

## VII.

Ueber die Endigung der Nerven in den Nervenhügeln  
der Muskeln.

Von Dr. W. Kühne in Berlin.

(Hierzu Taf. IX.)

## I.

## Geschichtliches.

Vier Jahre bevor Brücke und Joh. Müller\*) zum ersten Male die Theilung einer Nervenfaser im Muskel sahen, entdeckte Doyère in den Muskeln der Tardigraden eine eigenthümliche Endigungsweise der Nerven, welche von den damals geläufigen Vorstellungen über das peripherische Verhalten der motorischen Nerven ausserordentlich abwich. Als eine einzelne, unvermittelte Thatsache hat diese von der grossen Beobachtungsgabe ihres Entdeckers zeugende Angabe über die Nervenendigung bei *Milnesium tardigradum* lange Zeit nicht die gebührende Beachtung gefunden, bis es endlich an den Tag kam, dass dieselbe der Wahrheit sehr viel näher stand, als alle Beschreibungen, die vorher und noch lange nachher für richtig galten. Mit den folgenden Worten beschrieb Doyère vor nunmehr 24 Jahren, was er gesehen:

„Beziehungen der Nerven zu den Muskeln. Bei den Tardigraden sieht man sehr klar, wie die Nerven sich an die Muskeln anheften. Die Figur 4 gibt davon einen Begriff. Im Momente des Herantritts an den Muskel verbreitert sich der Nerv und nimmt den Anschein einer klebrigen oder schleimigen Substanz an, welche sich hierauf über den Muskel ergiesst, ihn in gewissen Fällen umhüllt, am häufigsten sich in einer allmählig dünner werdenden Schicht auf einer seiner Flächen und in einem beträchtlichen Theile seiner Länge, vielleicht selbst in seiner ganzen Länge, ausdehnt. Bei einer erstarrten Tardigrade erscheint diese Substanz körnig oder punctirt, wie die Ganglien selbst; später, wenn die Erstarrung vergeht, verschwindet dieses Aussehen mehr und mehr, bis die Beziehungen der letzten Nervenfäden zu

\*) Joh. Müller, Handbuch der Physiologie. 4te Aufl. 1844. S. 524.



den Muskeln, nachdem die Substanz eine vollständige Gleichartigkeit und Klarheit angenommen, nicht mehr wahrgenommen werden können. Auf der linken Seite der Figur 1 habe ich mehrere Nerven dargestellt, welche in dieser Weise in oder besser auf den Muskeln enden, und auf der rechten Seite mehrere dieser nervösen Ansätze isolirt von den Muskeln, zu welchen sie gehören.

Diese Art der Vertheilung des Nervensystems im Muskelsystem ist eigenthümlich genug und abliegend genug von den Vorstellungen, welche wir uns von den Beziehungen dieser beiden Systeme bei den höheren Thieren machen, als dass sich nicht einige Leute veranlasst finden sollten, sie mit Zweifeln aufzunehmen. Ich glaube darum hinzufügen zu müssen, dass sich unter sämmtlichen, auf das Nervensystem bezüglichen Thatsachen nicht eine befindet, welche augenscheinlicher und greifbarer wäre.“

(Doyère, Mémoire sur les Tardigrades. Ann. des sciences naturelles. 2de Série. T. XIV. 1840. p. 346. Pl. 17. Fig. 1, 4.)

Dieses wurde geschrieben im Jahre 1840. Drei Jahre darauf gelang es Quatrefages, in den Muskeln von *Eolidina paradoxa* ähnliche Nervenenden zu beobachten. Quatrefages bestätigte die Doyère'schen Nervenhügel also:

„Wir glauben Gewicht legen zu müssen auf die Art, wie diese Endigung vor sich geht. Wenn es ein in der Histologie allgemein angenommenes Factum gibt, so ist es das, dass die Nerven, am Ende ihres Verlaufes angelangt, mit einer Schlinge umbiegen, und dass deshalb jede terminale Faser doppelt sei. Herr Doyère hat zuerst in seiner schönen Anatomie von *Milnesium Tardigradum* eine sehr abweichende Art der Endigung bekannt gemacht. Er hat die einfachen Nervenfasern auf den Muskeln mit einer Art von Ausfluss (*épatement*) sich endigen gesehen. Er hat die Veränderung beschrieben und abgebildet, welche die Nervensubstanz erfährt, die von dem völlig durchsichtigen Zustande, den sie im Laufe des Nerven besitzt, an ihrem Ende trübe oder besser vielleicht körnig (*globulineux*) wird. Ich habe die Richtigkeit der Beschreibung und der Abbildung des Herrn Doyère über die Tardigraden bestätigen können und ich habe seitdem recht oft bei einigen mikroskopischen Anneliden und besonders bei einigen Rotatorien ganz ähnliche Dinge gesehen. Endlich hat mir die *Eolidina* dies ebenso gezeigt. Ich habe hier (Taf. II. Fig. 12) die Endigung eines Nerven in den Muskelschichten des Körpers abgebildet. Im Herzen und überall, wo ich die Nervenfasern deutlich endigen sah, war die Sache völlig dieselbe.

Aus meiner Zeichnung sieht man, dass der Nerv nahe vor seinem Ende an Dicke zunimmt, um einen Kegel zu bilden, dessen Basis mit der Substanz des Muskels selbst verschmilzt. Bei den Tardigraden, den Rotatorien u. s. w. scheint diese Basis zuweilen den Muskel, der nur aus einem einzigen Strange homogener Muskelsubstanz besteht, zu umfassen. Weder in dem einen noch in dem anderen Falle scheint es mir möglich, dass eine doppelte Faser existire, und ich glaube versichern zu können, dass der Nerv sich keineswegs zurückbiegt. Ich theile Herrn

Doyère's Ansichten in Betreff der Endigungsweise in diesem Falle vollkommen und ich denke mit ihm, dass die Verbindung des Muskelsystems mit dem Nervensystem bei diesen Thieren durch eine vielleicht gegenseitige Durchdringung, durch eine wahre Verschmelzung der Substanz hergestellt wird.“

(Quatrefages, Mémoire sur l'Eolidine paradoxale. Ann. d. Sc. nat. 2de Série. T. XIX. 1843. p. 299. Pl. 11. Fig. 12.)

Bei einer Untersuchung über die Histologie des Amphioxus, die zwei Jahre später 1845 \*) erschien, entdeckte Quatrefages in der Haut ähnliche conische Nervenenden, von denen es indessen noch sehr zweifelhaft ist, ob sie zu muskulösen Gebilden Beziehungen haben. Joh. Müller, der, wie mir Herr de Quatrefages berichtet, lange an der Richtigkeit aller vorstehenden Angaben zweifelte, hat die dreieckige Verbreiterung der Nerven in diesem Falle jedoch endlich auch bestätigen können \*\*).

Wie bekannt, wurden diese Beobachtungen für die Muskeln mancher anderer Wirbellosen sodann wiederum bestätigt von Kölliker für eine Larve von Chironomus \*\*\*), von Meissner für Mermis †) und Ascaris ††), von Wedl †††), Walther \*†) und von H. Munk \*\*†) für mehrere Nematoden. Diese Beobachter stimmen mit Doyère und Quatrefages darin überein, dass sich die Nervenfasern schliesslich mit einem terminalen Dreieck an die Muskelfasern anlegen, um dort mit der Muskelsubstanz in nähere Beziehungen zu treten. Meissner, der ausser Mermis nigrescens und albicans, auch Ascaris mystax, A. triquetra und A. commutata untersuchte, kam zu dem Schlusse, dass das terminale Dreieck des Nerven mit der vorspringenden Kante eines Muskelbandes der Art verschmelze, dass es nicht mehr zu entscheiden sei, ob das Dreieck

\*) Quatrefages, Observations sur le système nerveux et l'histologie du Branchiostome ou Amphioxus. Ann. d. Sc. nat. 3me Série. 1845. T. IV. p. 197—248. Pl. 13. Fig. 8.

\*\*) Joh. Müller, Monatsberichte der Berliner Akademie. 1851. S. 474.

\*\*\*) Kölliker, Mikroskopische Anatomie. Bd. II. 1ste Hälfte. 1850. S. 238.

†) Meissner, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. V. 1854. S. 234.

††) Ibid. Bd. VII. 1856. S. 26.

†††) Wedl, Wiener Sitzungsberichte. Bd. VIII. S. 298.

\*†) Walther, Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. VIII. S. 163.

\*\*†) H. Munk, Nachrichten von der G. A.-Universität und der Königl. Ges. d. W. zu Göttingen. 1858. No. 1. S. 11.

noch Nerv oder schon Muskel sei. Wedl berichtete ebenfalls, dass die Nerven peripherisch in Form eines Dreiecks enden und mit der Muskelsubstanz verschmelzen, während H. Munk sogar den Ganglieninhalt durch den Nerven in die Muskelfaser sich fortsetzen sah. Gegen alle diese Beobachtungen ist zwar von vielen Seiten behauptet worden, dass es namentlich bei den Nematoden nicht zu entscheiden sei, ob die zu den Muskeln gehenden Gebilde wirklich Nerven wären, allein man hat bei dieser Discussion die Hauptsache ganz ausser Acht gelassen, nämlich den Umstand, dass die Entscheidung dieser Frage überhaupt kaum durch die histologische Untersuchung herbeigeführt werden kann. Nur Versuche und zwar Reizversuche können hier Beweise liefern, und bevor diese nicht erbracht werden, wird man gut thun, auch hier, wo Niemand an der muskulösen Natur derjenigen Gebilde zweifelt, an welche sich die Fasern mit den dreieckigen Enden ansetzen, die letzteren vor der Hand für Nerven zu halten.

