

VII.

Ueber die Endigung der Muskelnerven.

Von Dr. Cohnheim,
Assistenten am pathol. Institut in Berlin.

(Hierzu Taf. V.)

Als ich vor nun bald zwei Jahren in dem Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften *) eine kurze Mittheilung über die Endigung der Muskelnerven machte, glaubte ich durch Angabe einer leichten und sicheren Methode zur Darstellung der Nervenendigung einen nicht unwillkommenen Beitrag in dem gerade damals so lebhaft entbrannten Streite zu liefern. An und für sich konnte und kann es mir noch heute nicht beifallen, auch meinerseits in denselben mich zu mischen; denn im Grunde genommen kann es die Entscheidung doch nur sehr wenig fördern, wenn sich noch Einer auf die Seite des Mannes stellt, der die ganze Frage angeregt und bis in die kleinsten Details hin erschöpfend behandelt hat, oder ob die Zahl von Kühne's Gegnern sich noch um Einen vergrößert. Lediglich der Umstand, dass ich mit einer ganz neuen und in dieser Frage bisher nicht zur Anwendung gezogenen Methode zu sehr sicheren Resultaten gekommen bin, kann mich zu einer ausführlicheren Publikation derselben bestimmen, und diess um so mehr, als einerseits die Brauchbarkeit der Methode für den in Rede stehenden Gegenstand Zweifel erregt hat, andererseits ich mich gerade in der Lage befinde, eine Reihe von Angaben Kühne's bestätigen zu können, welche die ihrer Wichtigkeit gebührende Würdigung bisher noch nicht gefunden haben.

Es sei mir zuvörderst gestattet, des Näheren auf die Methode selbst einzugehen. Dieselbe beruht im Wesentlichen darauf, dass durch die nach Recklingshausen's Vorschrift angewandte Höl-

*) 1863. No. 55.

2.



6

3.



W. Gredman 28.

4.



A. Gredman 28.

lensteinlösung die Muskelsubstanz intensiv braun gefärbt wird, während der Nerv ungefärbt, d. h. weiss bleibt. Das detaillirte Verfahren, wie ich es schon in meiner kurzen Mittheilung angegeben und seitdem zu verändern nicht Ursache gefunden habe, ist nun folgendes. Aus dem noch reizbaren Muskel des eben getödteten Thieres wird eine Muskelfaser isolirt, dieselbe 10 — 15 Minuten lang in frisches, schwach verdünntes Serum gebracht, sodann wenige Secunden, bis dass sie eben matt bläulichweiss geworden, in die Silberlösung von 0,2 pCt. getaucht, in destillirtem Wasser gewaschen und dem Sonnen- oder Tageslichte ausgesetzt; sobald sie braun geworden, wird sie unter Zusatz von ein wenig verdünnter Essigsäure unter das Mikroskop gebracht. Wie immer, steckt die Methode selbst sich die Grenzen ihrer Anwendbarkeit. Wenn es erforderlich ist, die Muskelfaser vor der Versilberung zu isoliren — und es ist diess erforderlich, weil man nur dann die Sicherheit hat, die ganze Oberfläche der Faser der Silberwirkung auszusetzen —, so gestattet die Methode keine Anwendung, wo die Isolation der Muskelfasern nur sehr schwer und sehr unsicher gelingt, wie bei den Fischen und Vögeln; wenn ferner es wünschenswerth erscheint, die Faser vor der Tingerung mit Höllenstein mehrere Minuten lang mit Serum zu durchtränken, so ist die Methode da unbrauchbar, wo die Faser, sei es durch die rasch eintretende Todtenstarre, sei es durch zu heftige Contractionen, die ein Aufrollen und Zusammenschnurren derselben bewirken, durch den Aufenthalt in Serum ihre Glätte und Durchsichtigkeit einbüsst, wie bei den Fischen und Säugethieren. So beschränkt sich denn allerdings die absolut sichere Anwendbarkeit der Methode auf die nackten Amphibien und die Reptilien; ein Umstand, der indess, wie mir scheint, ihrem Werthe keinen Eintrag thut, da ja allseitig anerkannt ist, dass in diesen beiden Ordnungen die Typen der motorischen Nervenendigung für die Wirbelthiere überhaupt gegeben sind, dass insbesondere die Nervenendigung der Säugethiere mit der der Reptilien ganz identisch ist.

