegriffen, dass diese Fasern nicht in das Innere der contractilen Substanz eindringen, sondern zwischen ihr und dem Sarcolemma sich ausbreiten.

Ich komme nun zur Besprechung der Untersuchung von Margo¹⁾, welche schon kurz vor der erwähnten Abhandlung Rouget's publicirt wurde, und deren Ergebnisse ich noch nachzutragen habe. Margo stimmt mit Kühne überein, was den Durchtritt des Nerven durch das Sarcolemma anlangt; auch er bestätigt den Uebergang des Neurilemmas in das Sarcolemma. Der seine Markscheide schon früh verlierende Nerv theilt sich im Innern des Muskels wiederholt; diese Aeste gehen in ein feines Netzwerk über, dessen Fasern in kurzen Intervallen Körner enthalten sollen. Das dichte aus „Kornfasern“ bestehende Netz durchzieht den ganzen Inhalt des Muskelfadens, seine Maschen sind durch contractile Substanz ausgefüllt.

Da kurz nach dem Erscheinen der Schrift Margo's die Aufmerksamkeit der Histiologen durch Rouget und Krause auf die Endplatten gelenkt wurde, so blieben die Angaben Margo's ziemlich unberücksichtigt, zumal es nicht gelang, in den Muskelfasern von Vertebraten längere Körnerreihen nachzuweisen.

Erst im Jahre 1873 kommt Arndt²⁾ auf die Angaben Margo's

¹⁾ Margo, Ueber die Endigung der Nerven in der quergestreiften Muskelsubstanz. Pest 1862.

²⁾ Arndt, Untersuchungen über die Endigung der Nerven in den quergestreiften

zurück; nach ihm, und dies scheint mir das wesentlich Neue in seiner Abhandlung zu sein, geht von der Nervenendplatte ein System von Zellen und faserigen Zellenderivaten aus, welches das Muskelinnere nach allen Richtungen hin durchzieht, und so mittelst der Endplatte eine Verbindung zwischen der contractilen Substanz einerseits und dem Nerven andererseits herstellt. Denkt man sich nun das Mittelglied, die Endplatte, ausgeschaltet, so würde Arndt mit Margo vollkommen übereinstimmen, wobei man natürlich von den „Kornfasern“ des letzteren absehen müsste.

Die neuesten Untersuchungen über die Endigungen der Muskelnerven rühren von meinem Vater her¹⁾). Die Ergebnisse derselben sind kurz gefasst folgende: Die Art und Weise der Nervenendigung in der quergestreiften Muskelfaser ist für alle Wirbelthiere eine einheitliche. Die bisher als Endplatten beschriebenen Gebilde sind auf eine um die Eintrittsstelle des Nerven liegende grössere Anzahl von Muskelkörperchen zurückzuführen. Der Nerv, dessen Neurilemma mit dem Sarcolemma verschmilzt, verliert seine Markscheide. Die nun nackte Axenfaser theilt sich mehrfach in feine Aeste; dieselben constituiren ein feines Netzwerk; welches in der contractilen Substanz liegt, und den Muskelfaden in seiner ganzen Länge durchzieht. Dieses „intravaginale“ Netz ist durch Goldsalze darzustellen; ausser ihm tingiren sich im Muskel noch andere Elemente; es sind dies feine Punkte, von denen das Muskelinnere wie durchsäet ist, was dem ganzen Muskelfaden ein gesprenkeltes Ansehen verleiht. Die erwähnten Punkte hängen mit dem Netzwerk durch feinste Fasern zusammen, was während gewisser nur kurz andauernder Stadien der Einwirkung von Cyankali auf vergoldete Präparate beobachtet werden kann.

Dieses Bild wird nun folgendermaassen gedeutet: Die Masse-theilchen der contractilen Substanz liegen für gewöhnlich im Muskel so angeordnet, dass auf eine Lage von doppelbrechenden eine Lage einfach brechender folgt u. s. w., wodurch das bekannte Bild

Muskelfasern in M. Schulze's Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. 9. S. 481.

¹⁾ J. Gerlach, Ueber das Verhalten der Nerven in den quergestreiften Muskelfäden der Wirbelthiere. Sitzungsberichte der physical.-med. Societät zu Erlangen. Heft 5. S. 97. Jahrg. 1873. — Das Verhältniss der Nerven zu den willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere. Leipzig 1874.

der Querstreifung entsteht. Ausser dieser gewöhnlichen Anordnung kommt eine zweite weniger regelmässige vor, wobei die Masse-theilchen unter einander geworfen sind. An solchen Muskeln ist dann die Querstreifung aufgehoben; dieselben erscheinen mehr oder weniger punctirt. Derartige Bilder gelangen nicht selten bei der mikroskopischen Untersuchung von lebenden Muskeln zur Beobachtung, und scheinen nach unmittelbar vorausgegangenen stärkeren Contractionen, sowie in gewissen Stadien des Absterbens aufzutreten. In diesen nur kurz dauernden Stadien bietet aber der Muskel das geeignetste Object zur Darstellung der genannten Sprenkelung durch die Goldmethode; weder vorher noch nachher wirkt das Goldsalz in gleich günstiger Weise ein. Daran knüpft sich die Annahme, dass die gefärbten Punkte, aus welchen die Sprenkelung resultirt, eine Kategorie der Masse-theilchen der contractilen Substanz repräsentiren, welche durch Gold tingirt würde; wahrscheinlich sind dies die einfach brechenden Elemente derselben. Dies wird daraus geschlossen, dass auch die Substanz der Axenfaser einfach brechend ist, welche durch Goldimprägnation ganz denselben Farbenton bekomme, wie die Punkte des gesprenkelten Muskelfadens. Die Punkte selbst würden dann Aggregate von einfach brechenden Masse-theilchen darstellen, und da sie mit dem intravaginalen Fasernetz zusammenhängen, so wäre damit ein Uebergang von nervöser Substanz in die contractile Muskelsubstanz gegeben, eine scharfe Grenze zwischen Nerv und Muskel wäre aufgehoben.

So ansprechend diese Deutung der durch die Goldmethode erhaltenen Bilder auch sein mag, so steht sie für jetzt doch noch ganz auf dem Boden der Hypothese. Ob dieselbe der Wahrheit entspricht, ob wirklich Nerv und Muskel ohne scharfe Grenze in einander übergehen, dies würde nur durch eine klare präzise Darlegung der morphologischen Verhältnisse dieses Uebergangs festgestellt werden können, und dazu reichen die Hülfsmittel, die uns heute zu Gebote stehen noch entfernt nicht hin. Dagegen scheint mir durch die letztgenannten Untersuchungen ein nervöses Fasernetz im Innern der quergestreiften Muskelfaser sicher erwiesen zu sein. Mit dieser bei allen Vertebraten gleichmässig netzförmigen Nervenausbreitung ist die uns bis jetzt beschäftigende Frage wenigstens bis zu einem gewissen Abschluss gediehen.

Gehen wir nun zu den Nerven der organischen Muskeln

über. Die gröbere Vertheilung derselben ist uns schon vor längerer Zeit bekannt geworden; ich erinnere an die ganglienhaltigen Nervenplexus in der Mucosa und Muscularis des Darms, der Harnblase, des Uterus etc. Dagegen sind unsere Kenntnisse über das terminale Verhalten der Nerven in den glatten Muskelfasern erst durch Untersuchungen der letzten 10 Jahre erweitert worden. Klebs¹⁾, welcher zuerst über dasselbe berichtet, benutzte bei seinen Untersuchungen als Object die Harnblase des Frosches, welche eine dünne Membran darstellt, und deshalb zu besagten Zwecken sehr geeignet ist. Klebs fand nun, dass die zu den einzelnen Muskelbündeln in grösserer Anzahl tretenden Nervenfasern in dasselbe eindringen, sich hier theilen, und ein feines nervöses Netz bilden. Die Maschen dieses Netzes sind lang und schmal und in ihnen liegen die glatten Muskelspindeln eingebettet. Die Fasern dieses „intramusculären“ Nervennetzes sind kaum 0,0003 Mm. breit und zeigen feine varicöse Anschwellungen. Einen Zusammenhang solcher Nervenfibrillen mit Muskelfasern konnte Klebs nur ein einziges Mal beobachten.

Weitere Angaben über die Endigungsweise der Nerven in den glatten Muskelfasern finden wir bei Frankenhäuser²⁾, der an den breiten Mutterbändern trächtiger Kaninchen und an dem schwangeren Uterus von Menschen und Thieren seine Untersuchungen anstellte. Nach ihm kommt es nicht zur Bildung eines intramusculären Netzes, sondern die von kernführenden Nervenfasern abgehenden Fäden theilen sich, am Rande eines Muskelbündels angekommen, wiederholt dichotomisch, ohne jedoch Netze zu bilden. Die Theilungsstellen sind durch kleine Knötchen gekennzeichnet; die feinen ungefähr 0,00015 Mm. messenden Fäserchen dringen in die Muskelzellen ein, und endigen im Kern mittelst eines Körperchens, das etwas grösser ist, als die erwähnten Knötchen. Enthält ein Kern zwei solcher Körperchen, so dringen zwei feine Nervenfädchen ein, um in den Körperchen zu enden. Letztere deutet Frankenhäuser als Kernkörperchen.

¹⁾ Klebs, Die Nerven der organischen Muskeln. Centralblatt 1863. S. 561. — Die Nerven der organischen Muskelfasern. Dieses Archiv Bd. XXXII. 1865. S. 168.

²⁾ Frankenhäuser, die Nervenendigungen in den glatten Muskelfasern. Centralbl. 1866. S. 865. — Die Nerven der Gebärmutter und ihre Endigung in den glatten Muskelfasern. Jena 1867.

Etwas abweichend von den geschilderten lauten die Angaben von J. Arnold¹⁾. Derselbe sah in der Harnblase vom Frosch die feinen sowohl an den Theilungsstellen als in ihrem Verlaufe Körnchen führenden Nervenfädchen in den Muskelbündeln ein feines Netz bilden, welches die Muskelzellen umspinnt. Von diesem intramusculären Netze gehen feine 0,00015 — 0,0002 Mm. dicke Fäserchen ab, welche in die Muskelzelle und zwar in den Kern derselben eintreten. Je nachdem der Kern ein oder mehrere Körner enthält, dringen nur ein oder mehrere Fädchen von derselben Seite ein. Diese endigen aber nicht in den Körnern, sondern werden, indem sie in entgegengesetzter Richtung Kern und Zelle wieder verlassen, und in das intramusculäre Netz ausmünden, in ihrem Verlaufe durch die Körner nur unterbrochen. Letztere stellen daher nicht die Enden der Fädchen, sondern nur im Muskelkern liegende Knotenpunkte des intramusculären Netzes dar.

Hertz²⁾, der in einem weichen Uterusmyom die fraglichen Verhältnisse untersuchte, schliesst sich ganz an Arnold an; nach ihm sind in den Muskelkernen die Körner, zu welchen die Nervenfädchen herantreten, kleiner als das Kernkörperchen. Letzteres steht zu den feinen Nervenfasern in gar keiner Beziehung.