Bis hierher handelte es sich nun fast immer nur um die Nervenendigung in nicht quergestreiften Muskeln, oder doch wenigstens um solche Muskeln, von denen man nicht weiss, ob sie eine besondere schützende Umhüllung, ein Sarkolemm besitzen. Den Gedanken, dass die Nerven das Sarkolemm der Muskeln höherer Thiere endlich durchbohren, um in directe Verbindung mit der contractilen Substanz zu treten, hat meines Wissens zuerst R. Wagner ausgesprochen. Wenn man aber in neuerer Zeit behauptet, dass derselbe eine dafür redende Beobachtung angestellt habe, so beruht dies auf einer Täuschung. Die früheste Angabe, welche in diesem Sinne zu deuten wäre, befindet sich im Handwörterbuche der Physiologie 1846. Bd. III. S. 388, wo Wagner nur sagt „hie und da fand ich kleine Endästchen, die wirklich nur  $\frac{1}{800}$  —  $\frac{1}{800}$  Linie maassen, ehe sie in den Muskelbündel eindrangen. Innerhalb des Muskelbündels konnte ich durchaus nichts mehr verfolgen.“ Ohne Zweifel geht aus diesen Worten nur hervor, dass ihr Verfasser das Eindringen der Nerven für wahrscheinlich hielt, und ich kann hier hinzufügen, dass derselbe auch noch 10 Jahre später nicht über diese Anschauung hinausging, sondern immer noch den Nerven-eintritt für unerwiesen und zweifelhaft erachtete. Im Jahre 1858

bemerkte H. Munk beiläufig in seiner Mittheilung über den Bau der Muskelfaser (a. a. O.): „Die feinsten Nervenfasern an Froschmuskelfasern endigen nie spitz, sondern verschwinden gleichsam stumpf abgesetzt dem Auge.“ Für den damaligen Stand der Angelegenheit und für die Muskeln des Frosches in diesem Falle, wo vermuthlich nur die feinsten dunkelrandigen Nervenfasern gemeint waren, ist diese Angabe durchaus richtig, aber auch aus ihr konnte nicht gefolgert werden, dass der Nerv in die Muskelfaser eindringe. Sollte bewiesen werden, dass der Nerv das Sarkolemm wirklich durchbohre, so musste entweder etwas vom Nerven unzweideutig jenseits vom Sarkolemm gesehen werden, oder es musste nachgewiesen werden, dass die Umhüllungshaut des Nerven mit derjenigen der Muskelfaser verschmelze, und dass der Nerv folglich auch nach Entfernung alles Bindegewebes nur mit seiner Scheide am Sarkolemm festhafte. Beiden Ansprüchen habe ich genügen können: dem ersteren in meinen Myologischen Untersuchungen \*), vollendet am 10. August 1859 und erschienen 1860, dem letzteren durch meine Mittheilung vom 18. Februar 1861 in den *Compt. rend.* \*\*). In einer von Th. Margo erst 1862 gegen mich gerichteten Prioritätsreclamation kann wegen der gänzlichen Differenz zwischen Margo's und meinen Angaben in Betreff der wahren intramuskulären Nervenendigungen nur von den genannten Punkten die Rede sein, und ich bin deshalb genöthigt, besonders hervorzuheben, dass meine Mittheilung in den *Compt. rend.* alles Hierhergehörige enthält. Herr Margo würde seine Prioritätsreclamation, die sich in der vom September 1862 datirten Vorrede seiner grösseren Schrift befindet und die folglich auch mindestens 6 Monate später geschrieben wurde, als meine grössere Abhandlung \*\*\*) im Buchhandel erschien, gewiss nicht erhoben haben, wenn er gewusst hätte, dass seine am 14. October 1861 in der Ungarischen Akademie

\*) W. Kühne, *Myologische Untersuchungen*. 1860. S. 67—73. Fig. 6.

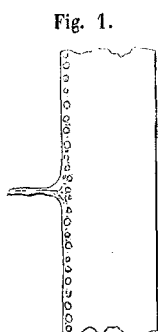
\*\*) W. Kühne, *Note sur un nouvel organe du système nerveux*. *Compt. rend.* P. LII. p. 316 et 317. Séance. 18. Fèv. 1861.

\*\*\*) W. Kühne, *Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven*. Leipzig, 1862.

vorgetragene Antrittsrede, auf die er sich dort \*) beruft, dazu immer noch um fast 7 Monate zu spät kam. Herr Margo begann seine Untersuchung vermuthlich in Pest zur Zeit, wo ich nach Beendigung der meinigen Wien verliess.

Sogleich nach dem Erscheinen der letztgenannten Untersuchungen begann sich das Interesse für die Frage der motorischen Nervenendigung überall zu regen, eine Arbeit nach der anderen erschien und die Beobachtungen wurden auf fast sämtliche Klassen des Thierreiches ausgedehnt. Für die der jüngsten Discussion ferner Stehenden, deren Zahl nicht gering sein wird, da es besonders den experimentirenden Physiologen täglich schwieriger wird, das von den Mikroskopikern gebotene Material zu übersehen, dürfte es zweckmässig sein, den Gang derselben und die verschiedenen Ansichten übersichtlich darzustellen.

Schon nach meinen ersten Mittheilungen über die Nervenenden von *Hydrophilus*, deren Resultate Fig. 1 in schematischer,



1860

Waldeyer 1863  
(Insect.)

ohne Erklärung verständlicher Darstellung wiedergibt, erschien sogleich eine Arbeit von L. Beale\*\*), die für den Frosch und die Säugethiere eine andere Endigungsweise der Nerven aufstellte. Nach Beale verliert der Nerv zwischen den Muskelfasern seine Markscheide, entsendet dann eine Anzahl feiner, kernhaltiger, blasser Fasern, welche unter sich durch Netze in Verbindung stehen, und welche die Muskelfasern nur umspinnen, nirgends aber durch das Sarkolemm zur contractilen Substanz dringen (Fig. 2). Auch für die Muskeln der Insekten behauptete Beale in einer gegen mich versuchten Widerlegung (a. a. O.) das Nämliche: nach

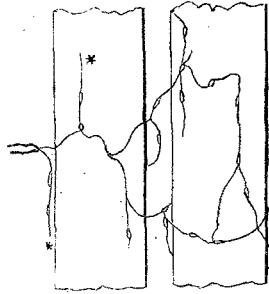
ihm liegt die von mir beschriebene Verbindungsstelle am Sarkolemm, noch weit entfernt vom Ende des Nerven, da von jener Stelle aus noch eine grosse Zahl feiner, blasser und kernhaltiger

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

\*\*) Beale, On the Distribution of Nerves to the Elementary Fibres of Striped Muscle. *Philosoph. Transact.* received. 19. Jun. 1860. p. 611—619. Pl. XXIII.

Fasern ausgehen sollte, welche über das Sarkolemm hinwegliefen, um endlich unter der Form von Netzen noch viele andere Muskelfasern mit zu umspinnen. Für den Frosch haben sich, wie hier gleich bemerkt werden mag, Kölliker \*) und Krause dieser Ansicht angeschlossen. Besonderes Gewicht legte Kölliker, wie Beale darauf, dass die blassen Fasern von einer Muskelfaser zur anderen überträten, und deshalb unmöglich im Inneren derselben liegen könnten. Ferner wurde von Kölliker angegeben, dass

Fig. 2.



die blassen Nervenfasern noch von einer 1860 Beale (Insect, Frosch, Säugethiere).  
 \*Kölliker 1862 }  
 \*Krause 1862 } (Frosch).  
 \*Rouget 1862 }

tor sogar von der Feinheit der zarten, gitterförmigen Ausbreitung an der elektrischen Platte von Torpedo gesehen haben will\*\*), sollten jedoch auch einzelne, wirkliche, spitze Endigungen (in Fig. 2 mit \*\* bezeichnet) der Nervenfasern vorkommen. Krause's\*\*\*) erste Mittheilung, die sehr bald nach der eben genannten erschien, schliesst sich dieser Darstellung an, denn es wird darin wörtlich gesagt: „Unmittelbar nach dem Erscheinen der Schrift von Kühne habe ich die Muskeln des Frosches auf die von Kühne angegebene Weise untersucht und die folgenden Resultate erhalten, welche mit den unterdessen veröffentlichten Angaben von Kölliker vollständig übereinstimmen.“

Meine ausführliche Darstellung von der Nervenendigung beim Frosch, die nach der Beale'schen Schrift erschien, und der Aus-

\*) Kölliker, Ueber die letzten Endigungen der Nerven in den Muskeln des Frosches. Würzburger naturwiss. Zeitsch. Bd. III., vorgetragen am 8. und 22. März 1862.

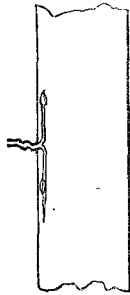
\*) Kölliker a. a. O. S. 2 unter 5), und ibid. Untersuchungen über die letzten Endigungen der Nerven. Erste Abhandlung. Leipzig, 1862. S. 11.

\*\*) W. Krause, Bemerkungen über einige histologische Controversen. Zeitschr. f. ration. Med. 1860.



gangspunkt der weiteren Discussion wurde, hatte gezeigt, dass die Nerven da, wo sie die doppelt und dunkel berandete Markscheide verlieren, sogleich in die Muskelfaser eintreten, unter Verschmelzung der Schwann'schen Scheide mit dem Sarkolemm. Die sche-

Fig. 3.

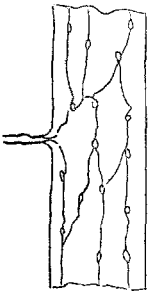


1861 (Frosch).  
Cohnheim 1863  
(Frosch).

matische Fig. 3 möge den Nerveneintritt und die zwifache intramuskuläre Endigungsweise, mit einer freien Spitze des Axencylinders, sowie die mit einer terminal aufsitzenden Endknospe versinnlichen. Die Endknospen wurden verschieden gefunden von allen in der Nähe liegenden Kernen, sowohl von denen der Schwann'schen Scheide, wie von denen des Muskels selbst, und es gelang schon damals, darin unter Umständen einen feinen centralen Faden mit einer birnförmigen kleinen terminalen Anschwellung aufzufinden. Noch in demselben Jahre, in welchem diese meine Resultate und die beiden vorhergenannten, freilich sehr kurz gefassten und in augenscheinlicher,

von der Tiefe des neugeweckten Interesses zeugender Ueberstürzung, gefertigten Untersuchungen Kölliker's und Krause's in die Oeffentlichkeit kamen, trat zugleich Margo mit seinen Anschauungen in Deutschland hervor. Den von mir angegebenen Durchtritt des Nerven zur Muskelsubstanz bestätigte derselbe vollkommen,

Fig. 4.



1861 Margo  
(Insect. Frosch).

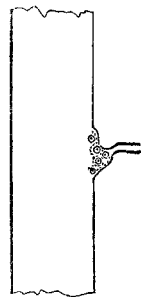
indem er ebenfalls die Verschmelzung der Nervenscheide mit dem Sarkolemm nachwies. Nur in Betreff der intramuskulären Endigungsweise stellte er eine abweichende Ansicht auf, welche in der Annahme eigenthümlicher Kornfasern bestand, die als ein dichtes Netz den ganzen Inhalt der Muskelfaser durchziehen und dessen Kerne zwischen sich fassen sollten (Fig. 4). Für die Muskeln der Insekten beruft sich Margo augenscheinlich auf die Bilder, die aus meiner Beschreibung der Nervenendigung von Hydrophilus bekannt waren, während er für den Frosch ganz selbständig zu dem allerdings schon vorher

gewonnenen Schlusse kam, dass der Nerv ins Innere der Muskelfaser eindringe. Man hat in der weiteren Entwicklung der Ange-

legenheit kaum Musse gefunden auf die Margo'schen Kornfasern näher einzugehen, zum Theil wohl weil die Ursachen der Täuschung auf der Hand zu liegen schienen. Das Bild der Nervenendigung bei den Insekten hat ohne Zweifel Margo zu seinen Anschauungen geleitet, indem es das Bedürfniss erweckte, die Kerne, welche nur durch Streifen körniger Substanz zusammenhängen, durch wirkliche vom Axencylinder ausgehende Fasern mit einander in Verbindung zu setzen. Auch das Bestreben, die contractile Substanz möglichst reichlich und innig mit Nervensubstanz erfüllt zu wissen, mag daran einen Antheil gehabt haben.