Indem ich nun, als der gegenwärtigen Aufgabe fremd, die genaue Darstellung des Verhaltens der quergestreiften Muskelfaser gegen die verdünnte Silberlösung bei Seite lasse, genügt es hier

hervorzuheben, dass die so behandelte Faser in ihrer natürlichen Ausdehnung und Gestalt und in der bekannten braunen bis braun-violetten Farbe erscheint, welche auch die Grundsubstanz des Bindegewebes bei der Tingirung mit Höllestein annimmt; die Querstreifen markiren sich auf's deutlichste, zunächst anscheinend nur als dunkler brauner Streifen auf hellerem Grunde. Das Sarcolemma erscheint an den Rändern als doppelt contourirte dunkle Linie. Was aber zunächst auffällt, und zwar in jeder Höhe der Faser, sind ovale, an den Enden in feine, spitzige, zuweilen mehrfach verästelte Ausläufer ausgehende Lücken, die meist in der Längsrichtung der Faser, zuweilen mehr schräg, selbst quer gestellt sind; der stäbchenförmige, ovale Kern, der, besonders nach Zusatz von etwas mehr Essigsäure, mit grösster Evidenz in jeder Lücke hervortritt, lässt keinen Zweifel darüber, dass wir hier in äusserst scharfem Contour die oberflächlich gelegenen Muskelkörperchen vor uns haben. Sofort aber bei günstiger Lagerung der Faser — und diese lässt sich durch einiges Drehen oder Wälzen stets erreichen — wird an irgend einer Stelle fast einer jeden Faser die Aufmerksamkeit angezogen durch eine sonderbare, verästelte, weisse Figur, welche mit ausserordentlich scharfen Contouren vom dem braunen Grunde sich abhebt: eine Figur, die in recht differenter Weise bei Amphibien und Reptilien sich darstellt und eben nichts Anderes repräsentirt, als die Nervenendigung.

Bei den Fröschen, bei denen der Gastrocnemius die Isolation der Muskelfaser am leichtesten gestattet, erscheint die Figur als ein System weisser, mit einander communicirender, theils breiterer, theils schmalerer Linien. Von den ersteren, an denen man mit grosser Leichtigkeit die bekannten sogenannten Myelinformen, welche dieselben als doppelcontourirte, markhaltige Nervenfasern charakterisiren, und nicht selten auch die wohlbekannten Kerne der Nervenscheide erkennt, gibt es in jedem Objecte eine, oder diese sich gabelförmig theilend, selbst noch mehrere; sie verlaufen ohne bestimmte Anordnung quer oder schräg oder längs gestellt über die Faser hin. Ihnen schliessen sich, indem die Myelinfiguren plötzlich aufhören, die viel längeren, schmalen Linien an, die scharf abgeschnitten in der braunen Fläche verlaufen, stets parallel

der Faserrichtung, nur durch kurze quere weisse Anastomosen mit einander verbunden. In verschiedener Zahl zeigen diese schmalen Linien ovale Anschwellungen, die ihnen seitlich aufzusitzen scheinen, und hinter denen sie in einer feinen, abgerundeten Spitze enden. In Fig. 1. der Taf. V. ist eine dieser Figuren getreu wiederzugeben versucht, welche besser als alle Beschreibung den Befund veranschaulichen und in jedem mit der vorliegenden Frage Vertrauten sogleich die von Kühne in seinem Buche gegebenen Abbildungen von der Nervenendigung des Froschmuskels in's Gedächtniss zurückrufen wird.