Auch Lipmann³⁾ und Hénocque⁴⁾, welche beide mit der Goldmethode arbeiteten, bestätigen die Angaben Arnold's.

Dagegen konnte weder Engelmann⁵⁾ an den Ureteren von Kaninchen und der Froschharnblase, noch Tolotschinoff⁶⁾ an letzterer beobachten, dass feine Nervenfasern im Kern endigen, oder denselben durchsetzen. Engelmann beschreibt die Endigungen der Nerven in den organischen Muskeln fast ganz wie Klebs; Tolotschinoff giebt an, er habe an vergoldeten Präparaten nur gesehen, wie die Nervenfädchen dicht über oder unter dem Kern

¹⁾ J. Arnold, Das Gewebe der organischen Muskeln. Leipzig 1869 und Cap. IV. in Stricker's Handbuch.

²⁾ Hertz, Zur Structur der glatten Muskelfasern und ihrer Nervenendigungen in einem weichen Uterusmyom. Dieses Archiv Bd. XLVI. S. 235.

³⁾ Lipmann, Die Nerven der organischen Muskeln. Dissert. Berlin 1869.

⁴⁾ Hénocque, Du mode de distribution et de la terminaison des nerfs dans les muscles lisses. Arch. de l'anatomie et de la physiologie 1870.

⁵⁾ Engelmann, Zur Physiologie des Ureter. Arch. für Physiol. Bd. 2. S. 243.

⁶⁾ Tolotschinoff, Ueber das Verhalten der Nerven zu den glatten Muskelfasern der Froschharnblase. M. Schultze's Archiv Bd. 5. S. 509.

weg verliefen, oder sich an den Contour des Kerns andrängend der weiteren Beobachtung entzögen.

Aehnlich wie den beiden letztgenannten ist es auch mir ergangen; ich habe, nachdem ich vorher an anderen Orten, wie in den Muskeln des Darms, der Gallenblase zu wesentlich negativen Resultaten gelangt war, die fraglichen Verhältnisse bei der Harnblase und der Lunge des Frosches untersucht, und hierbei die Goldmethode in Anwendung gebracht. Durch diese gelang es mir zwar, das intramusculäre Netz von Klebs darzustellen, dagegen konnte ich nie Nervenfädchen in den Kern eindringen sehen.

Sehr von den Angaben Frankenhäuser's und Arnold's weicht die von Eberth¹⁾ gegebene mir leider nur im Referate²⁾ zugängliche Darstellung der Nervenenden in den glatten Muskelfasern der Froshhaut ab; an diesen, welche zu Bündeln an einander gelagert, die Haut senkrecht durchsetzen, treten die Nervenendfäserchen nicht mit dem eigentlichen Zellkörper in Verbindung, sondern gehen über in das fadenförmige untere Ende der einzelnen Spindelzellen.

Wieder eine andere etwas seltsame Nervenendigung giebt Krause³⁾ an, und empfiehlt für deren Studium den *Musc. rectococygeus* des Kaninchens. Die mehrfach dichotomisch sich theilenden doppelt contourirten Nervenfasern endigen nach Krause scheinbar spitz. Mit Hülfe von Immersionssystemen sieht man jedoch, wie an diesen Stellen die markhaltigen Fasern in eine oder zwei marklose übergehen. Diese sind nur kurz und umgeben von ovalen Kernen, welche denen des Neurilemmas gleich kommen, und sich wohl unterscheiden von den Muskel- und Bindegewebskernen. Das ganze Gebilde stellt eine Nervenendigung vor, welche, da man nur verhältnissmässig wenige solcher scheinbar spitzer Enden markhaltiger Fasern beobachten kann, für ein ganzes Muskelbündel hinreichen muss, und mit den motorischen Endplatten der willkürlichen Muskeln in Analogie zu bringen ist.

¹⁾ Eberth, Untersuchungen zur normalen und pathologischen Anatomie der Froshhaut. Leipzig 1869.

²⁾ Jahresberichte über die Leistungen und Fortschritte in der gesammten Medicin, 1869. Erste Abtheilung. S. 31.

³⁾ Krause, Die Nervenendigungen in den glatten Muskeln. Archiv für Anat. u. Physiol. 1870. S. 1.

Wir sehen aus der so verschiedenen Darstellung der Nervenenden in den organischen Muskeln, dass die Acten hierüber noch lange nicht geschlossen sind. Jedoch scheint nach den übereinstimmenden Resultaten der Untersuchungen von Klebs und Arnold bezüglich des intramusculären Netzes, dessen Färbung durch Goldsalze wie schon erwähnt auch mir glückte, die Existenz eines solchen Netzes als sicher angenommen zu werden dürfen.

Dem zufolge würden alle motorischen Nervenfasern, die der quergestreiften und der glatten Musculatur, an dem Ort ihrer Bestimmung angekommen, sich netzförmig ausbreiten. Das intramusculäre Netz der glatten Muskelzellen würde ein Analogon haben in dem intravaginalen Nervenetze der quergestreiften Muskelfäden.

Eine solche Analogie darf, selbst wenn man die überaus ähnliche Beschaffenheit beider Netze nicht berücksichtigen wollte, um so weniger Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass sowohl genetisch, als morphologisch keine strenge Grenze zwischen den glatten und quergestreiften Muskelfasern gezogen werden kann. Was ersteres anlangt, so möchte ich daran erinnern, dass nach der Ansicht unserer ersten Histiologen, jede quergestreifte Faser aus einer einzigen Zelle entsteht; in Bezug auf letzteres giebt es viele vermittelnde Uebergangsformen, welche eine strenge Scheidung unmöglich machen. Selbst in solchen Organen, in welchen nur glatte Muskelspindeln vorkommen, findet sich zuweilen mitten unter diesen eine Zelle, welche eine partielle Querstreifung zeigt. Eine derartige Zelle hat Schwalbe¹⁾ in der Blasenmusculatur des Hundes beobachtet; eine ähnliche Zelle kam mir in den Muskeln der Froschlunge zu Gesicht. Ganz abgesehen von diesen Ausnahmefällen finden sich bei den niederen Wirbelthieren in gewissen Organen Formen von Muskelfasern, welche eine totale Querstreifung zeigen, sonst aber sich in keiner Weise von den glatten Muskelfasern unterscheiden. Aus solchen setzt sich bei Fischen und Amphibien die Musculatur des Herzens zusammen.

Wie gestalten sich nun in diesen Muskeln die Nervenendigungen? Da es mir von Interesse zu sein schien, hierüber Auskunft zu erhalten, so habe ich bezüglich der fraglichen Verhältnisse die Muskel-

¹⁾ Schwalbe, Beiträge zur Kenntniss der glatten Muskelfasern. M. Schultze's Archiv Bd. IV. S. 392.

zellen des Froschherzens einer eingehenderen Untersuchung unterworfen.

II.

Ueber die Vertheilung der Nerven im Herzen des Frosches haben wir durch die Untersuchungen von Ludwig¹⁾ und Bidder²⁾ die ersten Aufschlüsse erhalten. Die Rami cardiaci beider Vagi verlaufen auf und in der Vorhofscheidewand, auf deren obersten Theile kurz nach ihrem Eintritt in das Herz ein grösserer Faser-austausch stattfindet. Von dieser Stelle, welche durch eine Anhäufung von Ganglienzellen kenntlich ist, gehen zwei ungleich starke Nerven ab, von denen ein jeder in seinem weiteren Verlaufe mehrmals gangliöse Anschwellungen zeigt. An der Stelle, an welcher die beiden Nerven in den Ventrikel eintreten, also in der Höhe, in der das Septum in den Kammerrand übergeht, tritt jeder derselben zu einem grösseren Ganglion; er verlässt dieses jedoch nicht mehr als einheitlicher Nerv, sondern in Aeste zerspaltten, welche sich bald in der Substanz des Ventrikels verlieren.

Kölliker³⁾ unterscheidet im Froschherzen zwei Kategorien von Nervenfasern, vom Vagus kommende und Ganglienfasern, welche letztere erst im Innern des Herzens entspringen. Die Aeste des N. vagus durchsetzen nach ihm die Ganglien, ohne eine Verbindung mit den Zellen desselben einzugehen. Beide Faserarten gehen schliesslich in blasse kernhaltige Fasern über, welche in ihrer grösseren Mehrzahl an und in den secundären Muskelbündel endigen. Diese Endigungen stellen Verästelungen der blassen Fasern dar. Die feineren Aeste besitzen Kerne im Verlaufe und in den Theilungsstellen und endigen frei.

Aehnliche blasse kernführende Fasern liegen nach Schweigger-Seidel⁴⁾ den Muskelbündeln des Froschherzens innig an. Von ihren charakteristischen dreiwinkligen Kernen treten feine Fäden ab, welche in das Innere des Bündels eindringen. Zwischen den Muskelzellen

¹⁾ C. Ludwig, Ueber die Herznerven des Frosches. Müller's Archiv 1848. S. 139.

²⁾ Bidder, Ueber functionell verschiedene und räumlich getrennte Nervencentra im Froschherzen. Müller's Archiv 1852. S. 163.

³⁾ Kölliker, Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl. S. 581.

⁴⁾ Schweigger-Seidel, Das Herz. Stricker's Gewebelehre S. 177.

vermag man bei Isolationsversuchen sehr feine verzweigte Fäserchen aufzufinden, welche Schweigger für nervös zu halten geneigt ist, obwohl er deren directen Zusammenhang mit unzweifelhaften Nerven nicht wahrnehmen konnte; mitunter sah er, wie diese feinsten Fäserchen den Muskelzellen fest anhafteten.

Zu den gleichen Resultaten ist auch Langerhans¹⁾ gekommen; er konnte, indem er die Vorhofscheidewand von Amphibien mit ganz verdünnten Lösungen von Essigsäure und Chromsäure successive behandelte, oder dieselben vergoldete, überall Netze blasser Nervenfasern auffinden, welche die Muskelbündel ganz in der Weise umspinnen, wie es Schweigger-Seidel in Fig. 43 seiner Abhandlung abbildete. Diese Netze sind ärmlich zu nennen im Vergleich zu der äusserst reichen Nervenvertheilung in den glatten Muskeln, wie sie von Frankenhäuser, Arnold und Lipmann geschildert wird. Von den gröberen ärmlichen Netzen gehen dann feine Fädchen aus, welche die Endfasern in den glatten Muskeln an Stärke übertreffen; sie verlieren sich zwischen den Muskelzellen. Feinere Netze zwischen diesen, wie bei den organischen Muskelfasern, sowie eine Verbindung feiner Nervenfädchen mit Kernen oder Kernkörperchen konnte Langerhans nicht beobachten. Es gelang ihm ferner, durch Zerzupfen von frischen Geweben in indifferenten Zusatzflüssigkeiten, sowie durch Anwendung von 20procentiger Salpetersäure Muskelzellen mehr oder weniger zu isoliren. An solchen bleiben zuweilen auch die feinsten Nervenfädchen erhalten, und man kann an ihnen einen Fortsatz wahrnehmen, welcher von den Muskelfortsätzen oder den etwa künstlich abgespaltenen Fibrillen sich wesentlich unterscheidet. Denn während diese Querstreifung zeigen, so stellt der erwähnte feine Fortsatz ein feines Fäserchen dar, welches sich in der Nähe des Kerns vom Leibe der Zelle erhebt, und sich von diesem durch einen gleich bei seinem Ursprung auftretenden charakteristischen Glanz scharf unterscheidet. Immer nur ein solcher Fortsatz lässt sich an einer Zelle nachweisen; denselben sieht Langerhans für ein feines blasses Nervenfäserchen an, mit welchem es die grösste Uebereinstimmung zeigt.