Weit wichtiger für den Fortschritt wurden die Beobachtungen Rouget's \*). Ihm gelang es zunächst nach Margo, den von mir gezeigten Uebergang der Nervenfasern zur contractilen Substanz, den ich für die Insekten, den Frosch, die Fische, und auch für die Säugethiere und den Menschen, wenn auch für die letzteren noch ohne Kenntniss der Beschaffenheit des intramuskularen Nerventheiles, für die Säugethiere und ein beschupptes Amphibium genauer kennen zu lernen. Rouget bestätigte, dass die Schwann'sche Scheide continuirlich in das Sarkolemm übergehe, und dass die Markumhüllung an dieser Stelle plötzlich absetze. Die intramuskuläre Endigung bestehe schliesslich in einem zur Form einer Platte angeordneten Haufen feinkörniger mit zahlreichen Kernen durchsetzter Substanz, die zwischen dem Sarkolemm und der contractilen Substanz Platz finde (Fig. 5). Für den Frosch, das weitaus schwierigste Object, wie jetzt wohl alle Betheiligten gern zugestehen werden, konnte Rouget zu keinem rechten Resultate kommen: Die meisten Muskelfasern sollten hier gar keine Nerven erhalten. Wenn man weiss, dass in Frankreich die dunklen Vorstellungen Mateucci's von einer Art elektrischer Induction bei thierisch elektrischen Vorgängen

Fig. 5.

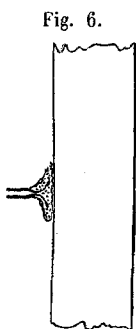


1862 Rouget  
(Eidechse, Säugethiere, Vögel).  
Engelmann 1863  
(Alle Thiere, Batrachier u. Fische  
ausgenommen.  
1863 (Säugethiere).

\*) 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. Séance. 29. Sept. 1862.

noch immer nicht ausgerottet sind, so wird man es erklärlich finden, dass dieser Umstand Rouget kein Bedenken verursachte. Er meinte nämlich, die Versorgung jeder Muskelfaser mit Nerven sei ganz unnöthig, da die nervenlosen Fasern durch Induction mit-zucken könnten, wenn ihre innervirten Nachbarn sich contrahirten. In die wenigen, wirklich innervirten Fasern sollten aber nach Rouget's erster Angabe auch keine Nerven eintreten, sondern für diese bestätigte er, wie er selbst ausdrücklich bemerkte, die Ansicht Kölliker's. Um gerecht zu sein, musste also auch Rouget für 1862 zum Beale'schen Schema (Fig. 2) verzeichnet werden.

Unabhängig von dem französischen Histologen gelangte W. Krause\*) für die Muskeln der Säugethiere gleichfalls zu der Ansicht von der Existenz eigener plattenförmiger Nervenenden. Die Krause'sche Darstellung weicht indessen in fast allen wesentlichen Punkten von der zuvor erwähnten ab. Der Verf. konnte nicht sehen, dass die Platte innerhalb der Muskelfaser liege, er konnte nicht feststellen, dass dieselbe Kerne in ihrem Inneren enthielt, sondern meinte, dass diese Kerne in eine von ihm als Bindegewebsmembran bezeichnete sackartige Fortsetzung der Schwann'schen Scheide eingesprenzt lägen. Die Beobachtung ist übrigens richtig, und wir verdanken Krause in der That die Entdeckung eigener, denen der Schwann'schen Scheide durchaus ähnlicher Kerne, da die Mem-



1863 Krause  
(Säugethiere.)

bran, welche die äussere Fläche der Platte deckt, wirklich nicht selten Kerne enthält, derentwegen aber freilich die darunter liegenden Kernhaufen nicht ausser Acht zu lassen waren. Nach Krause ist die untere Fläche seiner Bindegewebsmembran fein gezähnt und liegt hier dem Sarkolemm an. Im Inneren seiner Platte befindet sich eine feinkörnige Substanz mit wenigen etwas grösseren Körnchen, und diese ist es, welche das eigentliche Ende des Nerven aufnimmt, nämlich eine bis drei blasse Fasern, deren Enden eine schwache knopf- oder kolbenförmige Anschwellung zeigen (Fig. 6).

\*) W. Krause, Ueber die Endigung der Muskelnerven. Göttinger Nachrichten. 28. Januar 1863. Zeitschr. f. rat. Med. 3te Reihe. Bd. XVIII. S. 136—160.

Unbekannt mit den Beobachtungen Rouget's verfolgte hierauf W. Engelmann \*) bei einer grossen Zahl der verschiedensten Thiere die Nervenendigung. Es ist dies die jüngst erschienene ausführlichere Arbeit \*\*), in welcher die von Rouget für die Säugethiere und die Eidechse entdeckte kernhaltige Masse am Nervenende eingehender und richtig beschrieben wurde. Engelmann bestätigte die Angaben Rouget's für fast alle Klassen des Thierreichs und fügte denselben die Auffassung hinzu, dass der zum Platteninhalte umgewandelte Axencylinder mittelst dieses Zwischengliedes continuirlich in die contractile Substanz übergehe. Seine Darstellung der Nervenenden des Frosches kommt von allen bisher Genannten, der meinigen am nächsten, nur gelang es ihm nicht, den feineren Bau der Endknospen zu bestätigen. Im Einklange mit der Hypothese des continuirlichen Ueberganges war er auch geneigt, die spitzen Endigungen des Axencylinders im Froschmuskeln zu leugnen, um den Nerven auch hier continuirlich in die contractile Substanz übergehen zu lassen. Abgesehen von dieser Differenz bestätigt Engelmann indessen durch seine Abbildungen die von mir nicht selten gesehenen terminalen, d. h. am Ende eines Axencylinders aufsitzenden Endknospen. Einige Tage nach der Engelmann'schen Arbeit gelangte auch meine spätere Untersuchung über die Nervenendigung bei den Säugethieren \*\*\*) in die Oeffentlichkeit. Die Mittheilung jener Beobachtungen, die den Rouget'schen nichts wesentlich Neues hinzufügen konnten, war veranlasst durch die Krause'sche Arbeit, die den ganzen Gewinn langer Mühen in Frage stellen musste, wenn nicht die Fehlerquellen der Krause'schen Untersuchung aufgeheilt wurden. Ich habe von Krause's eigenen und neuen Angaben nur bestätigen können, dass einzelne Kerne der Schwann'schen Scheide

\*) W. Engelmann, Ueber die Endigungen der motorischen Nerven in den quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere. Centralbl. f. d. med. Wis. 25. April 1863. No. 19. S. 289—291.

\*\*) Ibid., Untersuchungen über den Zusammenhang von Nerv und Muskelfaser. Leipzig, 1863.

\*\*\*) W. Kühne, Ueber die Endigung der Nerven in den Muskeln. Virchow's Archiv. Bd. XXVII.

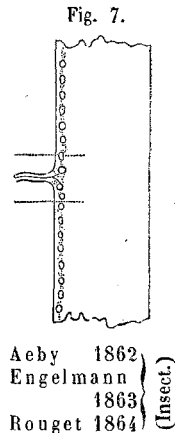
mit in die Membran des „Nervenhügels“, wie die von Rouget als Platte benannte Masse fortan genannt zu werden verdient, übertreten. In allen übrigen Dingen musste ich mich mit allen anderen späteren Untersuchern zu Gunsten Rouget's gegen Krause entscheiden.

Durch die angeführten 1863 erschienenen Arbeiten war zunächst der Durchtritt des Nerven durch das Sarkolemm bestätigt worden, und ausserdem hatte sich (abgesehen von der Differenz für die Froschmuskeln) die Vorstellung fast überall Bahn gebrochen, dass der Nerv sich in eine dicht unter dem Sarkolemm gelegene aus Körnchen und Kernen bestehende Masse fortsetze. Dies ist genau Das, was ich für die Muskeln von *Hydrophilus* schon 1860 durch Beschreibung und Abbildung belegt hatte. Bereitwillig gestehe ich Beale zu, dass die früher von mir als Körnerreihen bezeichneten und gewiss richtig dargestellten Gebilde vielleicht Reihen von Kernen sein mögen, welche durch eine feinkörnige, zu Streifen u. dergl. angeordnete Masse verbunden in den verschiedensten Weisen den Muskel durchziehen. In der Voraussetzung, dass diese grösseren, zur Vermeidung jeglicher auf die Genese bezüglichen Hypothese von mir sehr unverfänglich als Körner bezeichneten Gebilde, Muskelkerne sein möchten, hat man zunächst gemeint, dass dieselben überhaupt Nichts mit den Muskelnerven gemein haben könnten, eine Ansicht, welche zuerst Aebj aussprach. Engelmann brachte ebenfalls als allgemeinen Grund dagegen auch zunächst wieder vor, dass man sich nicht recht vorstellen könne, wie gerade die Muskelkerne und ihr Protoplasma Nervenenden sein könnten, und führte dann als specielle Gründe an, dass auch bei den Insekten die Kernketten theilweise so entfernt von den Nerven, z. B. in der centralen Axe der Muskelfaser lägen, dass man unmöglich den Kernhaufen am Nerveneintritt und die letzteren für zusammengehörig halten könne. Endlich gehe es auch bei diesen Thieren Eintrittsstellen der Nerven, wo zwar eine ganz gleiche mit Kernen erfüllte Masse liege, die aber nicht selten ganz ausser Zusammenhang stehe mit den vorhandenen Kernreihen. Waldeyer \*), der das Verhältniss der Nerveneintrittsstellen zu jenen

\*) Waldeyer, Ueber die Endigung der motorischen Nerven in den querge-

Kernen und Körnchen bei den Wirbellosen ebenso fand wie Engelmann\*) und der auch beim *Astacus* einen aus denselben morphologischen Elementen bestehenden vollständigen Cylindermantel zwischen der contractilen Substanz und dem Sarkolemm fand, schloss sich dagegen an meine Auffassung an, und wie ich denke, waren wir damals consequent. Ich muss dies auch Rouget entgegenhalten, der ganz neuerdings den von Aeby und Engelmann geltend gemachten Einwand vorbringt\*\*).