Wesentlich anders erscheint die Figur bei den Schlangen und Eidechsen. Statt des Systems weisser Linien sieht man hier eine zusammenhängende, kreisförmige oder mehr elliptische, weisse Figur sich scharf aus der braunen Muskelsubstanz abheben, welche bei flüchtiger Betrachtung den Eindruck einer gleichmässigen, nur von vereinzelten braunen Punkten und Streifen unterbrochenen Platte macht, bei genauerer Analyse indess in eine Zeichnung sich auflöst, die auch ich mit nichts besser zu vergleichen wusste, als mit einem geschmackvollen Spitzenmuster. Immer markiren sich alsbald auch hier eine oder mehrere, oft in gabelförmiger Theilung mit einander verbundene, breite weisse Linien, die bald quer, bald schräg, bald auch parallel der Faserrichtung, kurz in inconstanter Lagerung verlaufen und in denen man die Myelinfiguren und die Neurilemmkerne erkennt. An sie schliesst sich eine mehr weniger reichhaltige Verzweigung zierlich geschlängelter, wellenförmig gebogener weisser Linien, die in ihrem Verlauf mit perlschnurartigen Anschwellungen oder keulenartigen Ausbuchtungen besetzt, an ihren Rändern vielfach fein gezähntelt oder ausgezackt sind. Alle diese weissen Linien stehen entweder nur an ihrer Wurzel, d. i. an der Stelle, wo die breite Linie des dunkelrandigen Nerven aufhört, mit einander in Zusammenhang: dann entsteht eine finger- oder fransenartig ausgebreitete Figur (Fig. 2. von *Lacert. agilis*.); oder aber sie fliessen auch in ihrem weiteren Verlauf vielfach in einander: dann entsteht ein zierliches Muster, in dem, wie mit einem Locheisen, rundliche oder ovale Fenster ausgeschlagen sind (Fig. 3. von *Colub. natrix*.). Jederzeit aber in

der ganz frischen Muskelfaser sind alle diese weissen, bandförmigen Linien mit einander zusammenhängend; nur wenn bei der Herstellung des Präparats bereits eine oder mehrere Stunden nach dem Tode des Thieres verflossen sind — natürlich darf die Muskelfaser ihre Reizbarkeit noch nicht eingebüsst haben —, dann stösst man nicht selten auf Objecte, in denen einzelne Abschnitte der welligen Linien ganz von den übrigen getrennt sind: ein Verhältniss, das auch Kühne *) an der frischen Muskelfaser unter seinen Augen hat entstehen sehen und das lediglich auf secundären Veränderungen in der absterbenden Platte beruht (Fig. 3 bei e). Aber selbst diese Modification beeinträchtigt nicht im Geringsten die Evidenz des Zusammenhanges der geschlängelten Linien mit den breiten, die Myelinfiguren enthaltenden weissen Streifen, die man stets ganz continuirlich in jene übergehen sieht.

Wenden wir uns jetzt zu der Deutung des beschriebenen Befundes, so kann darüber zunächst ein Zweifel nicht obwalten, dass es wirklich ein nervöser Apparat ist, der in so scharfer Weise sich markirt. Für einmal gibt es unter allen Gewebstheilen, die durch die verdünnte Silberlösung nicht tingirt werden, keinen, den man mit einiger Möglichkeit hierauf beziehen könnte, wenn nicht die Nervenfaser; fürs zweite aber ist in einem Theile der Figur selbst ein ganz zweifelloses Kriterium gegeben, d. i. in der Anwesenheit der breiten, durch die Formen des geronnenen Nervenmarks und durch die Neurilemmkerne charakterisirten Linien. Mit vollkommen derselben Deutlichkeit erscheint in den Silberpräparaten der dunkelrandige Nerv, wie in den saubersten, frischen Objecten; und ist der Zufall günstig gewesen, hat nicht die Einwirkung der Silberlösung selbst die einzelnen doppeltcontourirten Fasern mit einander oder mit der dazugehörigen Muskelfaser verklebt, so stellt sich auch der Kühne'sche Endbusch in den Silberpräparaten auf's prächtigste dar. Ist hiernach jeder Zweifel an der nervösen Natur der in Rede stehenden Zeichnung beseitigt, so kann es eben nur fraglich erscheinen, ob wir hier wirklich die letzte Ausbreitung des Nerven der betreffenden Muskelfaser, die

*) Virchow's Archiv Bd. XXIX. S. 438.