¹⁾ Langerhans, Zur Histologie des Herzens. Dieses Archiv 1873. Bd. 58. S. 65.

Aus der angezogenen Literatur ist ersichtlich, dass unsere Kenntnisse bezüglich der Nervenendigung in den Muskelzellen des Froschherzens eine Lücke aufweisen. Von Kölliker, Schweigger-Seidel und Langerhans ist in übereinstimmender Weise ein die Muskelbündel umspinnendes Netz blasser Fasern nachgewiesen worden. Letzterer hat, wie soeben geschildert, gezeigt, dass ein Zusammenhang feinster Fasern mit den Muskelzellen existirt. Es ist nun die Frage, was ist das Zwischenglied? denn man wird wohl kaum annehmen dürfen, dass die von den gröberen Netzen sich abzweigende feine Faser direct nach kurzem Verlaufe zur nächsten Muskelzelle trete. Diese Lücke war ich im Stande auszufüllen, indem es gelang, die Existenz eines feinen intramusculären Nervenfasernetzes nachzuweisen, welches sich ähnlich wie das der glatten Muskeln zu verhalten scheint.

III.

Die Fragestellung, welche der vorliegenden Untersuchung zu Grunde lag, war eine doppelte: 1) wie ist die Anordnung der feinen Nerven zwischen den Muskelzellen? und 2) wie verhalten sich erstere zur einzelnen Muskelzelle? Hieraus ist ersichtlich, dass die Methoden, welche Anwendung fanden, ebenfalls zweierlei Art sein mussten, solche, welche die Tinction der nervösen Elemente, und solche, welche die Isolation der einzelnen Muskelzellen bewirken.

Was erstere anlangt, so leistet trotz aller ihrer Mängel die Goldmethode das Beste. Jeder, der mit derselben gearbeitet hat, weiss, dass man es nicht in der Hand hat, constant die erwünschten Resultate zu erzielen, da sehr viele Versuche missglücken. Für solche Misserfolge wird man jedoch reichlich entschädigt, wenn eine Tinction gelingt; die feinsten Nervenfasern heben sich dann durch ihre dunkelviolette Farbe, von dem helleren umgebenden Gewebe mit einer Deutlichkeit ab, welche durch kein anderes Hilfsmittel erreicht werden kann. Die Goldlösung, deren ich mich bediente, besteht aus einem Theil Goldchloridkalium, 6 Theilen Salzsäure und 12,000 Theilen Wasser. In diese Flüssigkeit werden die Gewebstückchen gebracht und bleiben darin 14—16 Stunden liegen, wobei man nicht vergessen darf, das Gefäss zur Abhaltung des Tageslichtes zu bedecken. Die herausgenommenen, an den Rändern leicht lila gefärbten Gewebe werden in Salzsäure haltendem Wasser

(1 : 1000) einige Minuten ausgewaschen und hierauf in eine Mischung gebracht, welche 1 Theil Salzsäure, 400 Glycerin und 100 Wasser enthält. Hierin werden sie am besten in einem kleinen weissen Porzellanschälchen dem Lichte exponirt. Die Reduction des Goldsalzes wird durch den Säuregehalt der Mischung verzögert, so dass die Nerven erst nach 2—3 Tagen, falls die Tinction gelungen ist, gefärbt sind; das ganze Gewebstückchen hat dann eine blass-röthliche Farbe angenommen. Ist dies am 4. Tage noch nicht eingetreten, so ist wenig Hoffnung, dass eine Reduction des Goldsalzes überhaupt noch stattfinden wird. Für gewöhnlich kann man die Objecte schon am 3. Tage aus der genannten Mischung herausnehmen, um sie in Gummiglycerin zu untersuchen.

Das bekannte Nachdunkeln der Goldpräparate, welches dieselben zuweilen schon nach einigen Wochen unbrauchbar macht, kann durch eine Cyankalilösung wieder aufgehoben werden. Statt einer wässerigen Lösung wandte ich jedoch eine solche an, welche auf 1 Theil Cyankali 100 Theile Glycerin enthält¹⁾; diese hat deshalb vor der ersteren den Vorzug, weil Cyankali in Glycerin gelöst viel langsamer entfärbt; man kann hierin die Objecte Stunden lang ja sogar einen Tag lang liegen lassen und braucht daher nicht so sehr auf der Hut zu sein, wie bei Anwendung einer wässerigen Lösung, wobei es sehr häufig vorkommt, dass die nicht zur rechten Zeit aus der Lösung entfernten Präparate vollkommen farblos werden.

Es bleibt mir noch übrig anzugeben, in welchem Zustande die Gewebe in die Goldlösung einzulegen sind. Anfangs brachte ich frisch ausgeschnittene Froschherzen in dünne Lösungen von doppelt chromsaurem Ammoniak, präparirte dann nach zwei bis drei Tagen das Septum atriorum heraus, und brachte dieses und einige Stücke der Vorhofswand in die Goldlösung; allein später fand ich, dass die Tinction besser ausfällt, wenn man die Objecte in frischem Zustande einlegt. Wenn ich sage in frischem Zustande, so ist dies nur in gewissem Sinne richtig; denn wenn bei einem noch schlagenden Froschherzen das Septum herausgeschnitten und in die Goldlösung gelegt wird, gelingt die Tinction nicht. Das gleiche ungünstige Resultat erhält man, wenn nach dem Aufhören der Herzpulsation allzulange gewartet wird. Hieraus erhellt, dass die

¹⁾ Die Lösung wurde in der Weise hergestellt, dass zu 5 Ccm. einer 10 procentigen wässerigen Cyankalilösung 45 Ccm. Glycerin zugesetzt wurden.

Herzmusculatur sich ähnlich wie die Skeletmuskeln verhält, welche, wie oben erwähnt, nur in einer bestimmten Zeit nach dem Tode des Thieres sich zur Imprägnation mit Gold eignen. Bei den Herzmuskeln des Frosches hält es sehr schwer, den für die Goldeinwirkung günstigen Zeitpunkt richtig zu treffen, und ich glaube, dass hierin hauptsächlich der Grund liegt, warum so viele Tinctionsversuche misslingen. Am vortheilhaftesten verfährt man meiner Erfahrung nach auf folgende Weise: Einem frisch, oder erst vor kurzer Zeit getödtetem Frosche wird das Herz ausgeschnitten, und auf ein Uhrgläschen gelegt. Man wartet, bis dasselbe zu schlagen aufgehört hat, und ruft dann immer nach Intervallen von $\frac{1}{2}$ —1 Minute durch mechanischen Reiz wieder Contractionen hervor; dies wird so lange fortgesetzt, bis solche nicht mehr erfolgen. Dann ist der richtige Moment gekommen, das Septum atriorum wird rasch herausgeschnitten und in die Goldlösung gebracht. Die weitere Behandlung ist die bereits angegebene.

Neben dem letztgenannten Uebelstand ist die Anwendung der Goldmethode noch mit weiteren Nachtheilen verbunden. Es wird nemlich durch dieselbe die Querstreifung der Muskelzellen in den meisten Fällen zum Verschwinden gebracht; ferner treten die Kerne sehr zurück, und schliesslich werden die Grenzen zwischen den einzelnen Zellen verwischt, so dass es auf diesem Wege nicht möglich ist, Aufschluss über das Verhalten der Nerven zur Zelle selbst zu gewinnen. Dagegen ist man allein durch die Goldimprägnation in den Stand gesetzt, das feine zwischen den einzelnen Muskelzellen liegende intramusculäre Fasernetz darzustellen. Osmiumsäure — ich bediente mich einer einprocentigen Lösung — ist nur geeignet für die gröbere Vertheilung der Nerven; bessere Dienste leistet saures Carmin; färbt man hiermit Objecte, welche 24 Stunden in verdünnten Lösungen von Chromsäure, oder chromsaurem Ammoniak gelegen waren, so lassen sich ganz gut die Nervennetze erkennen, welche die einzelnen Muskelbündel umspinnen. Noch besser gelingt dies, wenn man die Septa atriorum oder Stückchen der Vorhofswand einen Tag lang in einer schwachen Picrinsäurelösung hatte liegen lassen, und hierauf mit Picrocarmin tingirte.

Zur Isolation der Muskelzellen des Herzens hat Weismann¹⁾

¹⁾ Weismann, Ueber die Musculatur des Herzens beim Menschen und in der Thierreihe. Müller's Archiv 1861. S. 41.

mit dem besten Erfolge 35procentige Kalilauge verwandt. Die Formen der Zellen können auf diese Weise sehr gut zur Anschauung gebracht werden. Für das Studium ihrer Structur, sowie der Beziehungen der feinsten Nerven zu den Zellen empfiehlt sich jedoch die Kalilauge nicht, da sie ein viel zu eingreifendes Reagens ist. An demselben Fehler leiden auch die meisten anderen der sogenannten chemischen Isolationsmethoden, und ich stimme daher Langerhans vollkommen bei, der, nachdem er eine ganze Reihe dieser Methoden vergebens versucht hatte, schliesslich auf das mühselige Zerzupfen mit Nadeln in indifferenten Flüssigkeiten zurückkommt, um auf diese Weise die Muskelzellen zu isoliren. Natürlich ist nicht zu erwarten, dass man mittelst dieses Verfahrens die Zellen in grösserer Menge und vollständig isoliren kann; meistens bekommt man nur Stücke von Zellen zu Gesicht, indem das eine oder auch beide Enden abgerissen sind. Dagegen kann man an denselben am besten die feinere Structur beobachten, und auch in günstigen Fällen die zu ihnen tretenden Nervenfädchen deutlich erkennen. Als indifferente Flüssigkeiten benutzt man entweder Jodserum oder $\frac{1}{2}$ procentige Kochsalzlösung, oder noch besser $\frac{1}{10}$ procentige Osmiumsäure, auf die Langerhans mit Recht aufmerksam gemacht hat. Jedenfalls ist es aber sehr schwierig und zeitraubend in diesen Flüssigkeiten unter der Lupe die Muskelbündel zu zerzupfen. Ich versuchte deshalb dies zu erleichtern, indem ich kleine aus dem Ventrikel ausgeschnittene Muskelstückchen in verschiedene Flüssigkeiten legte, von denen sich annehmen liess, dass sie ohne den feineren Bau der Zelle zu alteriren, auf die Kittsubstanz lösend einwirkten. Mit Jünnen Lösungen von Chromsäure oder Chromsalzen kam ich nicht zum Ziele; besser eignete sich die Czerný'sche Mischung von Müller'scher Lösung mit Speichel, in welcher die Muskelstückchen einige Tage liegen mussten. Sehr erleichtert wird das Zerzupfen, wenn man dasselbe in Glycerin vornimmt bei Objecten, welche 4 — 6 Tage in einer Mischung von Salzsäure und Glycerin (1 : 20) gelegen waren. Am vollkommensten lassen sich die Zellen mittelst der Nadeln isoliren, wenn sie zwei bis drei Tage in 20procentiger Salpetersäure verbracht hatten; aber leider konnte ich nie an solchen Zellen Nervenendigungen wahrnehmen.