In Fig. 7, welche die Endigung beim *Hydrophilus* vorstellt, wie man sie in der bei weitem überwiegenden Mehrzahl der Fälle sieht, werden die beiden punktirten Linien, als bildlicher Ausdruck der nach Aeby, Engelmann und Rouget zur Aussonderung der Nervenendigung aus den Muskelkernreihen vorzunehmenden Begrenzung genügen, um das Willkürliche dieses Verfahrens zur Evidenz zu zeigen. Besteht das Nervenende, wie ja Rouget und Engelmann auch meinen, aus einer Umwandlung des Axencylinders zu Protoplasma mit Kernen, nun dann müssen sie dasselbe auch so hinnehmen, wie sie es finden; ist es ein hügeliger oder platter



Haufen, so finden Rouget und Engelmann, wie wir wissen, Nichts daran auszusetzen, ist es aber ein langer Streifen, so schneiden sie die unangenehm langen Fortsätze irgendwo ab, bis die gewünschte Form des Hügels oder der Platte herauskommt. Was endlich den Zusammenhang dieser Kernreihen mit der centralen von Kernen erfüllten Axe mancher Muskelfasern betrifft, so kann derselbe zu Stande kommen, indem das Protoplasma, das die hart unter dem Sarkolemm liegenden Kerne umgibt, radienartig durch die contractile Substanz hindurch zur Axe reicht, und wo dies nicht der Fall ist, kann die äussere Kernreihe unter dem Sarkolemm her bis zum Ende der Muskelfaser verlaufen, um sich hier mit dem

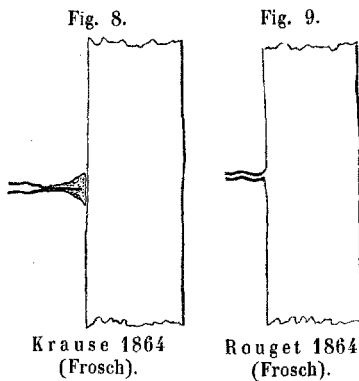
streiften Muskeln. Centralblatt f. d. med. Wissensch. 23. Mai 1863. No. 24. S. 369—372.

\*) Ibid., Zeitschrift f. rat. Med. 3te Reihe. Bd. XX. S. 242—256.

\*\*) Rouget, Journal de la Physiologie. No. XX. S. 574—593.

Ende der centralen Axe zu vereinigen. Für das Erstere spricht das Bild des Querschnittes mancher Muskeln, für das Letztere die directe Beobachtung eines natürlichen Faserendes. Will man vorurtheilsfrei verfahren, und dies ist in der Morphologie für diejenigen, welche eines augenblicklichen physiologischen Bedürfnisses wegen arbeiten, wahrlich geboten, so muss man zugeben, dass die aus Kernen und Körnchen bestehende Masse, welche das Nervenende ausserordentlich vieler Wirbellosen umgibt, sich häufig weit durch den Muskel erstreckt, ja diesen wie ein Mantel umhüllen, und selbst seine Axe ausfüllen kann. Wir wissen über die physiologische Rolle dieser Substanz gar nichts; vergessen wir aber nicht, dass sie fast an keinem motorischen Nervenende fehlt!

Vor Kurzem ist nun endlich auch etwas Ausführlicheres von Krause \*) und von Rouget (a. a. O.) erschienen über die Nervenendigung beim Frosch. Der Frosch scheint in der That verhängnissvoll in dieser Angelegenheit werden zu sollen, denn die Schwierigkeiten, die sich der Untersuchung hier zu bieten scheinen, haben diese beiden Beobachter von einem Extrem zum anderen geführt. Man vergleiche Fig. 8 und 9 mit Fig. 2. Zu beiden sich wi-



dersprechenden Schematen haben diese Forscher das Material geliefert. Das Object ist in beiden Fällen das nämliche, von keinem der beiden Autoren ist ein Widerruf ihrer früheren Angaben laut geworden, und es bleibt völlig räthselhaft, wie diese Widersprüche ohne das Aufgeben einer ihrer Ansichten beseitigt werden sollen. So (Fig. 8) sieht nun

also das Bild aus, das Herr Krause die vollständige Bestätigung \*\*) der Kölliker'schen Resultate eiligst entlockte! Eine gewisse Uebereinstimmung zwischen

\*) Krause, Zeitschrift f. rat. Med. 3te Reihe. Bd. XX. S. 1—18.

\*\*) Siehe S. 193 und Fig. 2 dieser Abhandlung.

ihm und Rouget ist dabei nicht zu verkennen und die Erklärung dafür liegt auf der Hand. Rouget wie Krause haben den Nerven offenbar gerade bis an die Grenze verfolgt, wo die Markumhüllung aufhört und wo der blasse intramuskuläre Theil anfängt, und von dem letzteren haben sie vermuthlich wegen eingetretener Todtenstarre, oder wegen mangelhafter Isolation der Muskelfasern, oder weil jetzt unpassende Reagentien zur Aufhellung angewendet wurden, — Nichts gesehen. Dieser Theil des Nerven hatte sich für sie in finstre Nacht verzogen. Dass die Nerven ziemlich fest an der Muskelfaser haften, konnte übrigens Krause bestätigen, denn er fand, dass sie bei Zerrungen nicht abrissen, sondern sich lang auszogen und selbst die Muskelfasern hervorbauchten. Es ist dieser Umstand, dem wir besonders die Beschreibung und Abbildung Krause's verdanken, dem wir seine blassen — dunklen Fasern, seine ganz kleine Platte mit dem geringen Kerngehalt, und endlich die nach den früheren Mittheilungen Krause's etwas überraschende Bemerkung verdanken, dass der Nerv im Sarkolemm endige. Früher nämlich hatte Krause versucht durch die Behandlung mit Kali zu zeigen, dass die untere Fläche seiner Bindegewebsmembran sich anders verhalte als das Sarkolemm, während es nun fast scheinen muss, als wenn dieselbe eben dieses Sarkolemm selbst sein müsse, seit eben von einer Endigung im Sarkolemm gesprochen wird. Oder sollen wir glauben, das Sarkolemm bestehe aus zwei gegen Kali verschieden resistenten Blättern, die erst den Bindegewebsack, die Krause'sche Platte, aufnehmen. Wie Krause endlich eine Bestätigung für seine Darstellung hat finden können in den Beobachtungen von Waldeyer, das dürfte am allerwenigsten verständlich sein. Die Krause'sche Platte am Froschmuskel enthält einen, höchstens zwei Kerne und bietet für mehrere keinen Platz. Die schaufelförmige Platte, welche Waldeyer abbildet, enthält deren 7.

Rouget's Darstellung der Nervenendigung beim Frosch (Fig. 9) ist etwas getreuer. Sie beschreibt den, nicht wie bei Krause bis zur gewünschten Blässe, gedehnten Nerven ganz richtig; es ist keine Rede von blassen, ausserhalb des Sarkolemm's liegenden Fasern, sondern es ist einfach das wahre Verhältniss des Nerven-eintritts in die Durchbohrungsstelle am Sarkolemm gezeichnet. So-



gleich hinter dem Sarkolemm fehlt aber Alles, was Rouget sonst für charakteristisch hält, keine Fortsetzung des Nerven und keine Kernhaufen oder dergleichen sind sichtbar, und es fehlt einfach das ganze Bild der intramuskularen Ausbreitung des Nerven. Rouget hilft sich hier ähnlich wie Krause, er erklärt die Endknospen für Kerne der Nervenscheide, er scheint sich dabei aber nicht daran erinnert zu haben, dass diese Erklärung meiner Angaben ihm nur möglich war, so lange er an seiner früheren Auffassung (Kölliker!) festhielt. Ihm wie Krause ist der Boden für diese Deutung entzogen, wenn Kölliker von seinen beiden Bestätigern erst officiell verlassen sein wird. Da Rouget meine Angabe vom Uebergange der Schwann'schen Scheide in das Sarkolemm, von dem plötzlichen Aufhören der Markscheide, und endlich auch den Eintritt der Nervenfaser in die Muskelfaser, und dieses alles für den Frosch bestätigt, so verwischt er selbst jede Spur einer Gedankenbrücke, die ihn zu der seltsamen Uebereinstimmung in der Deutung meiner Angaben mit Krause hat leiten können. Es lag so nahe, dies zu vermeiden; er konnte, wenn es ihm nur an einer gefügigen Deutung gebrach, die Nervenendknospen für Muskelkerne erklären, und dies um so mehr, als er meine intramuskularen Axencylinder für nicht quergestreifte Muskelsubstanz, blasse Lücken und dergleichen mehr auszugeben versuchte.

Die letzte über die Endigung der motorischen Nerven des Frosches publicirte Arbeit, die bis jetzt nur in einer kurzen, vorläufigen Mittheilung vorliegt, hat nun endlich die Sache ins Reine gebracht. Es ist Cohnheim\*) mit Hülfe einer neuen Methode gelungen, zu beweisen, dass die blassen Nervenfasern wirklich unter dem Sarkolemm liegen, und durch seine Beobachtungen meine sämmtlichen Angaben über diesen Gegenstand vollständig zu bestätigen. Nach diesen Bestätigungen bin ich natürlich noch weniger geneigt, eine der Angaben über die Endigungsweise beim Frosch aufzugeben, als zur Zeit, wo Herr Krause glaubte, den Rückzug der Nervenendknospen ankündigen zu können, weil ich

\*) Cohnheim, Ueber die Endigung der Muskelnerven. Centralblatt f. d. med. Wiss. 12. Dec. 1863. No. 55. S. 865—867.

sie auch Besatzkörperchen genannt hatte. Andererseits fehlt mir aber auch jede Neigung, demselben Autor, der den indifferenten Namen für unverträglich mit meinen physiologischen Theorien erklärt, noch durch Citate zu beweisen, dass es gar keine Theorie von mir über die Function der Endknospen gibt. Wie sollte dies auch der Fall sein, da ja noch nicht ein einziges Experiment zu dem Ende angestellt ist! Die Muskelnerven des Frosches können jetzt nach dem Cohnheim'schen Verfahren als haltbare Präparate nach Belieben hergestellt und conservirt werden und sie werden, wie zu hoffen, auch Denjenigen nicht unlieb sein, welche nach zu kurzen Untersuchungen über einen, augenscheinlich doch schwierigen Gegenstand, Urtheile gefällt haben, über die jetzt der Stab gebrochen ist. Diesen Allen, und besonders dem Herrn Verfasser des Jahresberichtes von 1862 über die Fortschritte der Histologie, dem es in nicht zu missdeutender Bescheidenheit „fast überflüssig“ erschien, „das Resultat einer von ihm vorgenommenen Nachprüfung ausführlicher mitzutheilen, ein Präparat und ein — Friede sei mit — ihnen“!

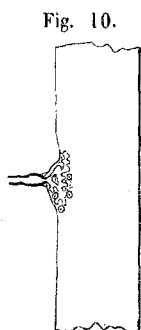
## II.