Nervenendigung vor uns haben. Nun, zu den vielen, in der Discussion der letzten Jahre hierfür vorgebrachten Gründen vermag gerade die Silbermethode einen der anschaulichsten hinzuzufügen. Nichts kann schärfer sein, als die Abgrenzung der weissen Nervenverzweigung gegen die braune Muskelsubstanz, nirgend sieht man auch nur die geringste Andeutung einer weiteren Fortsetzung der weissen Linien. Freilich, dass gegen die Muskelfaser selbst hin der Nerv noch weiter sich erstrecken könne, das ist noch von keiner Seite angegeben worden, und dass nicht doch beim Frosch wenigstens, wie Kölliker behauptet hat, die feinsten, marklosen Nervenfasern, in unseren Präparaten die schmalen, weissen Linien, von einer Muskelfaser zur anderen sich erstrecken, das können die mittelst der Isolationsmethode hergestellten Objecte nicht widerlegen. Glücklicherweise aber gibt es gerade beim Frosch einen Muskel, dessen Faserlage dünn genug ist, um ihn in vollem Zusammenhang der Silberwirkung zu unterwerfen, nämlich den in der Geschichte der motorischen Nervenendigung vielgenannten Brusthautmuskel. Trennt man diesen an seinen beiden Ansätzen ab und behandelt ihn ganz nach der gegebenen Vorschrift, so erhält man auf der der Haut zugekehrten Fläche desselben die bekannte Zeichnung des Recklinghausen'schen Lymphsackepithels, auf der dem Körper zugewendeten dagegen ein Bild von ausserordentlicher Zierlichkeit. Eine neben der anderen gestreckt liegen in grösster Regelmässigkeit die braunen Muskelfasern, hier und da die weissen Kernlücken darbietend, immer näher der einen Ansatzlinie des Muskels verläuft quer über die braunen Fasern der breite weisse Nervenstamm, begleitet von den gleichfalls ungefärbten und mit Epithel ausgekleideten Blutgefässen; von dem Nervenstamme aus breitet sich nun die übersichtlichste weisse Nervenverzweigung über die ganze Fläche aus, und nicht lange wird man zu suchen haben, bis man auf einige Muskelfasern trifft, in denen in evidentem Zusammenhange mit der zutretenden dunkelrandigen Nervenfaser auf's Schärfste das Liniensystem und die ovalen Anschwellungen der Nervenendigung sich markiren; in jedem Brusthautmuskel gibt es mindestens ein Dutzend Fasern, deren Nervenendigung oberflächlich genug liegt, um in dieser bequemen Weise

durch die Silberlösung zur Anschauung gebracht werden zu können. Gewöhnlich findet man an den betreffenden Stellen je drei bis vier unmittelbar an einander grenzende Muskelfasern, welche genau in gleicher Höhe, häufig eine der anderen zum Verwechseln ähnlich, die Endausbreitung zeigen. Die Contouren sind so rein, dass eine Täuschung unmöglich: eine jede dieser Endausbreitung ist völlig selbständig, niemals erstreckt sich auch nur die geringste Andeutung einer Verbindungslinie von der Nervenendigung einer Muskelfaser zu der der anderen.

Bei Weitem schwieriger ist die Entscheidung über ein anderes Moment, ob die Nervenendigung innerhalb oder ausserhalb des Sarcolemmas belegen ist. Man wird mir es hier gern erlassen, die vielfachen Gründe und Gegengründe aufzuführen, welche in den letzten Jahren mit besonderer Lebhaftigkeit gerade über diesen Punkt beigebracht sind, in Betreff dessen die Behauptungen Kühne's und insbesondere Krause's sich bekanntlich diametral gegenüberstehen. Letzterer hat freilich in neuester Zeit auch sich bemüht, die Frage auf experimentellem Wege zur Entscheidung zu bringen und einen Versuch mitgetheilt, gegen den ein Einwand anscheinend schwer zu erheben. Er behandelte nämlich einen Säugethiermuskel mit 50procentiger Chlorwasserstoffsäure so lange, bis der Muskel leicht in seine einzelnen Fasern zerfällt, d. i. durch 12 — 24 Stunden; an den isolirten Fasern sah er denn etliche Male noch die Endplatte haften, hie und da noch im Zusammenhange mit einem Stück Nervenfaser; „unter günstigen Umständen gelang es, die Endplatte zuerst noch an der Muskelfaser haftend zu finden und sie dann sammt der Nervenfibrille durch eine leise Verschiebung des Deckgläschens von der Muskelfaser abfallen zu machen.“ Das Resultat scheint für sich selbst zu sprechen. In der That ist die 50procentige Salzsäure ein vortreffliches Lösungsmittel für das intermuskuläre Bindegewebe der Säugethiermuskeln, und schon nach 6—8 Stunden, selbst noch weniger, genügt häufig ganz leises Schütteln in Wasser zur completten Zerfaserung des Muskels; mit Leichtigkeit bemerkt man dann an sehr vielen Fasern kleine glatte Erhebungen mit zahlreichen ovalen Kernen — unzweifelhaft die Trümmer der Nervenendigung, sehr leicht auch