Es lag nahe, Präparate, in denen durch vorhergehende Goldbehandlung die feinsten Nerven sichtbar gemacht worden waren, in

die letztgenannte Säure zu legen, und sie nachher zu zerzupfen; allein dies missglückte vollständig, da die Imprägnation mit Gold dem Gewebe eine gewisse Festigkeit und Starrheit zu verleihen scheint, welche durch die Säure nicht beseitigt wird. Verfuhr ich umgekehrt, indem ich Stückchen vom Herzmuskel, welche einige Tage in der Säure gelegen waren zu vergolden suchte, in der Hoffnung, sie dann leichter zerzupfen zu können, so scheiterte diese an dem Misslingen der Goldfärbung. Glücklicher war ich in der Anwendung der von Budge angegebenen Isolationsmethode mit chloresurem Kali und Salpetersäure. Das Verfahren dabei ist folgendes. Die ausgeschnittenen Herzstückchen werden auf eine den Grund eines Gläschens bedeckende Lage von gepulvertem chloresurem Kali gelegt, und mit einer zweiten Lage überschüttet; hierauf wird Salpetersäure, welche um die Hälfte mit Wasser verdünnt worden war, darauf gegossen und die Objecte höchstens 15—20 Minuten in der Flüssigkeit gelassen; dann werden sie herausgeholt und in $\frac{1}{2}$ procentiger Kochsalzlösung zerzupft; bleiben sie länger liegen, so gilt auch von dieser Methode dasselbe, was oben von der concentrirten Kalilauge gesagt wurde. Einige Male gelang es, die Objecte, nachdem sie kurze Zeit in der Kochsalzlösung gelegen waren, auch noch mit Gold zu tingiren, worauf sie in dem angesäuerten und mit Wasser versetzten Glycerin zerzupft und dem Lichte exponirt wurden. Durch diese Combination der modificirten Budge'schen Methode mit der Goldmethode war es möglich, den Eintritt von feinen Fasern in's Innere der Zelle zu eruiren, worauf ich später ausführlicher zurückkommen werde.

Andere Isolationsmethoden übergehend, da sie sich für die Zwecke dieser Arbeit als unbrauchbar erwiesen, wende ich mich jetzt zu einer kurzen Beschreibung des feineren Baues der Muskelzellen und werde dann auf die Vertheilung und Anordnung der Nervenfasern im Froschherzen zu sprechen kommen.

IV.

Ueber die Gestalt und die Grössenverhältnisse der die Musculatur des Froschherzens zusammensetzenden Zellen hat Weismann ausführlich berichtet¹⁾. Bezüglich ihres feineren Baues kann man an ihnen 3 Hauptbestandtheile unterscheiden: 1) die quergestreifte

¹⁾ l. c.

contractile Substanz, 2) den Kern und 3) das denselben umgebende feinkörnige Protoplasma. Eine Membran geht bekanntlich unseren Zellen ab.

Die Beobachtung der quergestreiften Substanz stösst bei Untersuchung frischer Objecte in $\frac{1}{2}$ procentiger Kochsalzlösung in so fern auf Hindernisse, als die Mehrzahl der Muskelzellen sehr rasch in jenes Stadium übergeht, in welchem eine Querstreifung nicht mehr zu erkennen ist, und die ganze Zelle ein mehr körniges Ansehen hat. Es ist daher vorzuziehen, die Stückchen erst einige Zeit in Alcohol zu legen, und sie nachher in Glycerin zu zerzupfen. Die Querstreifung stellt sich für gewöhnlich als eine äusserst feine dar; die dunklen und die hellen Streifen sind im Verhältniss zur Skelettmusculatur sehr schmal. Langerhans hält aus diesem Grunde die Muskeln des Herzens für wenig geeignet, um mit Vortheil zur Prüfung der Hensen-Krause'schen Controverse und dahin gehöriger Fragen verwandt werden zu können. Obgleich auch ich mich zu dieser Ansicht bekenne, darf ich doch nicht unerwähnt lassen, dass nicht allzu selten Zellen oder künstlich abgespaltene Theile derselben zur Beobachtung gelangen, welche eine aussergewöhnlich breite Anordnung der Querstreifen zeigen. Sehr leicht kann man an solchen, wie auch Langerhans angiebt, in der einfach brechenden Substanz einen feinen dunklen Streifen erkennen, welcher der Krause'schen Zwischenmembran entspricht; in seltenen Fällen gelingt es aber auch, eine Andeutung der Hensen'schen Mittelscheibe zu sehen. An dem Zellstückchen, das ich in Fig. 2 abgebildet habe, war ganz deutlich in einigen der dunklen Bänder eine hellere Linie zu erkennen, welche in der Mitte derselben verlief; auch fiel die verschiedene Breite dieser Bänder auf, während die helleren Querbänder, in denen die Krause'sche Membran scharf hervortrat, durchaus gleiche Breitendimensionen zeigten.

Die Kerne der Muskelzellen stellen in möglichst unverändertem Zustande bei frischen in $\frac{1}{10}$ procentiger Osmiumsäure zerzupften Präparaten blasse ellipsoide Gebilde dar. Sie sind durchaus homogen, zeigen einen scharfen Contour und besitzen ein oder zwei Kernkörperchen. Im ersten Falle nimmt dasselbe so ziemlich die Mitte des Kernes ein; sind zwei vorhanden, so sind sie den beiden Polen genähert. Die Kernkörperchen sind stark lichtbrechende Körner, welche je nach der Einstellung bald in der Mitte dunkel

erscheinen, bald ein helleres Centrum und einen dunkleren peripheren Rand besitzen. Durch Zusatz von Essigsäure mittlerer Concentration kann man die Kernkörperchen zum Verschwinden bringen; zugleich treten auch Veränderungen des Kernes ein. Er verliert seinen scharfen regelmässigen Contour, wird eingekerbt und scheint vorzugsweise in querer Richtung zu schrumpfen, so dass er sich der Stäbchenform nähert. Ausserdem wird er dunkler und tritt dadurch mehr hervor. Lässt man statt der Essigsäure Kalilauge einwirken, so erscheint der Inhalt des Kerns granulirt, sein Contour schärfer, das Kernkörperchen ist nicht mehr zu erkennen.

Die Lage des Kerns in der Zelle ist eine sehr wechselnde; das eine Mal nimmt er mehr die Mitte derselben ein, in anderen Fällen nähert er sich der Oberfläche; bei den abgeplatteten Zellen pflegt er nahe am Rande zu liegen (Fig. 1 a).

Selten beobachtet man zwei Kerne in einer Zelle; jeder derselben hat dann gewöhnlich nur ein Kernkörperchen. Sie liegen fast immer, wie Fig. 1 b zeigt, mit ihren Enden aufeinander und sind beide von Protoplasma umschlossen.

Das Protoplasma der Muskelzellen ist an Präparaten, welche durch Zerzupfen in $\frac{1}{10}$ procentiger Osmiumsäure hergestellt wurden, nicht immer mit wünschenswerther Klarheit zu sehen. Ersetzt man jedoch die Osmiumsäure durch verdünnte Müller'sche Lösung, welche am Rande des Deckgläschens zugesetzt wird, während man erstere durch Fliesspapierstückchen am gegenüberliegenden Rande aufsaugt, und lässt dann das Präparat eine Nacht über in der feuchten Kammer liegen, so kann man am Morgen das Protoplasma an den meisten isolirten Zellen nachweisen, und über seine Lage Aufschluss erhalten. Dasselbe lässt sich durch seine feinkörnige Beschaffenheit leicht von der quergestreiften Substanz unterscheiden, und findet sich bei den einzelnen Zellen in verschieden grosser Menge vor. Dies ist ohne Zweifel aus der Genese der Zellen zu erklären; bei den einen wird mehr Protoplasma, bei den anderen weniger zur Bildung der contractilen Substanz verbraucht, so dass der persistirende Theil desselben bezüglich seiner Mächtigkeit individuellen Verschiedenheiten unterworfen ist. Für gewöhnlich beobachtet man nur zwei kleine Häufchen von Protoplasma in einer Zelle, welche die beiden Pole des Kerns haubenförmig bedecken (Fig. 3 a). Diese Anhäufungen können bedeutender werden, und

sich mehr oder weniger weit gegen die beiden Enden der Zelle hin erstrecken (Fig. 3b). Es können so Protoplasmastränge entstehen, welche so lang werden, dass sie das Innere der Zellen bis nahe an die Enden durchziehen. Ihre Breite ist eine verschiedene; nach Langerhans kann sie im Maximum ein Dritttheil der gesamten Zellbreite erreichen. An solchen Zellen kann der Kern durch die Masse des Protoplasmas so verdeckt sein, dass es oft schwer hält, ihn zu finden.

Bisher wurde stillschweigend angenommen, dass Protoplasma und Kern im Innern der Zelle lägen, und auf allen Seiten von quergestreifter Substanz umschlossen seien. Wenn dies Verhältniss auch als Regel hingestellt werden muss, so bestätigt ein Blick auf Fig. 3c auch hier den alten Satz: „keine Regel ohne Ausnahme“. In diesem Falle lag das den Kern einhüllende Protoplasma nicht in der quergestreiften Substanz, sondern hing nur seitlich mit dieser zusammen; es kam hierdurch an der Muskelzelle eine einseitige Prominenz zu Stande.

Es erübrigt mir, einer eigenthümlichen Art von Zellen zu gedenken, welche ich im Anschluss an die Muskelzellen behandeln will, weil sie häufig den Muskelbälkchen anliegen. Sie können, wie Fig. 4 zeigt, sowohl eine keulenförmige, als eine eylindrisch in die Länge gezogene Gestalt besitzen und scheinen überhaupt in ihren Formen sehr zu wechseln. Ihr Kern ist rundlich und enthält ein Kernkörperchen; er liegt gewöhnlich in dem einen etwas angeschwellenen Ende der Zelle. Zuweilen finden sich in einer Zelle zwei Kerne. Das Protoplasma ist grobkörnig von krümeligem Ansehen, von keiner Membran umschlossen und läuft nicht selten an den Zellenden in ein feines Fädchen aus. Es fragt sich nun, wie diese Zellen zu deuten sind; am ehesten möchte ich sie für Muskelzellen halten, welche entweder in der Bildung begriffen oder in ihrer Entwicklung zurückgeblieben sind. Hierzu veranlasst mich einmal ihre Aehnlichkeit mit embryonalen Zellen, sowie der Umstand, dass man an einzelnen eine Andeutung von Querstreifung bemerken kann.