### Neue Untersuchungen.

#### 1. Beschuppte Amphibien.

In dem vorstehenden geschichtlichen Abrisse war es nöthig gewesen, die Inconsequenz zurückzuweisen, die es möglich gemacht hatte, den kernhaltigen Inhalt der Doyère'schen Hügel für Nervensubstanz zu erklären, und zu gleicher Zeit für dieselbe Substanz bei den Wirbellosen nur ihrer grossen Ausbreitung halber den Zusammenhang mit den Nerven zu leugnen. Die Urheber dieser beiden unvereinbaren Ansichten werden eine Beruhigung darin finden, dass nun in der That diese Substanz in keinem der beiden Fälle ein Continuum mit dem Nerven bildet. Die Kerne und das Protoplasma des Nervenbügels sind nicht die Fortsetzung des Axencylinders, sondern sie sind nur eine Umhüllungsmasse der Ausbreitung des centralen Theiles des Nervenrohres. Der Beweis dafür findet sich in meiner vor Kurzem erschienenen Mittheilung über die Nerven-

endigung in den Muskeln von *Lacerta viridis* \*). Der Axencylinder breitet sich bei dieser Eidechse im Doyère'schen Hügel aus zu einer sehr seltsam gestalteten Platte, die fast ganz von den Kernen und den Körnchen verdeckt wird. Das Schema der Nervenendigung ist für *Lacerta* demnach nicht, wie das in Fig. 5 dargestellte, son-



1864.  
Schema der Nerven-  
endigung im  
Doyère'schen Hügel  
(Eidechse).

dern wie das nebenstehende Fig. 10. Bei manchen Thieren ist es ausserordentlich leicht, sich von der Richtigkeit desselben zu überzeugen. Ich habe z. B. die ganze Untersuchung wiederholt bei *Lacerta agilis*, mit welcher, wie ich jetzt sehe, Rouget gearbeitet hat, und auch hier die Endigungsweise vollkommen identisch gefunden. Seitdem ist es mir gelungen, ein Object zu finden, an dem man ohne irgend welche mikroskopische Präparationsmethode sämtliche Theile des Nervenendapparates sehen kann. Man spalte die Haut auf dem Rücken einer *Coluber Natrix* und klappé sie so weit wie möglich nach vorn zurück. Zwischen den dem Stamme anliegenden Muskelschichten entspringen dicht neben einander eine grosse Menge sehr dünner und schmalen Muskeln, die sich an die Haut inseriren. Spannt man die Haut etwas an, so dehnt man diese parallel neben einander ganz frei liegenden Muskelchen aus und mit denselben zugleich je einen feinen Nerven, der den Muskel unter spitzem Winkel kreuzt, hier ein sehr feines motorisches Aestchen abgibt und mit dem Reste der Nervenfasern an die Haut tritt. Einen solchen Muskel braucht man nur an beiden Insertionspunkten abzuschneiden, auf einer Glasplatte flach auszubreiten und ohne Anwendung des Deckglases sogleich in der feuchten Kammer zu untersuchen. Die gröbere Nervenverbreitung zeigt nichts besonders Bemerkenswerthes, aber welche Fläche des Muskels man auch nach oben kehren möge, immer findet man eine bis zwei oberflächliche Muskelfasern, in denen man die Nervenendigung ohne Weiteres ganz deutlich erkennt. Das Bild ist so vollkommen übereinstimmend

\*) W. Kühne, Ueber den feineren Bau der peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. *Virchow's Archiv.* Bd. XXIX. S. 433—450.

mit dem von *Lacerta viridis*, dass ich nur auf die von dieser gegebenen Abbildungen zu verweisen brauche. Man sieht die Theilung des Nerven kurz vor dem Eintritt, darunter die bei verschiedenen Einstellungen auftauchenden durchsichtigen Kerne mit dem grossen, schimmernden Kernkörperchen, und zwischen denselben in einer zart granulirten Masse die vielfach gefaltete und eingekerbte Platte. Dieses Alles liegt in einer meist ziemlich flachen hügeligen Erhebung, im Doyère'schen Nervenbühl, dessen Basis oval, kreisrund oder auch fast quadratisch sein kann. Ein geringer Zusatz sehr verdünnter Essigsäure, bis zum Undurchsichtigwerden der Muskelsubstanz, erzeugt einen körnigen Niederschlag in den Kernen und eine schwache Runzelung der Platte, die dann deutlicher hervortritt, bis in derselben Einschnürungen entstehen, worauf die Kerne ganz zusammenschrumpfen, und bis endlich unter gleichzeitiger Aufhellung und Quellung der contractilen Substanz die Platte zu einzelnen Kugeln und runzeligen aber glänzenden und nicht körnigen Stückchen zerfällt.

Dasselbe Object kann gleichzeitig vortrefflich zur Demonstration der Muskelspindeln dienen. Was diese räthselhaften Gebilde, die ich bei der Ratte, der Maus, der Eidechse und neuerdings auch mit den im wesentlichen gleichen Charakteren beim Kaninchen antraf, bedeuten mögen, lässt sich vor der Hand nicht entscheiden. Jeder der beschriebenen Muskeln der Natter enthält etwa in seiner Mitte eine solche Spindel. Unter etwa 50 solchen Muskeln fand ich bis jetzt nur einmal zwei Spindeln. Die Abbildung Fig. 1 überhebt mich der eingehenden Beschreibung. Der Nerv, dessen Querschnitt hier sehr verschiedene Grössen besitzt, läuft meist ungetheilt mit weit abstehender Scheide zur Spindel, verschmilzt mittelst dieser Scheide mit den vielfachen sackartig abstehenden Scheiden der Spindel und geht endlich, wie es scheint, ganz continuirlich in den nicht quergestreiften mittleren Spindelabschnitt über. Dieses, zwischen den beiden quergestreiften, durch die ganze Länge des Muskels verlaufenden Fasern, eingeschaltete Stück ist von granulirter, aber ziemlich stark glänzender Beschaffenheit und enthält eine nicht sehr beträchtliche Anzahl von Kernen, die meist zu zweien und dreien mit abgeplatteten

Kanten aneinander liegen und stellenweise von einem gemeinsamen Hofe umgeben sind. Die dicke kernhaltige Scheide des Ganzen verläuft von der Spindel aus, wie es scheint, bis zu beiden Enden der schmalen, etwas abgeplatteten und immer mit auffallend breiten Querstreifen versehenen Muskelfasern. Dies ist Alles, was ich über den Bau dieser Gebilde anführen kann. Sind dieselben Apparate mit einer eigenen noch unbekannten, physiologischen, für den Zuckungsvorgang des Gesamtmuskels wichtigen Function, oder stellen sie nur ein Stadium noch nicht vollendeter Entwicklung einer Muskelfaser dar? Für das Letztere spricht der Umstand, dass die Spindel zuweilen bis hart an den Nerveneintritt hin Querstreifen zeigt, während für das Erstere die unverkennbare Aehnlichkeit des nicht gestreiften Abschnittes mit den Balken des Schwammgewebes vieler pseudoelektrischen Organe sprechen würde.

## 2. Die Säugethiere und der Mensch.

Uns Allen, Rouget, Engelmann, Waldeyer und mir ist die wahre Nervenendigung entgangen, obwohl wir übereinstimmend den Durchtritt der Nervenfasern in den Doyère'schen Hügel erkannt hatten und obwohl wir dem Inhalte des Hügels gewiss besondere Aufmerksamkeit zugewendet hatten. Nachdem ich indessen einmal die Erfahrungen an der Nervenendigung der Eidechsen gemacht hatte, war aller Grund vorhanden, die Untersuchung aller der Muskeln wieder aufzunehmen, die früher bereits durchsucht waren.

Bevor ich zu den neugefundenen Thatsachen übergehe, muss einem Angriffe begegnet werden, den Krause gegen mich gerichtet hat, als es ihm daran lag, mich zum Complicen seiner blassen Terminalfasern zu machen. Ich habe im Jahre 1862 bereits den Nachweis geliefert, dass die Nerven auch beim Menschen in die Muskeln eintreten und ich halte auch noch heute an der Gültigkeit jenes, wenn man will, experimentellen Beweises fest. Derselbe bestand einfach in der Isolation frischer menschlicher Muskelfasern mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali, nach welcher ich an den isolirten Fasern deutlich Nerven erkennen konnte, die mittelst der Scheide festhafteten. Wenn sich Hr. Krause die Mühe nehmen will, S. 31 meiner Schrift zu lesen, wo von den Muskeln

der Warmblüter und des Menschen die Rede ist, so wird er finden, dass ich mich jeder Angabe über das Schicksal des Nerven nach dem Durchtritte durch das Sarkolemma, wohlweislich enthalten habe; er wird dann finden, dass ich dort kein Wort von blassen Terminalfasern gesagt habe und dass ich mit der äussersten Vorsicht mich nicht von der Hauptsache entfernt habe, da es mir damals nur daran liegen konnte, das Eintreten der Nerven auch für die menschlichen Muskeln zu beweisen. Meine Abbildung (Taf. II. Fig. XI. a. a. O.) zeigt im Muskelinhalt nur die zerbröckelte Masse, wie man sie so häufig nach der genannten Behandlungsweise erhält, und ich habe mich wohl gehütet, daraus für die Gestalt der intermuskularen Nervenfortsetzung irgend etwas zu schliessen. Herrn Krause kann es auch unmöglich Ernst damit gewesen sein, mich zum Entdecker seiner blassen Terminalfasern zu machen, da er nirgends vorher, wo er die Gelegenheit dazu hatte, meiner gedachte. Als Bestätigung seiner Beobachtungen war ihm, wie es scheinen muss, meine Darstellung und die Abbildung von 1862, auf die er sich nun beruft, gut genug, aber er bedachte wohl nicht, dass dieselben dann auch schon 1863, wo sich Herr Krause als Entdecker blasser Terminalfasern vorstellte, für ihn nicht zu schlecht sein konnten, um benutzt werden zu müssen, falls er sie überhaupt in seinem Sinne verwerthen wollte. Wenn Herr Krause endlich nicht weiss, was er dazu sagen solle, dass in meiner 1863 publicirten Arbeit meiner früheren Beobachtungen menschlicher Muskeln nicht gedacht wurde, so hätte er, der mich für den Entdecker der blassen Terminalfasern hielt, darin nur eine zarte Rücksicht gegen sich erkennen müssen.

Die extramuskulären Endplatten Krause's sind nach unserer Auffassung die von Krause unrichtig beschriebenen Nervenbügel, und diese sind es daher, welche nach ihm die blassen, mit kolbigen Anschwellungen endigenden Terminalfasern enthalten sollen. Krause irrt nun auch noch darin, dass er meint, ich habe 1863 seine blassen Terminalfasern „mit Energie bestritten“. Ich habe im Gegentheil gesagt, dass ich mit einem starken Vorurtheile für dieselben, die Untersuchung begonnen hätte und dass ich sie leider nur nicht hätte finden können. Rouget, Engelmann und

Waldeyer ist es in diesem Punkte nicht besser ergangen. Heute, wo ich die Nervenendigung in den Muskeln der Säuger, und auch in dem vielgenannten Retractor bulbi der Katze kenne, kann ich nun aber nicht allein sagen, dass die Krause'schen Terminalfasern nicht zu bestätigen seien, sondern heute muss ich dieselben wirklich mit Energie bestreiten. Die Krause'schen Fasern haben im Nervenhügel nämlich keinen Platz, da eine andere Endigung darin liegt. Die Sache ist folgende: Die Nervenendigung der Säuger, den Menschen mit einbegriffen, ist genau dieselbe, wie die der Eidechse und der Natter, und ist vermuthlich bei allen Thieren, mit Ausnahme der Fische und der nackten Amphibien überall gleich.