sieht man diese Erhebungen im Zusammenhange mit einer dunkelrandigen Nervenfasern, besonders leicht an den kurzen Fasern des Kaninchengastrocnemius, wo nicht selten drei bis vier nebeneinander liegende Muskelfasern, deren Nervenendigungen alle von einer einzigen querlaufenden Nervenfasern versorgt werden, einen recht übersichtlichen Anblick gewähren. In dem Bemühen freilich, durch Verschieben des Deckglases die Endplatte von der Muskelfaser abzuheben, habe ich keinen rechten Erfolg gehabt; mir widerfuhr es vielmehr, besonders nach längerer Salzsäureeinwirkung, einige Male, dass unter dem Drucke die Muskelfaser sich der Länge nach spaltete, so dass ein nervenloses Fragment entstand und eines in Verbindung mit der Nervenendigung. Selbstverständlich aber fällt es mir darum nicht ein zu bezweifeln, dass Krause in dieser Beziehung glücklicher gewesen. Nur scheint mir bei der ganzen Beweisführung ein Umstand nicht gebührend gewürdigt zu sein, nämlich das Verhalten des Sarcolemmas gegen die concentrirte Salzsäure. Letztere löst in Wirklichkeit das Sarcolemma ebenso vollkommen, nur langsamer, als das intermuskuläre Bindegewebe; und nach 6—8stündigem Aufenthalt in jener begegnen Einem nicht wenige Muskelfasern, an denen an einzelnen Stellen der breite, doppelte Contour des Sarcolemmas unterbrochen ist und die contractile Substanz nur mit einem ganz zarten, hie und da selbst nach aussen hervorgebuchteten Contour gegen das Medium sich abgrenzt. Sind aber, wie Krause will, 12 oder gar 24 Stunden nach dem Einlegen des Muskels in 50prozentige Chlorwasserstoffsäure vergangen, so lässt sich, wie ich in geradem Widerspruch gegen Krause behaupten muss, fast nirgend mehr mit Sicherheit die Membran des Sarcolemmas nachweisen, ebenso wenig, wie ein Neurilemma, dessen Zerstörung doch auch dem Zerfallen der „Nervenfibrillen“ in die kurzen Fragmente vorausgegangen sein muss, die Krause selbst als Produkt der Salzsäureeinwirkung auf den Nerven bezeichnet. Dass aber nach der completten Auflösung des Sarcolemmas die Endplatte noch in Zusammenhang mit der Muskelsubstanz gefunden wird, macht augenscheinlich die Annahme, dass jene ausserhalb des Sarcolemmas belegen, recht verdächtig; jedenfalls erscheint es unschwer begreiflich, dass unter so bewan-

derten Umständen auch einmal eine Endplatte mit einem Nervenbruchstück sich von der Muskelsubstanz trennen kann, und als Beweis für die Krause'sche Behauptung kann ich diess nicht anerkennen.

Das Verhalten der Nervenendigung und Muskelfaser gegen die Silberlösung, wie es oben dargestellt ist, beweist zunächst nur, dass die Nervenendigung oberflächlich gelegen ist; denn da die Silberlösung bekanntlich nur ganz oberflächlich auf eine sehr dünne Schicht einwirkt, so kann eine Lücke, die aus der braunen Fläche sich abhebt, nicht von einem tiefer befindlichen Gebilde erzeugt werden. Dass nun die contractile Substanz selbst es ist, welche durch den Höllestein gebräunt wird, davon kann man sich aufs Leichteste durch Applikation desselben auf den Muskelquerschnitt überzeugen, sowie durch einen anderen, sogleich mitzutheilenden Versuch. Hieraus aber ohne Weiteres schliessen zu wollen, dass nun auch die weisse Lückenfigur einem in dem Niveau der Oberfläche der contractilen Substanz befindlichen Körper ihre Entstehung verdankt, hiesse doch wohl etwas zu rasch verfahren; denn a priori leuchtet schon ein, dass auch durch alle diejenigen Bildungen, die äusserlich fest an's Sarcolemma sich anlegen, Lücken in der braunen Fläche bewirkt werden können. So sieht man denn in der That nicht selten an den isolirten Muskelfasern ziemlich breite weisse Linien, welche sich alsbald durch die darin enthaltenen Blutkörperchen, sowie durch die geschlängelten Epithellinien als Capillaren charakterisiren; an dem oben beschriebenen Silberpräparat vom Brusthautmuskel ferner markiren sich nicht selten die den Bindegewebskörperchen des überaus zarten Perimysium entsprechenden Stellen als weisse, sternförmige und verzweigte Lücken, und überdiess ist ja das Bild jeder Nervenendigung selbst ein Beweis dafür, in dem ja der breite dunkelrandige Nerv, den doch Niemand unter das Sarcolemma verlegen wird wollen, doch auch eine Lücke in der braunen Fläche erzeugt. Freilich, bei genauerer Einstellung wird man sich meist ohne Schwierigkeit davon überzeugen können, dass man es hier mit in verschiedenem Niveau befindlichen Dingen zu thun hat. Ich will nichtsdestoweniger kein besonderes Gewicht darauf legen, dass die Figur der eigent-