Verlassen wir nun die musculösen Bestandtheile des Froschherzens und wenden uns den nervösen Elementen zu, indem wir damit beginnen, auf die Vertheilung der Nerven näher einzugehen. Hierbei muss ich auf die beiden Rami cardiacci nervi vagi recurriren,

von denen schon oben berichtet worden ist, dass sie dem Septum atriorum aufliegen, und während ihres Verlaufes häufig zu grösseren und kleineren Gruppen von Ganglienzellen treten. Von diesen beiden Nervenstämmen, welche fast ausschliesslich aus dunkelrandigen Fasern bestehen, gehen grössere und kleinere Aeste ab; die grösseren, deren Breite bis gegen $34\ \mu$ beträgt, entspringen hauptsächlich nur auf dem oberen Theile des Septums, und begeben sich, seitlich Zweige abschickend, nach der Wand der Vorhöfe, um sich hier weiter in Aeste zu zerspalten. Indem diese vielfach mit einander anastomosiren, kommt ein Nervengeflecht zu Stande, das ich den Grundplexus nennen will. In dem Septum wird ebenfalls ein solcher Grundplexus gebildet, und zwar einerseits von den erwähnten Seitenzweigen der zur Vorhofswand verlaufenden Nerven, andererseits von den schwächeren direct von den Rami cardiaci abtretenden Nervenzweigen. Dass auch in der Musculatur des Ventrikels ein ähnlicher Grundplexus existirt, darf wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit angenommen werden. Bestimmte Angaben dürften über einen solchen allerdings nicht leicht zu machen sein, da die Dicke des Ventrikels eine Darstellung von grösseren Nervengeflechten nicht erlaubt. Hingegen ist das Septum atriorum und die Wände der Vorhöfe der mikroskopischen Untersuchung viel zugänglicher, da sie dünne Membranen darstellen, an welchen man ohne Schwierigkeit die Ausbreitung der Nerven übersehen kann.

An den genannten Objecten gewahrt man, dass der Grundplexus eine sehr unregelmässige Anordnung besitzt, sowohl was die Grösse und Form der Maschen, als die Breite seiner Stämmchen anlangt. Die stärksten derselben sind $20 - 25\ \mu$, die schwächsten ungefähr $3\ \mu$ breit. Auch die Nervenzellen, welche in und an den Nervenästen unseres Geflechtes liegen, scheinen rücksichtlich ihrer Zahl und Lage keiner grossen Gesetzmässigkeit unterworfen zu sein; denn das eine Mal findet man nur eine Zelle zwischen den Fasern eines stärkeren Zweiges, das andere Mal gleich eine Gruppe von 3—5 Nervenzellen; das Gleiche gilt von den schwächeren Aesten des Geflechtes. Man kann daher nicht sagen, dass die schwächeren Aeste mit einer grösseren Anzahl von Nervenzellen bedacht wären, als die stärkeren, oder umgekehrt. Dies bringt mit sich, dass man auf gleich grossen Territorien bald nur wenige, bald eine grössere Menge von Ganglienzellen vorfindet.

Da ich keine wesentliche Differenz zwischen den Nervenzellen des Grundgeflechtes und denjenigen beobachtet habe, welche den beiden Rami cardiaci n. vagi zukommen, so wird sich die folgende Beschreibung auf sämtliche im Froschherzen vorkommende Ganglienzellen beziehen.

Man kann in demselben mehrere Arten von Nervenzellen unterscheiden, 1) deutlich unipolare, deren Fortsätze sich den Nervenfasern der betreffenden Stämmchen anschliessen, 2) bipolare, welche in den Verlauf einer Nervenfaser eingeschaltet sind, 3) Nervenzellen mit Spiralfaser. Diejenigen Zellen, welche sich in opponirter Stellung (Auerbach) befinden, gehören den unipolaren an, zeigen nie eine Spiralfaser. Ausser diesen von Bidder¹⁾ genauer beschriebenen Formen konnte ich an Vorhofscheidewänden, welche ungefähr 14 Tage in $\frac{1}{3}$ procentiger Lösung von doppeltchromsaurem Ammoniak gelegen waren, dann mit Picrocarmin gefärbt und in angesäuertem Glycerin zerzupft wurden, Zellen erkennen, welche den multipolaren zugerechnet werden müssen. Eine solche habe ich in Fig. 5a gezeichnet. Sie erinnert sehr an die Ganglienzellen aus den Lumbalganglien des menschlichen Sympathicus, welche M. Schultze S. 128 des Stricker'schen Handbuches in seiner Abhandlung „Ueber die Structurelemente des Nervensystems“ abgebildet hat. Hier wie da kommen neben einem stärkeren ungetheilt verlaufendem Fortsatze noch weitere feinere Zellausläufer vor, welche zur Scheide herantreten und sich hier der weiteren Beobachtung entziehen. Auf diese Art von Zellen einmal aufmerksam geworden, habe ich alle auf die beschriebene Weise hergestellten Präparate durchmustert und gefunden, dass sich nicht selten an solchen Zellen eine Spiralfaser vorfindet; ferner gelang es, ein dicht unter der Scheide liegendes feines Fasernetz zu erkennen, ähnlich dem, welches Arnold²⁾ an den dem Froschsympathicus entnommenen Nervenzellen mit Spiralfaser beschrieben hat. Dieses Fasernetz hängt nach ihm durch Fasern einerseits mit dem Kernkörperchen zusammen, andererseits entwickeln sich aus ihm die Spiralfasern. Während ich das letztere für unsere Zellen bestätigen kann, ver-

¹⁾ Bidder, Die Endigungsweise der Herzzweige des N. vagus beim Frosch. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1868. S. 1.

²⁾ J. Arnold, Ueber die feineren histologischen Verhältnisse der Ganglienzellen in dem Sympathicus des Frosches. Dieses Archiv Bd. XXXII. S. 1.

mochte ich doch niemals einen Zusammenhang des Netzes mit dem Kernkörperchen wahrzunehmen. Dagegen war einige Male ganz zweifellos ein Uebergang der kurzen zur Scheide verlaufenden Fortsätze der Nervenzelle in jenes Netz nachzuweisen. Fig. 5b stellt eine solche Zelle dar; das Fasernetz selbst, welches an derselben auf der dem geraden Fortsatz gegenüberliegenden Seite der Nervenzelle sehr deutlich zu sehen war, fiel nicht in die Ebene, auf welche während der Zeichnung eingestellt wurde. Ebenso sind die Kerne der Scheide der Deutlichkeit wegen weggelassen; die Spiralfaser zeigte an dieser Zelle keine Kernanschwellung. Aus dem Gesagten geht hervor, dass ich mich denjenigen Histologen anschliesse, welche die Spiralfaser für ein nervöses Gebilde halten. Der gleichen Ansicht ist Bidder, welcher an den Nervenzellen des Froschherzens ebenfalls einen Zusammenhang der feinen Fortsätze der Zelle mit dem Netzwerk beobachtet hat, das den Zellkörper selbst umspinnt und auch sich auf den geraden Fortsatz, denselben in Spiraltouren umgebend, weiter erstreckt. Die Uebereinstimmung, welche Bidder zwischen derartigen Zellen und den centralen Nervenzellen betont ¹⁾, halte ich meinen Untersuchungen nach für sehr gerechtfertigt. Es würde hiernach der gerade Fortsatz unserer Zellen, dem Deiterschen Nervenfortsatz, die feineren, den Protoplasmafortsätzen, und das die Zelle umspinnende Netzwerk dem centralen nervösen Fasernetz an die Seite zu setzen sein. Für das Rückenmark hat man angenommen, dass ein Uebergang von sensiblen Fasern in das letztgenannte Fasernetz, das die Protoplasmafortsätze der Zellen bilden, stattfindet. Will man diese Annahme auf die Nervenzellen des Herzens übertragen, so würden die Spiralfasern ihr Analogon in den sensiblen Fasern finden, und es wären die complicirten Verhältnisse des Rückenmarks bei den in Rede stehenden Zellen in beinahe schematischer Weise vereinfacht. Diese Analogie wird noch mehr gestützt durch eine Beobachtung, welche ich allerdings nur ein einziges Mal gemacht habe; es liessen sich nemlich an zwei nebeneinander liegenden Ganglienzellen Anastomosen erkennen, welche die beiden die Zellen umgebenden Netzwerke verbanden.

Es würde mich zu weit führen, wollte ich auf die sonstigen Structurverhältnisse der im Froschherzen vorkommenden Ganglienzellen näher eingehen. Dies ist um so weniger nöthig, da die

¹⁾ l. c. S. 36.

vielen Darstellungen über die Zellen des Froschsympathicus, welche in der Literatur vorliegen, auch für die Nervenzellen des Herzens Geltung haben. Bezüglich der in neuerer Zeit mehrfach erörterten Frage, ob der gerade Fortsatz mit dem Nucleolus in Verbindung stehe, muss ich mich verneinend äussern, da ich eine solche nicht beobachten konnte.

Die Nervenfasern, aus welchen sich die Stämmchen des Grundplexus zusammensetzen, gehören nicht alle der gleichen Gattung an. Es kommen sowohl markhaltige, als marklose Fasern, ferner in nicht unbeträchtlicher Menge Nervenfibrillen vor. Die markhaltigen Fasern, welche aus den beiden Vagusästen stammen, finden sich vorzugsweise in den stärkeren Stämmen; sie verlieren in diesen ihr Mark, indem sie zu blassen Fasern werden. Die marklosen Fasern bilden den überwiegenden Bestandtheil der grösseren Stämme; in den mittleren sind sie schon in geringerer Anzahl vertreten.

Die Nervenfibrillen, deren Dicke ungefähr 3 Mm. beträgt, finden sich nur wenig in den grösseren Stämmen, während die mittleren und feineren Zweige grösstentheils einen fibrillären Bau zeigen; im entgegengesetzten Falle sind dann die feineren Stämmchen aus zwei nebeneinander verlaufenden blassen Fasern zusammengesetzt. Die stärkeren Stämme des Grundgeflechtes besitzen eine mehr oder weniger starke bindegewebige Umhüllung; die feineren aus Fibrillen bestehenden Zweige sind von einer zarten structurlosen Scheide umgeben, an welcher bisweilen Kerne sichtbar sind.