Ich habe zunächst wieder die Muskeln des Kaninchens (Psoas, Gastrocnemius und Augenmuskeln) untersucht und darin bald gefunden, was mir früher entgangen war. Diejenigen, welche sich mit dem Studium der Nervenhügel dieses Thieres beschäftigt haben, werden wissen, dass dieselben, namentlich nach längerem Liegen der Präparate, ausser den Kernen noch rundliche oder eigenthümlich geformte, etwas glänzendere Klümpchen enthalten (Fig. 3 der Taf.). Man könnte auf den Gedanken kommen, dass etwas Mark aus der dunkelrandigen Nervenfaser in den Hügel hineingedrungen sei. Dem ist indessen nicht so, da dieselben Figuren auch entstehen in Präparaten, die ohne Deckglas in der feuchten Kammer unter dem Mikroskope liegen bleiben, und da ferner dasselbe Bild auftritt in Muskeln, deren Nerven nach vorangegangener Durchschneidung bis zu den Doyère'schen Hügeln hin, fettige Degeneration des Markes erkennen lassen. Diese Figuren bezeichnen nun Nichts anderes, als die im Nervenhügel liegende, veränderte Endplatte des motorischen Nerven.

Auch für die Säuger ist es völlig richtig, von einem Nerven-  
hügel zu reden, und Rouget ist sehr im Unrecht, wenn er die am Muskel befindliche Erhebung in allen Fällen nur für äusserst flach hält. In Uebereinstimmung mit Engelmann und Waldeyer bemerkte ich, dass die hügelige Erhebung des Sarkolemma's, oder, wenn man will, die trichterförmige Erweiterung der Nerven-  
scheide Etwas ganz normales sei. Ich will zwar nicht leugnen,

dass die Kuppe auf der Muskelfaser sehr verschiedene Höhen haben kann, und dass man die Gestalt des Hügels verändern könne durch einen Zug am Nerven, wie ich dies selbst in Fig. 9. Taf. XI. Bd. XXVII. dieses Archivs abgebildet habe (was auch Herrn Rouget nicht entgangen sein würde, wenn er den dazu geschriebenen deutschen Text gelesen hätte), ich muss aber wiederholt betonen, dass man solche Bilder, wie die von Engelmann in Fig. 13 u. 14 seiner Schrift und, wie die a. a. O. von mir in Fig. 1, 5 und 6 gegebenen auch erhält, wenn die Nervenendigung in ganzen, herausgeschnittenen Muskelstückchen ohne Isolation der Fasern beobachtet wird. Unter sehr ungünstigen Umständen gelingt es endlich immer noch, die hügelige Form auch an isolirten Fasern zu erkennen, nämlich selbst dann noch, wenn die Nervenfaser von der Hügelspitze zurückgeschlagen, oder in dieselbe hineingedrückt ist. Da die eigentliche Nervenendigung nunmehr als Platte bezeichnet werden soll, so dürfte es sich vielleicht noch besonders empfehlen, das umgebende Gebilde „den Nervenhügel“ zu nennen.

Im Nervenhügel erkennt man besonders bei Vermeidung alles Druckes mit Leichtigkeit die eigenthümliche Nervenplatte. Die Untersuchungsmethode muss natürlich darauf gerichtet sein, das Organ in der lebenden noch zuckenden Muskelfaser betrachten zu können. Kaninchenmuskelfasern in frischem Kaninchenserum isolirt, und in der feuchten Kammer mit dem vorzüglichen Hartnack'schen System 8 besehen, zeigen die Nervenplatten in aller Deutlichkeit. Noch besser ist es indessen, mit Hartnack's Immersionssystem No. 10. zu arbeiten, das ebenfalls mit Vermeidung eines drückenden Deckglases benutzt werden kann. Zu dem Ende setzt man auf die Cylinderblendung des Mikroskops, nach Entfernung des feineren Diaphragma, ein fast bis zum Boden abgesprengtes enges Becherglas, dessen abgeschliffener Rand mit einem sehr grossen Deckglase bedeckt wird. Auf den Boden des Gläschens wird zur Sättigung des eingeschlossenen Raumes mit Wasserdampf, etwas Wasser gegossen, hierauf das Präparat in einer Spur von Serum auf der unteren Fläche des Deckglases ausgebreitet, und dieses mit der reinen Fläche nach oben als Deckel auf das Glasschälchen gelegt. Auch die Anwendung von Reagen-



tien ist bei dieser Vorrichtung nicht ausgeschlossen, da man sehr bequem das ganze Präparat mit einem Tröpfchen irgend welcher Flüssigkeit befeuchten kann, wo die Untersuchung dies erfordert. Die ganze Vorrichtung, die nur den Zweck hat, das Präparat vor jedem Druck zu schützen, ist übrigens bei der weiteren Untersuchung entbehrlich, und ich war nur genöthigt sie anzuwenden, da mir daran lag, mittelst dieser Cautelen nachzuweisen, dass das Bild der Endplatte kein irgendwie künstlich erzeugtes sei.

Nach meiner früher (Bd. XXIX. dieses Archivs) für *Lacerta viridis* gegebenen Beschreibung weiss ich hier kaum etwas über das Aussehen der Endplatten beim Kaninchen hinzuzufügen, und im Uebrigen veranschaulichen die bei einer 400fachen Vergrößerung genau gezeichneten Abbildungen die Formen- und Grössenverhältnisse besser, als jede Schilderung es vermöchte. Nach dem Zusatze sehr verdünnter Essigsäure erscheint das Bild der Nervenplatte deutlicher, in den Kernen entstehen Niederschläge und damit beginnt die Reihe derselben Veränderungen, die ich schon früher für die Endplatten der Eidechse und vorhin für die der Natter beschrieben habe. Das prachtvollste Object zur Untersuchung dieser Organe findet sich unter den Säugethieren in dem von Krause mit Recht so gerühmten *M. retractor bulbi* der Katze. Die Muskelfasern lassen sich hier ungemein leicht isoliren, und die Nerven besitzen durchschnittlich bis zu ihren letzten Enden hin eine auffallende Breite. Auch die Theilungen kurz vor der Endigung sind hier sehr häufig, so dass man Endbüsche von solcher Pracht findet, wie man sie bei den Eidechsen und beim Frosch nur sehen kann. Fig. 5 der Tafel gibt eine getreue Abbildung eines aus diesem Muskel hergestellten Präparats.

Die menschlichen Muskeln sind für die Untersuchung auf Nervenenden vielleicht die ungeeignetsten, wegen des darin enthaltenen sehr dichten intermuskulären Bindegewebes. Ich habe die Muskeln eines so eben amputirten Vorderarmes und ferner die Muskeln seit kurzem Verstorbener (Tuberculose), Intercostalmuskeln, Pectoralis, Rückenmuskeln und den Gastrocnemius untersucht. Trotz der Todtenstarre ist es auch hier noch möglich, die Endplatten der Nervenbügel in aller Deutlichkeit zu sehen. Die

dunkelrandigen Nervenfasern sind beim Menschen namentlich in der Nähe der Enden sehr fein und von einer sehr kernreichen Scheide umgeben. Auch die Nervenplatten sind kleiner, als die der Katze und des Kaninchens, wie dies die Abbildung Fig. 4 der Tafel mit genauer Beachtung der Grössenverhältnisse wiedergibt. Alles was sonst für die Platten der genannten Thiere gesagt wurde, hat auch hier Gültigkeit, nur fand ich die Zahl der grösseren Körnchen in der die Kerne des Nervenbügels umgebenden Substanz etwas reichlicher. Die Angabe, dass sich der Nerv dicht vor seinem Eintritte in den Doyère'schen Hügel immer zuspitze, ist auch für den Menschen nicht ganz richtig. Neben stark zugespitzten, freilich häufig vorkommenden Enden der marklosen Fasern kommen auch, gerade wie bei anderen Thieren, ziemlich breite Formen vor, ja die Faser kann hier selbst eine schwache Anschwellung zeigen.

#### Die Nervenendplatten.

Es wäre natürlich sehr zu wünschen, die Endplatten der Nervenbügel nach allen Regeln der Kunst einer genaueren anatomischen Untersuchung zu unterwerfen. Allein die Schwierigkeiten, die sich hier entgegenstellen, sind ausserordentlich gross, da es vor der Hand unmöglich ist, mittelst der bekannten an anderen Organen üblichen Schnittmethoden Etwas zu erreichen. Querschnitte der Muskelfasern können zwar zugleich durch den Nervenbügel fallen, und dann den anschaulichsten Beweis vom Eintritt des Nerven und der directen Berührung des Hügelinhaltes mit der contractilen Substanz liefern \*), dennoch aber war es mir bis jetzt unmöglich, in solchen mit der Scheere gefertigten Schnitten frischer Muskeln etwas Anderes von der Endplatte zu sehen, als glänzende Kugeln und Kolben. Vollends fehlen aber alle Mittel, Längsschnitte, die hier besondere Aufschlüsse geben müssten, durch eine Muskelfaser zu führen. Die üblichen Härtungsmethoden sind hier sämmtlich unbrauchbar, weil die Muskelsubstanz durch ihr Zerfallen in Längsfibrillen oder Scheiben alle Bemühungen, sie schnittfähig zu machen, vereitelt. Trotz alledem habe ich es gewagt, in Fig. 6 eine

\*) S. Bd. XXIX dieses Archivs. Der Zusammenhang von Nerv und Muskelfaser.

schematische Darstellung eines solchen Längsschnitts zu geben, für deren Richtigkeit in allen Theilen ich aber natürlich nicht einstehe. Dieselbe möge uns indessen dienen, um daran die einzelnen an der Nervenendigung zu beachtenden Dinge näher in's Auge zu fassen.

Der dunkelrandige Nerv zeigt dicht vor seinem Verluste der Markscheide eine flaschenförmige Anschwellung, hinter welcher er sich besonders da, wo das Mark sich scharf absetzt, etwas verjüngt. Dies ist ein häufig vorkommendes Verhalten, das bei allen Thieren vorkommen kann (siehe hierzu auch die sehr getreue Abbildung bei Engelmann Fig. XV.). An dieser Stelle mag zugleich erwähnt werden, dass sehr häufig auch ein Austritt des in den Muskel dringenden Axencylinders stattfindet, seitlich vom dunkelrandigen Nerven, der in diesem Falle mit seiner Scheide in grösserer Ausdehnung sehr fest am Sarkolemm haftet.