lichen Nervenendigung wie haarscharf aus der braunen Fläche ausgeschnitten und insbesondere in genau demselben Niveau, wie die Kernlücken, erscheint; ich will es ferner nicht betonen, dass gerade an den Nervenendigungspräparaten, wie es auch in den Figuren der Taf. V. angedeutet ist, sich sehr deutlich der Farbenunterschied ausprägt zwischen der stets schneeweissen eigentlichen Endausbreitung und der dunkelrandigen Faser, welcher der durchschimmernde schwach tingirte Muskelinhalt ein mattgelbliches Colorit verleiht; alles diess sind precäre Hilfsmittel gegenüber einem, wie mir scheint, entscheidenden Experimente, mit dem man sich jederzeit, wenigstens beim Frosch, die sicherste Ueberzeugung verschaffen kann. Applicirt man nämlich die Silberlösung auf die ganz unversehrte, nicht isolirte Muskelfaser, wie sie am lebenden Gastrocnemius sich befindet, so scheint hernach der jetzt mehr graubraun gefärbte quergestreifte Inhalt von dem Sarcolemma zurückgezogen, das ihn als ein weit absteher, ungefärbter Schlauch umgibt. Nicht eben häufig, aber doch auch nicht allzu selten bemerkt man jetzt in der graubraunen Fläche, weit entfernt von dem abstehenden Sarcolemmaschlauch, die feinen, weissen Linien und ovalen Anschwellungen der Nervenendigung, während daneben von den breiten Linien des dunkelrandigen Nerven nichts wahrzunehmen ist. Ein solches Bild ist durchaus eindeutig: die Nervenendigung liegt unter dem Sarcolemma, an der Oberfläche des Muskelinhalts, d. i. zwischen Sarcolemma und contractiler Substanz.

Weiterhin entsteht jetzt die Frage, ob nicht noch irgend ein Neues zwischen Nerv und contractile Substanz sich einschiebt, oder ob der erstere unmittelbar mit letzterer in Berührung tritt. Für den Frosch muss ich die letztere Alternative unbedingt aufrecht erhalten. Ueberall trifft man in der unmittelbarsten Umgebung der weissen Linien, wie die Faser auch gelagert sein mag, nur die quergestreifte braune Substanz, nirgend sieht man auch nur eine Andeutung einer anderweitigen Bildung. Anders verhält es sich bei den Reptilien. Auch hier erscheinen allerdings die braunen Stellen, die zwischen der Endverästelung des Nerven übrig bleiben, meist quergestreift; indessen ist das Präparat so gelagert, dass man die ganze Nervenendigung en face übersieht, so genügt eine

geringe Veränderung der Einstellung, um sofort aus der Tiefe eine Anzahl grosser, praller ovaler Kerne mit glänzendem Kernkörperchen auftauchen zu lassen, die anscheinend gerade die Stellen zwischen der Endverzweigung einnehmen. Das ist Alles, was ich über diesen Punkt mit Hülfe der Silbermethode beibringen kann; und ich bescheide mich gern gegenüber den weitergehenden Ermittlungen, die wir Kühne auch in diesem Punkte verdanken.