Mit dem Grundplexus steht ein zweites viel feineres Nervennetz in Verbindung, welches nicht mehr von Stämmchen, sondern nur von Fasern gebildet wird, und das ich, weil es die einzelnen Muskelbündel umspinnt, das perimusculäre nennen will (Fig. 6). Die Fasern, welche dieses Netz constituiren, lassen sich nicht in die drei oben genannten Arten einreihen. Die Markscheide geht ihnen ab; als marklose Fasern im Remak'schen Sinne können sie aber deshalb nicht betrachtet werden, weil sie auch keine Schwannsche Scheide besitzen, ferner hinter jenen rücksichtlich ihrer Breite zurückstehen. Diese beträgt ungefähr 1,5—2 Mm. Charakteristisch für sie sind die Kerneinlagerungen, welche vielfach sowohl im Verlaufe der Fasern, als in den Knotenpunkten des Netzes vorkommen; im ersten Falle haben sie eine mehr spindelförmige Gestalt, im letzteren sind sie dreieckig.

Die in Rede stehenden Fasern sind identisch mit denjenigen feinen Nervenfasern, welche ich in der Musculatur des Darmes höherer Wirbelthiere beschrieben und in Fig. 5 der betreffenden Arbeit abgebildet habe¹⁾; die gleichen Nervenfasern finden sich in den Muskeln der Gallenblase von Vögeln und Sängern²⁾. Klebs nennt dieselben graue bandartige Fasern³⁾ und giebt an, dass dasjenige Nervennetz der Harnblase des Frosches, welches die Verbindung des intramusculären Endnetzes mit dem gröberen Nervengeflecht dem „Grundplexus“ vermittele, sein sogenanntes „intermediäres Netz“ ausschliesslich aus solchen Fasern bestehe. Dass diese Fasern, worauf Klebs ausführlicher eingeht, auch in manchen anderen Organen, z. B. in der Cornea, Conjunctiva bulbi, den grösseren Gefässen, Netze bilden, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Fraglicher ist es, ob diesen Netzen eine terminale Bedeutung zukommt, die ihnen von Seiten einiger Autoren zugeschrieben wird. Jedenfalls muss eine solche meines Erachtens dann in Abrede gestellt werden, wenn sich noch feinere aus ihnen hervorgehende Fasernetze nachweisen lassen. Letzteres ist bekanntlich von Klebs für die Musculatur der Froschblase sicher gestellt worden; dasselbe gilt, wie wir später sehen werden, auch für die Muskeln des Froschherzens.

Ausser den Kernen kommen an den Knotenpunkten des perimusculären Netzes noch Anhäufungen nervöser Substanz vor; sie können nur unbedeutend sein, und stellen dann kleine dreieckige Knötchen dar, welche die Fasern an Dicke nur wenig übertreffen; aber sie können auch grössere Dimensionen annehmen (Fig. 7), so dass man leicht versucht sein könnte, in ihnen Zellen zu erblicken. Allein dies ist deshalb nicht gerechtfertigt, weil ihnen die Merkmale einer Zelle vollständig abgehen, denn niemals kann man in diesen leicht granulirten Körperchen Kerne wahrnehmen. Mit viel grösserem Rechte könnte man die kernhaltigen Knotenpunkte des Netzes als kleine Nervenzellen ansprechen, da sich bei ihnen, wenn auch nur in äusserst seltenen Fällen im Kern ein Kernkörperchen findet. Allein dieses inconstante Vorkommen desselben, ferner der Umstand,

¹⁾ L. Gerlach, Ueber den Auerbach'schen Plexus myentericus. Arbeiten aus dem physiol. Institut zu Leipzig. Bd. VII. 1873. S. 103.

²⁾ L. Gerlach, Ueber die Nerven der Gallenblase. Centralbl. 1873. S. 562.

³⁾ l. c.

dass die Hauptmasse der Zelle aus dem in seinen Formen sehr wechselnden Kerne bestehen würde, muss zur Vorsicht mahnen, die kernhaltigen Knotenpunkte der perimusculären Netze als wirkliche Zellen zu erklären.

Das Verhalten der letzteren gegen Gold ist folgendes. In der ersten Zeit nach der Tinction bleibt der Kern heller und ist als solcher deutlich zu erkennen; allmählich aber nimmt er beim Nachdunkeln der Präparate den violett-schwärzlichen Ton der Nervenfasern an und hebt sich von diesen nicht mehr ab. Die Substanzanhäufungen an den Knotenpunkten zeigen dagegen von vornherein den Farbenton der Nervenfasern. Von Carmin werden dieselben nur leicht rosa, die Kerne der Knotenpunkte exquisit röthlich gefärbt.

Die Maschen des perimusculären Netzes zeigen keine grosse Regelmässigkeit; sie sind meist eckig und in die Länge gezogen, ihre Grösse wechselt sehr. Eine Uebersicht über dieselben kann man nur an Goldpräparaten gewinnen, welche aber meistens den Nachtheil haben, dass die Tinction der Fasern oft plötzlich aufhört, dass also eine schwärzlich gefärbte Nervenfaser mit einem Male abbricht (Fig. 6 u. 7). Auf diese Weise bekommt man immer nur Stücke des Netzes, nie dasselbe als Ganzes zu Gesicht.

Ueber die Art und Weise des Zusammenhangs zwischen Grundplexus und perimusculärem Netze Klarheit zu gewinnen, ist nicht ganz leicht. Häufig sieht man Fasern von mittleren oder schwächeren Stämmchen abgehen, welche schon sehr denen des perimusculären Netzes ähneln; nur sind sie etwas stärker als letztere, besitzen jedoch keine sich gleich bleibende Breite, da sie nicht selten in ihrem Verlaufe Anschwellungen zeigen; ferner kann man an ihnen spindelförmige Kerne wahrnehmen, welche in ziemlich weiten Abständen auseinander liegen; eine Scheide scheint ihnen abzugehen. Diese circa 2μ breiten Fasern, welche zuweilen auch durch Anastomosen mit einander verbunden sind, laufen fast immer über ganze Gesichtsfelder weg, und nur selten gelingt es, sie schliesslich zu einem Muskelbündel treten zu sehen. Sie versorgen demnach Muskelbälkchen, welche weit entfernt von der Stelle ihres Ursprungs liegen. Dieser Umstand verleiht den Bildern ein complicirtes Ansehen und erschwert sehr die Beobachtung; ich suchte deshalb nach Stellen, an denen der Verlauf dieser Fasern ein kürzerer ist.

Viel häufiger als im Septum finden sich solche in der Wand der Vorhöfe. Hier sind die Fasern, welche zu den grösseren Muskelbündeln verlaufen, bedeutend kürzer; es zeigt sich nun, dass sie entweder schon bevor sie an den Rand eines Bündels gelangen, an einer dreieckigen Kernanschwellung sich theilen, und dass ihre Aeste erst sich dem Bündel auflegen, um hier mit den Ausläufern anderer zutretender Nervenfasern sich netzförmig zu verbreiten; oder es kann die dreieckige Kernanschwellung schon auf die Oberfläche des Bälkchens zu liegen kommen. Nur selten sieht man eine Faser, welche direct ohne jene dreieckige Anschwellung in das Netz übergeht. An besagten Stellen, kann man sich auch leicht davon überzeugen, dass wenigstens zu den grösseren Bündeln immer mehrere Nervenfasern treten.

Wie schon erwähnt, entspringen diese Verbindungsfasern von den mittleren und schwächeren Zweigen des Grundgeflechtes. Wir wissen, dass diese meist einen fibrillären Bau besitzen; da ferner unsere Fasern die Fibrillen an Stärke weit übertreffen, so bleibt nur die Annahme möglich, dass mehrere Fibrillen sich zu einer Faser zusammensetzen. Zu diesem Schlusse ist auch Klebs gekommen, der auch in der Deutung der kernhaltigen Anschwellungen mit mir übereinstimmt. Er resumirt seine Ansicht über diese beiden Punkte in folgender Weise: „Die grauen Fasern des intermediären (fälschlich „terminalen“) Netzes des Sympathicus bestehen aus Fibrillen, die mit einander verschmolzen sind; die kernhaltige Substanz der Knotenpunkte kann nicht ohne Weiteres als Zelle gedeutet werden.“

Für die obige Auffassung der in Rede stehenden Fasern spricht ferner folgender Fall, den ich beobachtet habe; ein sehr feines fibrilles Stämmchen des Grundplexus theilt sich in 2 Fasern, welche ich bis zu ihrem Uebergang in das perimusculäre Netz verfolgen konnte. Auch kann man häufig sehen, wie die Fasern dieses Netzes sich wieder in Fibrillen auflösen (Fig. 7), welche zwischen die Muskelzellen eindringen. Besonders der letzte Grund dürfte eine Zusammensetzung der Fasern aus Fibrillen nahe legen.

Anastomosen, durch welche die perimusculären Netze benachbarter Bündel in Verbindung gebracht werden, trifft man nicht selten an.

Während die beiden bisher behandelten Nervennetze die gröbere

Vertheilung des nervösen Materials vermitteln und für eine gleichmässige der Stärke der Muskelbälkchen entsprechende Anordnung desselben Sorge tragen, fällt dem nun zu beschreibenden feinsten Nervenfasernetze die Aufgabe zu, die Nervenfädchen den einzelnen Muskelzellen zuzuführen. Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, muss das Netz ein intramusculäres sein, es müssen mit anderen Worten seine Fasern zwischen den Muskelzellen verlaufen; letztere werden dann die Maschen des Netzes ausfüllen, so dass durch diese Anordnung die Muskelzellen mit den Nervenfasern in vielfache Berührung kommen. Diese Bedingungen werden sämmtlich von unserem Netze erfüllt; seine Fasern sind feine Nervenfibrillen, welche im Innern eines Muskelbündels, vorwiegend in dessen Längsrichtung verlaufen, und welche durch quere oder schräg gerichtete Fädchen seitlich mit einander zusammenhängen. Die Fibrillen sind mit feinen Varicositäten besetzt, welche in Form von kleinen Knötchen ihren Verlauf unterbrechen; sie beschreiben keine ganz gradlinigen Bahnen, sondern mehr wellenförmige oder Zickzacklinien, deren spitze Ecken immer mit jenen kleinen Knötchen besetzt sind. Die gleichen Bildungen fehlen auch nie an den Knotenpunkten des Netzes (Fig. 8 u. 9).

Leider ist die Goldimprägnation, durch die allein es mir gelang, dieses intramusculäre Netz sichtbar zu machen, auch hier mit dem Mangel behaftet, dass die Tinction der Fasern nicht immer eine continuirliche ist, wodurch häufig gestrichelte, der Telegraphenschrift ähnliche Linien resultiren, welche an die Nervenfibrillen der vergoldeten Froshhornhaut erinnern. Fast in jedem guten Präparate kommen ferner Fälle vor, bei denen die Goldfärbung an einer Fibrille plötzlich abbricht, so dass die Faser scheinbar mit einem varicösen Knötchen endet. In Wirklichkeit setzt sie sich aber, wie man mit Hülfe von starken Vergrösserungen sehen kann, weiter fort, und ist häufig in ihrem späteren Verlauf wieder eine kurze Strecke weit gefärbt. Liegt nun gerade so ein scheinbares Ende dicht über oder unter einem Muskelkern, so könnte man allerdings geneigt sein zu glauben, die Faser endige in diesem mit einer kleinen knötchenförmigen Anschwellung; ebenso kann es, wenn ein varicöses Knötchen, das in den Verlauf einer Fibrille eingeschaltet ist, gerade über den Kern zu liegen kommt, den Anschein haben, als ob die Fibrille den Kern der Muskelzelle durch-

setze, und in ihm zu einem Knötchen anschwellen. Vor dergleichen Irrthümern kann man sich aber durch genaues Einstellen mittelst der Mikrometerschraube bewahren, wodurch man die Ueberzeugung gewinnt, dass die Kerne der Muskelzellen in keiner Beziehung zu den Nervenfasern stehen.