Unterhalb dieser Einschnürungsstelle theilt sich der Axencylinder sogleich in zwei nach entgegengesetzten Richtungen abbiegende Fortsätze, die Durchschnitte der Endplatte, welche an ihrer unteren Fläche etwas stärker gewellt erscheint, als an der oberen, nach beiden Richtungen aber auch einzelne wirkliche Fortsätze abgibt. Diese Darstellung wird gerechtfertigt durch das, was man direkt beobachten kann. Ein reines Profilbild der Platte selbst, oder vielmehr einen optischen Durchschnitt zu bekommen, ist freilich kaum möglich, aber man kann sich von dem gezeichneten Verhalten überzeugen, wenn man die Platte von oben betrachtet und die Einstellungen des Focus überwacht. Dann bemerkt man nämlich, dass der Axencylinder, nachdem er sich sofort hinter der Einschnürung getheilt hat, Aestchen abgibt, die in verschiedenen Höhen liegen, und zwar häufig so angeordnet, dass die peripherischer entspringenden sich in höhere Ebenen des Hügels, die centraleren in tiefere Ebenen begeben. Zu diesen abgehenden Aestchen sind auch die im Schema gezeichneten wellenartigen Ausbuchtungen zu zählen, die nicht auf einer Faltung der Platte beruhen, sondern die eigenthümliche unregelmässige Form ihrer Ränder bezeichnen. Daneben kommen allerdings auch wirkliche, Jabotartige Falten der Platte vor, aber diese sind vermuthlich immer

in Folge einer Veränderung der Muskelfaser verursacht. In einem wohl gelungenen ganz frischen Präparate von *Lacerta* z. B. sieht man davon Nichts, und es lässt sich kein Schluss daraus ziehen, dass man sie in den meisten Präparaten dennoch sieht. Erstaunlich selten sieht man wirklich die Muskelfaser mit dem Nervenende ganz unverändert, hat man sie aber einmal so gesehen, so weiss man sehr genau, wie das Bild der stärker gefalteten Platte zu Stande kommt. Unter dem Anschauen selbst sieht man die Querstreifen der Muskelfaser etwas ungleichmässig aneinander rücken, und dabei die Platte jene Faltungen annehmen.

Die Form der Platte, über welche der schematische Durchschnitt natürlich nur sehr unvollkommenen Aufschluss geben kann variirt bei einem und demselben Thiere ausserordentlich. Es gibt da alle Uebergänge von einem weitmaschigen Fasernetze bis zur wirklichen Platte. Bemerkenswerth bleibt aber immer an den weitmaschigen Netzen noch die Anwesenheit eines äusseren immer ziemlich breiten Randstücks. So sieht man bei der Natter aus dem Nerven eine Anzahl radienartig hervortretender Fasern, die wie die Speichen eines Rades an die kranzartige Peripherie der Platte gehen. Kurz man erhält die allerzierlichsten Bilder, bald mit einem gezahnten breitrandigen Rade vergleichbar, bald einem geschmackvollen Spitzenmuster ähnlich. In dem einen Falle wird man dasselbe lieber als ein zierliches Fasernetz, in dem andern als eine gefensterte Platte mit musterartig gekerbten Rändern bezeichnen.

Wichtiger als die Feststellung dieser so sehr variirenden Formen dürften Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Platte sein. Man hat oft die Frage aufgeworfen, ob es wirklich markfreie Nervenfasern gebe, und es gibt noch viele Forscher, welche die sogenannten blassen Nervenfasern nur für minder markhaltig halten, als die dunkelrandigen. Meiner Meinung nach gibt es jedoch kein schlagenderes Bild für die colossale Differenz blasser und markhaltiger Fasern, als die Uebergangsstelle des Nerven in die Muskelfaser. Die dunkel und doppelt contourirte Markscheide setzt hier so scharf ab, und gerade jenseits dieser so sehr bemerkbaren Stelle tritt ein so ganz anders gearteter Fortsatz her-

vor, dass diese Bilder wohl den stärksten Anhalt für die Annahme eines auch in der lebenden Nervenfasern existirenden Axencylinders gewähren. Diejenigen, welche den Nerveninhalt sich denken als eine aus zwei gesonderten, in einander gesteckten Röhren bestehende Masse, leugnen damit noch nicht die Möglichkeit eigenthümlicher Gerinnungen in der centralen Röhre, und mit dieser Annahme würde es denn auch nicht schwer sein, die Ursachen der sonderbaren Abschnürungen und Gestaltveränderungen zu finden, welche die Nervenplatte beim Absterben ihres Muskels erleidet. Ein Theil derselben, nämlich die Jabotartigen Faltungen rührt zweifellos nur von der zickzackförmigen Verbiegung der Querstreifen, die Brücke zuerst beschrieben hat, her, die tiefergreifenden dagegen halten gleichen Schritt mit der unter fortschreitender Säuerung des Muskels eintretenden Todtenstarre. Daher offenbar sieht man sie auch sofort auftreten, wenn man den Präparaten eine äusserst geringe Spur einer Säure zusetzt.

Krause hat versucht, den Nachweis zu führen, dass seine blassen Terminalfasern markhaltig seien, indem er den Nerven eines Muskels durchschnitt und nach einigen Tagen untersuchte, wie weit sich die fettige Degeneration, die, wie behauptet wird, anfangs nur die markhaltigen Nervenfasern, und nur das Mark derselben betreffen soll, bis an die Peripherie erstreckte. Wer die Abbildungen Krause's sieht, aus denen hervorgehen soll, dass Reihen kleiner Fetttröpfchen die ehemaligen blassen Terminalfasern, deren Verlauf und Lage bezeichnen, wird aber zugeben, dass die wohlwollendste Phantasie nicht ausreicht, aus denselben einen Schluss zu ziehen, obgleich doch gewiss die günstigsten Präparate zur Zeichnung verwendet wurden. Ich habe diese Nervendurchschneidungen am Ischiadicus des Kaninchens wiederholt und ich kann die Krause'sche Angabe, dass am 3. und 4. Tage darauf alle zwischen den Muskelfasern des Gastrocnemius liegenden Nerven, z. B. bereits fettig degenerirtes Mark bis an die Nervenbügel hin enthielten, durchaus bestätigen. Es ist mir aber nicht gelungen, zu dieser Zeit Reihen von Fetttröpfchen im Nervenbügel zu beobachten, der, wie immer, in der feinkörnigen Substanz nur einzelne grössere Körnchen enthielt, die ich

überhaupt für Fett zu halten keinen Grund finde. Dagegen enthielt der Hügel Fettkörnchen, sobald ich das Präparat drückte, und es war sehr deutlich zu sehen, wie in diesem Falle kleine glänzende Kügelchen aus der einmündenden Nervenfaser, freilich nur sehr kurze Strecken weit in den Hügel hineinschlüpfen. Das Hauptgewicht aber muss ich darauf legen, dass an den Enden dieser ganz mit Fett gefüllten Nervenröhren noch die Platte in ganz unverändertem, keineswegs körnigen, oder sonst wie verdorbenen Zustande sichtbar war. Nicht einmal Abschnürungen oder auch nur ungewöhnlich starke Einkerbungen konnte ich an der Platte wahrnehmen. Aus diesen Beobachtungen geht zunächst hervor, was vorauszusehen war, dass man im Nervenbügel mit keiner Methode „blasse, kolbenförmig endende Terminalfasern“ sichtbar machen kann, und dass die Nervenplatte noch keine Fettkörnchen führt, wenn ihr markhaltiger Nerv bis zur Grenze seiner Markscheide der fettigen Degeneration verfallen ist. Dass die Platte auch im Uebrigen keine Veränderungen erlitten hatte, schien mir sehr wahrscheinlich, da sie auch in diesen Präparaten nach längerem Liegen und nach vorsichtigem Ansäuern noch die bekannten Abschnürungen und Runzelungen darbot. Es dürfte überhaupt noch nicht an der Zeit sein, aus den Veränderungen der Nervenenden nach der Durchschneidung der Stämme weitreichende Schlüsse zu ziehen, da sich hier so viele räthselhafte Dinge zeigen. Ich habe ausnahmslos 24 Stunden nach der Durchschneidung des Ischiadicus die Nervenbügel mit unzweifelhaften, durchschnittlich mit 6—10 deutlich erkennbaren Fetttröpfchen gefüllt gesehen, also zu einer Zeit, wo von dem durchschnittenen Stamme aus durch mechanische Reizung noch partielle Zuckungen im Gastrocnemius erhalten werden können und zu einer Zeit, wo selbst die intermuskulären Nerven kaum fettige Degeneration, sondern nur die vorangehenden Abschnürungsformen des Markes darboten. 48 Stunden nach der Durchschneidung fand ich dagegen die intermuskulären Fasern ausnahmslos bis an den Nervenbügel hin fettig degenerirt, während der Hügelinhalt eine viel geringere Zahl von Fettkügelchen enthielt.

Bei der Beschreibung der Nervenenden von *Lacerta* wurde

schon die Frage aufgeworfen, ob die Kerne und Körnchen der Nerven Hügel im Zusammenhange stehen mit der Nervenplatte. Diese Frage bietet besondere Schwierigkeiten. Untersuchen wir zunächst die Lage der Kerne zur Platte. Ich war früher der Meinung, dass die kernhaltige Substanz die ganze Nervenplatte umhülle, ich finde aber jetzt nach genauer Durchmusterung sehr vieler Präparate von den verschiedensten Thieren Veranlassung, die Kerne ganz unter die Platte zu verweisen. Man muss zu dem Ende zunächst die scharfe Sonderung festhalten zwischen den Kernen der Schwann'schen Scheide, die sich bis auf die Hügelmembran hinübererstrecken können, und zwischen denen des Hügelinhaltes. Glücklicherweise ist diese Scheidung sehr leicht, da die ersteren glatt und trübe, die letzteren prall gefüllt und ganz durchsichtig sind. Ich muss es sehr bedauern, dass Rouget neuerdings noch diesen Unterschied bestreitet, da es so ausserordentlich leicht ist, sich davon zu überzeugen. Merkwürdigerweise hat auch keiner bis jetzt in den Abbildungen das wahre Aussehen dieser Kerne wiedergegeben, denn Alle zeichnen in diesen Kernen einen granulirten Inhalt, der selbst in der todtstarren Muskelfaser nur sehr allmählig auftritt. Ich bin übrigens überzeugt, dass der Erste, welcher seine Aufmerksamkeit auf diesen Punkt besonders richten wird und nicht unterlässt, ganz frische Präparate in der feuchten Kammer ohne Zusatz oder in ganz frischem Serum zu untersuchen, sogleich die Ueberzeugung von dieser Eigenthümlichkeit der Kerne gewinnen wird. Wie diese klaren Kerne nun zur Platte liegen, erkennt man sowohl an Profilbildern, wie bei senkrechter Sehrichtung gegen die Axe der Muskelfaser. Man darf sich hierbei nicht täuschen lassen, durch die bei verschiedenen Einstellungen auch über der Platte auftauchenden Kerne, sondern man muss hier genau darauf Acht geben, dass immer nur das Verhältniss eines Plattenabschnitts, auf den man einstellt, zu einem gleichzeitig sichtbaren Kerne aufgefasst werde. Nur in diesem Falle kommt man für alle Kerne zu dem Schlusse, dass sie unter der Platte, und niemals zwischen dieser und dem Sarkolemm liegen. Es hat zwar häufig den Anschein, als wenn ein Kern nicht gerade über der Platte liege, aber als wenn er recht eigentlich

darin liege. Bei schärferer Beobachtung und mit guten Instrumenten wird man aber bald entdecken, dass die Platte dann gerade dort ein Fenster hat, oder dass der Kern dann nicht zwischen ihr und dem Sarkolemm liegt, sondern zwischen zwei in verschiedenen Ebenen übereinander liegenden Falten derselben Platz findet.