Charakteristisch für das intramusculäre Netz ist die sich stets gleichbleibende etwa $0,25 \mu$ betragende Stärke seiner Fasern; diese verlaufen selten in der gleichen Ebene, sondern steigen bald mehr in die Höhe, bald senken sie sich wieder, so dass eine einzelne Faser nur durch verschiedenes Einstellen zu verfolgen ist. Aus diesem Grunde ist auch das Zeichnen dieser Netze sehr erschwert. Die Maschen sind durchaus mehr in die Länge gezogen; ihre Breite variiert nicht allzusehr, und wird im Mittel kaum den queren Durchmesser einer kleineren rundlichen Muskelzelle übertreffen.

Das plötzliche Abbrechen der Tinction an einer Faser bewirkt, dass das Netz nie als ein geschlossenes erscheint; erwägt man ferner, dass durch die Behandlung mit Gold die Grenzen der Muskelzellen verwischt werden, so wird man es erklärlich finden, dass solche Präparate keine Auskunft über das Verhalten der Fasern des Netzes zur einzelnen Muskelzelle geben können. Es lässt sich nur eruiren, dass das Netz im Innern des Muskelbündels liegt, nicht aber, ob seine Fasern Beziehungen zu den Zellen eingehen, sei es, dass sie in dieselben sich unmittelbar fortsetzen oder dass sie in ihre Substanz eindringen u. s. w. Ueber alle diese Punkte bleibt man vollständig im Ungewissen, selbst an solchen Präparaten, bei denen die Tinction des intramusculären Netzes als eine gelungene zu betrachten ist.

Der Zusammenhang des perimusculären mit dem intramusculären Netze findet durch Nervenfibrillen statt, welche von dem ersteren sich abspalten und zwischen die Muskelzellen eindringen. Diese Fibrillen können entweder von den Anschwellungen der Knotenpunkte oder von einer Faser des Netzes abgehen, oder es kann sich, wie früher erwähnt, eine Faser in Fibrillen auflösen.

Eine strenge Scheidung zwischen den beiden Netzen ist jedoch nur bei stärkeren Muskelbündeln, die sich zum Mindesten aus 4—5 Zellen zusammensetzen, möglich; bei schwächeren kann man weder von einem perimusculären, noch intramusculären Netze reden, da hier natürlich auch die feineren Fasern, die Nerven-

fibrillen, mehr oberflächlich verlaufen müssen. Diesen Fall veranschaulicht Fig. 10. Die zu einem aus 2 Zellen bestehenden Muskelbälkchen tretenden Fasern schicken sofort feine Nervenfibrillen ab, welche das Bälkchen mit umspinnen. Sehr oft kann man in dem Septum atriorum zwei stärkere Muskelbündel, durch eine einzige Muskelzelle in querer Richtung mit einander verbunden sehen. Wie verhalten sich nun zu dieser die Nerven?

Indem ich diese Frage zu beantworten suche, komme ich zu demjenigen Theil meiner Untersuchungen, welcher die terminalen Beziehungen der Nerven zur einzelnen Muskelzelle betrifft. Langerhans hat, wie wir wissen, an isolirten Muskelzellen, welche er durch Zerzupfen erhalten hatte, einen Fortsatz beschrieben, dem er einen nervösen Charakter zuerkennen zu müssen glaubt. Derselbe stellt ein feines glänzendes Fädchen dar, das sich in der Nähe des Kerns vom Leibe der Zelle mit einer kleinen dreieckigen Anschwellung erhebt, und fast immer ziemlich kurz abgerissen ist; nie gelang es, einen Zusammenhang desselben mit unzweifelhaften Nerven wahrzunehmen.

Um über diese Angaben von Langerhans ein Urtheil zu gewinnen, schien es mir gerathen, vor Anfertigung von Zerzupfungspräparaten, erst einen anderen Weg einzuschlagen, der vielleicht auch zum Ziele führen konnte. Wozu war es nöthig Zellen zu isoliren, wenn sich im intacten Gewebe Zellen finden, welche zum grössten Theile frei verlaufen? Derartige Zellen, welche sich erst wieder mit ihren Enden an stärkere Muskelbündel anlegen, können am besten an dünnen Stellen des Septum atriorum beobachtet werden. Warum sollte es nicht auch an diesen gelingen, unter günstigen Verhältnissen den Uebergang einer Nervenfaser in eine Zelle wahrzunehmen? Zu diesem Zwecke habe ich sowohl Gold- als Carminpräparate sorgfältig durchmustert. Besonders auf erstere hatte ich grosse Hoffnungen gesetzt; allein eigenthümlicher Weise liessen sie mich hier vollkommen im Stich, selbst Präparate, an denen die Netze stellenweise sehr gut tingirt waren. Dagegen bekam ich an Carminpräparaten Bilder zu Gesicht, die ganz mit den von Langerhans abgebildeten isolirten Muskelzellen, welche einen Nervenfortsatz zeigen, übereinzustimmen schienen. In einem Falle konnte ich auch den Zusammenhang des zur Zelle tretenden Nervenfädchens mit einem Nervenstämmchen beobachten. Ersteres

schien sich bei mittlerer Vergrößerung (Hartn. Oc. III, Syst. 5) betrachtet mittelst eines kleinen dreieckigen Körperchens in der Nähe des Kerns an die Zelle anzusetzen; ich glaubte daher an einem unmittelbaren Uebergang der Faser in die Zelle nicht mehr zweifeln zu dürfen. Als ich jedoch, um das Präparat zu zeichnen, Immersion anwandte, klärte sich der wahre Sachverhalt auf, wie ihn Fig. 11 darstellt. Es ging nemlich gerade am Rande der Muskelzelle von einer dicht über dieselbe weglaufenden Nervenfaser ein Fädchen ab, das sich hart an den Leib der Zelle anlegte und sie, nachdem es sich nach kurzem Verlaufe getheilt hatte, mit seinen Aesten streckenweise umgab. In zwei weiteren ähnlichen Fällen konnte ich, wenn auch nicht ganz so deutlich die gleiche Beobachtung machen. Es zeigte sich auch hier mit Hülfe des Immersionsystems, dass eine feine Nervenfaser an den Rand der Zelle angekommen, sich in zwei varicöse Fibrillen auflöste, welche in einander entgegengesetzter Richtung verliefen, und sich auf der Zelle noch eine Strecke weit verfolgen liessen.

Nun erst fing ich an, Zerzupfungspräparate herzustellen. In wie verschiedener Weise dies geschah ist oben bei den Methoden näher angegeben worden. Hier sei nur erwähnt, dass die folgende Beschreibung nur auf solche Zellen Bezug hat, deren Structur durch das Isolationsverfahren möglichst geringen Schaden gelitten hatte. An den verhältnissmässig wenigen Zellen, welche überhaupt Nervenanhänge besaßen, fanden sich dieselben immer in der Nähe des Kerns vor; sie stellten sich entweder in Form eines einzigen Fäserchens dar, oder es hingen der Zelle feine verzweigte Fasern an, welche durch ihr Verhalten an den Theilungsstellen und durch ihren mehr zickzackförmigen Verlauf sich als Stücke des intramuskulären Netzes documentirten.

War nur ein Fäserchen an einer Zelle zu erkennen, so bestand dasselbe aus einem kurzen glänzenden Fädchen, dessen abgerissenes Ende häufig mit einem kleinen Knötchen abschloss. An der Uebergangsstelle in die Zelle zeigte sich eben so häufig eine kleine dreieckige Anschwellung, als sie fehlte. Es sind dies offenbar die Zellen, welche Langerhans gesehen hat (Fig. 12); aber während er angiebt, dass er die Faser niemals tiefer in die Substanz der Zelle hinein habe verfolgen können, erhielt ich zuweilen den Eindruck, als ob sie sich in die quergestreifte Substanz als dunkleres

Fädchen fortsetzte. Zugeben muss ich allerdings, dass dies nur bei einer äusserst geringen Quote von Zellen der Fall war; bei den meisten, besonders bei den Zellen, in welche das Fädchen mittelst einer dreieckigen Anschwellung in die Zelle überzugehen schien, liess sich von einer Fortsetzung in die Zelle, selbst mit den stärksten Vergrösserungen nichts bemerken. Ob jedoch hier wirklich ein Uebergang im Sinne von Langerhans vorlag, möchte ich im Hinblick auf obige Fälle, bei denen sich das dreieckige Körperchen als Theilungsstelle erwies, in Zweifel ziehen. Die Aestchen der zu den Zellen tretenden Fasern stellen ja so feine Gebilde vor, dass sie, besonders wenn sie sich dicht an den Rand der Zelle anlegen, nur im allergünstigsten Falle von der quergestreiften Substanz unterschieden werden können. Hierin liegt ja auch der Grund, weshalb die Fasern des intramuskulären Netzes innerhalb des Muskelbündels nur dann hervortreten, wenn sie mit Gold gefärbt sind.

Waren Stückchen des intramuskulären Netzes an isolirten Zellen haften geblieben, so kam es, wenn ein leichter Druck auf das Deckgläschen ausgeübt wurde, mitunter vor, dass sie sich ablösten; in den meisten Fällen liessen sie sich auf diese Weise nicht entfernen, was auf eine innigere Verbindung hindeutet. An einigen dieser Zellen glaube ich mich nun auf das Bestimmteste von dem Eindringen eines feinen Fädchens in die quergestreifte Substanz überzeugt zu haben (Fig. 13b u. c). Ueber das fernere Verhalten desselben blieb ich im Unklaren, da es bald undeutlich wird und sich nicht weiter verfolgen lässt. Nur ein einziges Mal schien es mir, als ob das Nervenfädchen sich bald, nachdem es in die Zelle eingetreten war, theilte (Fig. 13c). Es war ersichtlich, dass für die Verfolgung dieser intracellulären Nervenfädchen hauptsächlich der Umstand hinderlich war, dass sie nicht genügend in der quergestreiften Substanz hervortraten. Dieser Uebelstand fiel weg, wenn isolirte Muskelzellen untersucht wurden, deren intracelluläre Nerven gefärbt worden waren. Es lag aus diesem Grunde nahe, gute Goldpräparate zu zerpupfen. Da dies jedoch wegen der Sprödigkeit, welche die Goldimprägnation den Geweben verleiht, nicht gut von Statten ging, und da ich an guten Goldpräparaten keinen grossen Ueberfluss hatte, so stellte ich eine Reihe von Versuchen an, in der Absicht, ein Isolationsverfahren zu finden, mit dem sich die

Goldmethode vereinigen liesse. So kam ich nach vielen Misserfolgen endlich auf jene Combination der modificirten Budget'schen Methode mit der Goldtinction, deren ich früher ausführlicher gedacht habe, und durch die es gelang, die obigen Angaben über das Eindringen von Nervenfasern in die quergestreifte Substanz der Muskelzellen sicher festzustellen.

Was allerdings schliesslich aus diesen Fasern wird, ob sie in der Zelle verbleiben, oder ob sie wieder in das intramusculäre Netz ausmünden, darüber konnte ich an den Zellen, welche durch das genannte Verfahren isolirt worden waren, keinen Aufschluss erhalten. Dies lag sowohl an den Mängeln der Goldfärbung, die sich auch hier fühlbar machten, indem sehr häufig die Tinction der intracellulären Fasern plötzlich abbrach, als an dem Umstand, dass ich nie ganze Zellen, sondern immer nur Bruchstücke derselben isoliren konnte. Ich muss mich daher mit dem Nachweis begnügen, dass im Innern der Muskelzelle und zwar in der quergestreiften Substanz feine Nervenfasern verlaufen. Diese Fasern zeigen mit denen des intramusculären Netzes die grösste Uebereinstimmung; sie stellen Nervenfibrillen dar, sind mit kleinen varicosen Knötchen besetzt, können Theilungen eingehen (Fig. 14 b u. c) u. s. w. Dass sie wirklich im Innern der Zellen liegen, kann man sehr deutlich an Fig. 14 a sehen; in dem der Zeichnung zu Grunde liegenden Präparate, war eine Zelle so günstig auseinandergerissen, dass bei dem einen Stückchen an der Rissstelle die Faser aus der Zellsubstanz hervorragte und so theilweise frei zu Tage trat. Die Uebereinstimmung der intracellulären Fasern mit denen des intramusculären Netzes scheint mir sehr für die Annahme zu sprechen, dass sie demselben angehören; sie würden eben solche Fasern desselben sein, welche zum Theil in den Zellen verlaufen.

Fassen wir zum Schlusse die Resultate der vorliegenden Untersuchung kurz zusammen. Im Herzen des Frosches kommen drei Nervennetze vor: 1) der Grundplexus, welcher sich aus gröberen und feineren Nervenstämmchen zusammensetzt und Ganglienzellen enthält; 2) das perimusculäre Netz, welches die einzelnen Muskelbündel umspinnt; es wird von feineren Fasern gebildet, welche im Verlaufe und in den Knotenpunkten des Netzes Kerneinlagerungen zeigen; 3) das intramusculäre Netz, das nur aus Nervenfibrillen besteht, welche im Innern des

Muskelbündels zwischen den Zellen verlaufen, und welche in das Innere der Muskelzellen eindringen können.

Schon im Eingange habe ich auseinander zu setzen versucht, welche Motive mich veranlassten, dem Studium der motorischen Nervenendigungen die Musculatur des Froschherzens zu Grunde zu legen. In erster Linie bewog mich hierzu die Stellung, welche die Muskelzellen desselben den quergestreiften, sowie den glatten Muskelfasern gegenüber einnehmen, da sie sowohl zu den einen, als zu den anderen vermöge ihrer Form und Structur in gleich naher Beziehung stehen. Aus diesem Grunde schien es wünschenswerth, zu erfahren, wie sich bei ihnen die Nervenendigungen herausstellen würden.

Wenn wir nun an der Hand der gewonnenen Resultate die drei genannten Muskelarten rücksichtlich des terminalen Verhaltens ihrer Nerven mit einander vergleichen, so finden wir, dass nicht mehr so bedeutende Differenzen vorliegen, wie früher allgemein angenommen wurde, als man den quergestreiften Muskelfasern plattenförmige motorische Endorgane zuerkannte, und die Nerven der glatten Muskeln in den Kernen der Zelle endigen liess. Es stellt sich jetzt ein viel einheitlicherer Typus heraus, seit wir wissen, dass bei sämmtlichen Muskeln in gleichmässiger Weise die contractilen Elemente in die Maschen eines feinsten Nervenfasernetzes eingebettet sind. Dieses Netz ist bei den Stammesmuskeln in dem intravaginalen, bei dem organischen Muskelgewebe und bei den Herzmuskeln des Frosches in dem intramusculären Nervenetze gegeben. Alle drei Netze lassen sich durch Goldsalze sichtbar machen. Ich habe von allen dreien gute Goldpräparate unter dem Mikroskope gehabt, und muss gestehen, dass die Aehnlichkeit der Bilder eine überraschende ist. Immer sind es feinste Nervenfibrillen, welche die Netze zusammensetzen; sie sind mit feinen varicösen Knötchen besetzt und verlaufen nie in vollkommen gerader Richtung, sondern beschreiben mehr wellenförmige und Zickzacklinien. In allen drei Netzen finden sich häufig Stellen, in denen die Goldfärbung der Fasern keine continuirliche ist, wodurch ein gestricheltes Ansehen zu Stande kommt. Die Maschen der drei Netze haben grössere Längen- als Breitendurchmesser. Die Dichte der Netze ist bei den drei Arten des Muskelgewebes eine gleiche. Hierauf muss meines Erachtens das Hauptgewicht gelegt werden, denn

dadurch wird ein bestimmtes Mengenverhältniss zwischen den contractilen und nervösen Elementen in den Muskeln hergestellt, mit anderen Worten: es kommen auf gleiche Mengen contractiler Substanz immer gleich viele nervöse Bestandtheile.

Die genannten feinsten Fasernetze bilden den Grenzstein dessen, was wir über die Nervenendigungen in den Muskeln der Wirbelthiere als feststehend annehmen können. Wir müssen dahin gestellt sein lassen, ob der Name Nervenendigung überhaupt gerechtfertigt ist, ob nicht ein continuirlicher Uebergang von feinsten Nerven in die contractile Substanz existirt, so dass die Muskelfaser selbst als Nervenende zu betrachten wäre. Erst dann wird man über diese wichtigen Fragen Aufklärung erhalten, wenn verbesserte Methoden die Untersuchung erleichtern.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

- Fig. 1. Muskelzellen durch Zerzupfen in $\frac{1}{10}$ procentiger Osmiumsäure isolirt. b Eine zweikernige Zelle. Hartnack Oc. III. Syst. 11.
- Fig. 2. Stückchen einer Zelle, das eine sehr breite Querstreifung zeigt, so dass die Krause'schen, und theilweise auch die Hensen'schen Linien sichtbar sind. Hartn. Oc. III. Syst. 11.
- Fig. 3. Zellen, deren Protoplasma ein verschiedenes Verhalten zeigt. Hartn. Oc. III. Syst. 11.
- Fig. 4. Eigenthümliche Zellen, welche häufig den Muskelbälkchen anliegen. Carminfärbung. Hartn. Oc. III. Syst. 8.
- Fig. 5. Zwei multipolare Nervenzellen; bei b Zusammenhang der Protoplasmafortsätze mit der Spiralfaser. Carminpräparat. Hartn. Oc. III. Syst. 8.
- Fig. 6. Muskelbälkchen, mit einem Stück ihres perimusculären Netzes; bei a sind einige Fasern des intramusculären Netzes zu sehen. Goldpräparat. Hartn. Oc. III. Syst. 8.
- Fig. 7. Das nur theilweise tingirte perimusculäre Netz eines stärkeren Muskelbündels aus der Wand eines Vorhofs in seinem Zusammenhang mit einem Nervenstämmchen. An den Knotenpunkten kleinere und grössere Substanzhäufungen; rechts oben zerspaltet sich eine Faser in drei Fibrillen. Goldpräparat. Hartn. Oc. III. Syst. 8.
- Fig. 8 u. 9. Das intramusculäre Netz zweier Muskelbälkchen aus dem Septum. Goldpräparat. Hartn. Oc. III. Syst. 11.
- Fig. 10. Nervenversorgung eines nur aus 2 Zellen bestehenden Muskelbündels. Goldpräparat. Hartn. Oc. III. Syst. 11.
- Fig. 11. Eine Nervenfaser, welche von einem feinen Nervenstämmchen abgeht, und zu einer theilweise frei verlaufenden Muskelzelle tritt, mit ihren Aestchen. Carminpräparat. Hartn. Oc. III. Syst. 11.

- Fig. 12. 2 Muskelzellen, denen ein feines Fäserchen anhängt; erhalten durch Zerpupfen von Muskelstückchen, die mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure behandelt waren. Hartn. Oc. III. Syst. 8.
- Fig. 13. Muskelzellen, denen Stücke des intramuskulären Netzes anhängen, erhalten durch Zerpupfen von Muskelstückchen, die in der Salzsäure — Glycerinmischung gelegen waren; bei b und c dringt eine Faser in die Zelle ein, bei c Theilung derselben. Hartn. Oc. III. Syst. 11.
- Fig. 14. Stückchen von Muskelzellen, deren intracelluläre Nervenfasern durch Gold gefärbt sind; bei b und c Theilungen derselben; a und b mit Hartn. Oc. III. Syst. 8, c mit Oc. III. Syst. 11 gezeichnet.

XVI.

Ueber das Verhältniss der Phosphorsäure zum Stickstoff im Urin.

Von Dr. W. Zuelzer in Berlin.

Die Frage über die Bedeutung der mit dem Urin ausgeschiedenen Phosphorsäure ist bisher noch zu keiner allgemein acceptirten Lösung gediehen. Es ist zwar nachgewiesen, dass einzelnen physiologischen und pathologischen Zuständen gewisse regelmässig wiederkehrende Schwankungen im Gehalt des Urins an Phosphorsäure entsprechen; es ist aber bisher nicht gelungen, die Ursachen hiervon festzustellen und selbst über die absolute Menge der Ausscheidungen gehen die Angaben weit auseinander. Hierdurch wird es erklärlich, dass die Phosphorsäure, obgleich ihre grosse Bedeutung für den Aufbau wie für die Erhaltung des thierischen Organismus nicht verkannt wurde, bei den Untersuchungen über die Ernährung und den Stoffwechsel wenig in Rechnung gezogen werden konnte.

Vielfach richtete sich die Aufmerksamkeit auf die Beziehungen der Phosphorsäure-Ausscheidung zu dem Stoffwechsel der Nervensubstanz. Gestützt auf die Untersuchungen von N. Breed (*Annal. der Chemie u. Pharm.* Bd. 150), der eine Abnahme der Phosphorsäure während des Schlafes beobachtete, von Boecker (*Arch. f. gemeinsch. Arb.* Bd. 2), welcher eine Zunahme der Erdphosphate und ein erhebliches Sinken der an Alkalien gebundenen Phosphor-