Bei vielen Thieren, besonders bei der Natter, sowie auch bei der Eidechse haben die Kerne des Hügels eine gewisse Aehnlichkeit mit den Muskelkernen. Sie haben, wie diese, eine deutliche doppelt contourirte Membran, sind wie diese von einem ganz klaren Inhalte erfüllt und enthalten 1—2 Kernkörperchen. Die Nucleoli sind aber hier so gross und glänzend, dass man sie am besten dem Keimfleck verglichen kann. Bemerkenswerth ist ferner, dass die meist ovalen Kerne mit ihrer langen Axe nicht parallel der Axe der Muskelfaser liegen, wie alle Muskelkerne, sondern mit sehr wenigen Ausnahmen senkrecht oder doch fast rechtwinklig zur Faseraxe gelagert sind. Die feinkörnige Masse zwischen den Kernen ist nicht ganz gleichmässig durch den Nerven hügel verbreitet, sondern folgt vorzugsweise den Kernen. Nicht allen Kernen liegt sie aber fest an, denn man sieht zuweilen einen Kern mit einem durchsichtigen Hofe umgeben, der ihn von der Platte sowohl, wie von jener Substanz trennt. Da dieselbe, wie ich früher gezeigt habe, die Kerne an die Platte heftet, selbst wenn die letztere frei im Lumen des Sarkolemm flottirt, so war es gewiss geboten, mit der minutiösesten Aufmerksamkeit zu untersuchen, ob ein nachweisbarer Zusammenhang zwischen beiden Theilen existire. Ich habe bei den Kaninchenmuskeln ebenfalls die Platte isoliren können, indem ich den Inhalt der Muskelfasern in eingekitteten Präparaten todtstarr werden liess, aber auch hier konnte ich trotz des mittelst dieser Masse (Protoplasma?) bewirkten Anhaftens der Kerne keinen sogenannten organischen Zusammenhang erkennen. Die Plattenränder prägen sich immer so scharf gegen Alles übrige ab, dass ich nicht an eine innigere Verbindung glauben kann.

Ich muss befürchten, mich auf ein dieser anatomischen Untersuchung fremdes Gebiet zu begeben, wenn wir nun schliesslich noch die Beziehungen des Nerven hügels zur contractilen Substanz



in's Auge fassen sollen. Ist es nicht auffallend, dass die Platte, dieser eigentliche Fortsatz der Nervenfasern, gegen die Hügelmembran nach oben direct angelegt ist, und nach unten nur in wenigen Punkten direct die Muskelsubstanz berührt? Ist es nicht auffallend, dass in allen Muskeln mit Doyère'schen Hügeln immer diese Kerne mit ihrem Protoplasma zwischen die Ausbreitung des Axencylinders und die Sarcous elements eingekleibt sind? Der Axencylinder verwandelt sich unter dem Sarkolemm in ein überall scharf begrenztes neues Organ, er breitet sich aus zur Platte, welche nirgends feine unverfolgbare Spitzen oder verwaschene Ränder zeigt. Das ist also ein Umstand, der Quatrefages's Hypothese vom continuirlichen Uebergange der Nervensubstanz in die Muskelsubstanz beseitigt, und nun ist ausserdem hier noch eine zweite Substanz vorgeschoben, welche den Nerven dem Muskel entrückt. Sollte vielleicht die Platte an der Stelle \* (siehe das Schema) ein Loch haben, das in einen feinen durch den ganzen Axencylinder laufenden Kanal führt? Sollten die Kerne und ihr Protoplasma vielleicht die Fortsetzung eines diesen Kanal füllenden Inhalts sein, und sollten am Ende doch diejenigen Recht haben, welche meinen, die nervöse Substanz gehe direct über in die contractile? Nicht glaublich! aber die Mauthner'schen Untersuchungen machen einen feinen Kanal im Axencylinder sehr wahrscheinlich!

Mit einigen Worten sei schliesslich noch der scheinbar so abweichenden Nervenendigung bei den nackten Amphibien gedacht. Ich werde nicht erst versuchen, diese Endigungsweise auf den Typus der Doyère'schen Hügel zurückzuführen\*), da es jetzt auf der Hand liegt, dass wir in den Froschmuskeln die langen blassen intramuskulären Axencylinder, die noch etwas zahlreicher, stärker verästelt und häufiger durch Querbalken miteinander verbunden sind, als ich früher wusste, die Analoga der Endplatte

\*) Es mag hier bemerkt werden, dass man auch an den Insektenmuskeln (*Hydrophilus*) zwei Theile der Nervenendigung scheiden kann, nämlich 1) eine directe, bandartige, hyaline Fortsetzung des intramuskulären Axencylinders, die sich sehr rasch unter Bildung von Einkerbungen und Blasen verändert, und 2) eine darauf folgende den Querstreifen des Muskels direct anliegende körnige Masse mit Kernen.

sein müssen. Die Präparate von Cohnheim, welche hierüber sehr klaren Aufschluss geben, haben auch die manchmal fast plattenartige Verbreiterung des Axencylinders, die sich unter den Endknospen befindet, wieder zur Evidenz erwiesen. Genug es ist nicht dieser Punkt, in welchem die Schwierigkeit liegt. Dieselbe liegt vielmehr in dem gänzlichen Fehlen der Kerne und des Protoplasma an diesen Nervenenden, während dafür die Endknospen vorhanden sind, von denen wir in den Doyère'schen Hügeln keine Spur finden. Mir scheint demnach die Hypothese die fruchtbarste zu sein, welche das allen Thieren Gemeinsame als das Wesentliche herausgreift, und welche das nicht Gemeinsame, in diesem Falle die Endknospen und die Füllungsmasse des Doyère'schen Hügels, die Sohle der Endplatte, vorläufig bei Seite lässt. Somit dürfte denn die Lehre von der Endigungsweise der motorischen Nerven in ein Stadium getreten sein, in welchem die physiologische Untersuchung wieder Fuss fassen kann. Das Hinderniss, das sich derselben vor 4 Jahren in den Weg stellte, ist hoffentlich so weit abgetragen, dass wir daran denken können, die Frage zu beantworten, wie der gereizte Nerv die contractile Substanz zur Zuckung erregt. Kein Hinderniss wird es sein den Uebertragungsvorgang\*) zu untersuchen, wenn auch Otto Fnnke in einem Lehrbuche der Physiologie schreibt, dass es durchaus noch nicht erwiesen sei, ob es nervenfreie Muskelabschnitte gebe oder nicht. Physiologische Untersuchungen haben dies dem Physiologen, der Solches noch 1863 schrieb, nicht klar machen können, und anatomische konnten es — auch nicht.

Der Nachweis nervenfreier Enden, der für den Sartorius des Frosches 1859 experimentell geführt worden und 1862 durch anatomische Untersuchungen bestätigt werden konnte, ist im vorigen und in diesem Jahre wieder von Krause und Rouget auch für den Retractor bulbi der Katze erfolgt, eine Thatsache, die ich dan-

\*) Ich benutze die Gelegenheit einen Irrthum zu berichtigen, der sich auf der letzten Seite meiner Abhandlung über die Nervenendigung bei *Lacerta* (Bd. XXIX dies. Archivs) befindet. Irrthümlich wurde dort gesagt, dass du Bois-Reymond ein Ausbleiben der negativen Schwankung des Nervenstroms nach der Reizung des Muskels beobachtet habe.

kend acceptire, in der Hoffnung, damit weiteren Versuchen vorzubeugen, den altmodischen Streit über die Muskelirritabilität wieder aufzurühren.

### Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—5 sind bei einer Vergrößerung von  $\frac{400}{1}$  mit dem Zeichnenprisma genau nach der Natur gezeichnet.

Fig. 1. Muskelspindel von *Coluber Natrix*.

Fig. 2. Nerven hügel mit der Endplatte vom Kaninchen, frisch in Serum. a Kerne der Hügelmembran, identisch mit denen der Schwann'schen Scheide. b Kern des Nerven hügels. c Muskelkern. P Nervenendplatte.

Fig. 3. Nerven hügel vom Kaninchen im Profil gesehen unter beginnender Einwirkung schwacher Essigsäure. Die hügelige Erhebung über der intramuskulären Nervenendigung besteht noch, obgleich der Nerv von der Höhe zur Basis der Erhebung gespannt ist. Bezeichnung wie in Fig. 2. Die Platte ist durch die Säure fast durchweg in einzelne Stücke verwandelt.

Fig. 4. Nerven hügel mit der Endplatte vom Menschen, frisch und ohne Zusatz.

Fig. 5. Nerven hügel mit der Endplatte aus dem *M. retractor bulbi* der Katze, frisch und ohne Zusatz.

In Figur 2—5 sind die Querstreifen und zum Theil auch die Muskelkerne der Deutlichkeit wegen weggelassen. Die Schattirung entspricht den bei schräger Beleuchtung wirklich auftretenden Schatten.

Fig. 6. Schematische Darstellung der Endigung eines motorischen Nerven im Nerven hügel einer Muskelfaser (im Durchschnitt gedacht), (gültig für die Muskelfasern der beschuppten Amphibien, der Säugethiere sowie des Menschen). A Axencylinder, A' A' dessen Ausbreitung als Endplatte. aa Nervenmark. b Schwann'sche Scheide. c Die platten und trüben Kerne in derselben. d Ein ebensolcher Kern in der Membran des Nerven hügels. B Inhalt des Nerven hügels. Granulirte Substanz (Protoplasma?). C Die bläschenförmigen, mit Membranen versehenen, klaren Kerne des Nerven hügels mit ihren grossen Kernkörperchen. D Einzelne grössere Körnchen im granulirten Inhalte des Nerven hügels. E Muskelkern. F Contractile Substanz mit den Sarcous elements. G Sarkolemm.