Zur Erläuterung der vorliegenden Präparate braucht nur noch Weniges hinzugefügt zu werden. Die Bilder sprechen für sich selbst, und überdiess haben ja die Kühne'schen Arbeiten uns von vorn herein über jede Schwierigkeit der Deutung hinweggehoben. Beim Frosch und bei den Amphibien tritt der breite, dunkelrandige, gegen sein Ende hin ziemlich reichlich mit Neurilemmakernen ausgestattete Nerv an das Sarcolemma heran, um es zu durchbohren; ganz plötzlich endet hier, an der Verschmelzungsstelle des Neurilemma mit dem Sarcolemma, die Markscheide, und die letzte, unter dem Sarcolemma befindliche, intramuskuläre Endigung besteht aus nichts als der letzten Ausbreitung der mark- und scheidenlosen Nervenfasern, d. i. des Axenfadens, sei es nun, wie beim Frosch, in Gestalt eines Systems feiner Linien, sei es, wie bei den Reptilien, in Gestalt jener zierlich geschlängelten, musterartigen Zeichnung, der Kühne'schen Nervenendplatte. Mit dieser Auffassung begreift es sich leicht, dass in den Silberbildern der intramuskulären Nervenverzweigung jeder andere Contour fehlt, ausser der einfachen Grenzlinie des Gefärbten gegen das Ungefärbte. Ein Ueberflüssiges aber hiesse es sogar, wollte ich noch ausdrücklich darauf hinweisen, wie gerade der Anblick der Silberbilder die Ueberzeugung aufdrängt, dass in Wirklichkeit die Art der motorischen Nervenendigung bei allen Wirbelthieren die gleiche ist, und die Differenzen im Einzelnen sich nicht höher herausstellen, als auch bei anderen histologischen Bildungen zwischen niederen und höheren Wirbelthieren.

Wenige Worte nur noch über die ovalen Anschwellungen an der intramuskulären Nervenausbreitung des Frosches, welche den Endknospen Kühne's entsprechen (Fig. 1, d d); sind es doch gerade diese, welche in der Discussion der letzten Jahre, soviel ich weiss,

überall auf Widerspruch gestossen sind. Diejenigen, welchen, wie Krause, die wahre Nervenendigung des Froschmuskels überhaupt entgangen ist, haben natürlich auch die Endknospen nicht gesehen; diejenigen, welche, wie Kölliker, auch die feinsten Fasern ausserhalb des Sarcolemmas verlegen und ihnen noch eine Scheide vindiciren, haben die Endknospen folgerecht mit Neurilemmakernen identificirt; zum Mindesten aber ist der von Kühne beschriebene complicirte Bau, der centrale Faden und die kernförmige Anschwellung des letzteren im Innern der Knospe, nirgend acceptirt worden. Die Silbermethode, welche es ermöglicht, auch die zartesten und vergänglichsten Bildungen — ich erinnere an die Verzweigungen der Ausläufer der Hornhautsaftkanälchen — ganz scharf und unveränderlich zu fixiren, gewährt auch hier die brauchbarsten Anhaltspunkte. Ueberall in den ovalen Anschwellungen wird man zunächst bei genauerer Betrachtung noch einen zarten, inneren Contour wahrnehmen. Nichts kann dann prägnanter sein, als der Unterschied zwischen den platten, trüben, granulirten Kernen in dem Neurilemma des markhaltigen Nerven und den in Rede stehenden Bildungen. Viel leichter möglich würde die Verwechslung mit Muskelkernen sein, mit denen sie ja aber selbstverständlich nichts zu thun haben, wenn nicht auch hier eine ganz constante Differenz gegeben wäre in dem an beiden Enden abgerundeten, daher mehr platt elliptischen Aussehen der Kerne in den Muskelkernlücken, während der innere Contour der Endknospenanschwellung stets an dem einen, und zwar dann in Rücksicht auf den Nerveneintritt peripherischen Ende, ein spitz zulaufender ist. Lässt sich diess an allen Endknospen — so mögen sie auch in den Silberbildern bezeichnet werden — mit Leichtigkeit constatiren, so gelingt es auch sicher, bei der Durchmusterung einer selbst nur mässigen Zahl von Objecten auf eine oder die andere Endknospe zu stossen, in der man mit der grössten Präcision die Contouren eines von der Basis bis zur Spitze hin die Endknospe durchsetzenden Fadens wahrnimmt, der hier mit einer rundlichen, knopfförmigen Anschwellung endet (Fig. 1 bei f). Hie und da stösst man selbst auf Bilder, in denen man die Abzweigung des Fadens von der Axenfaser schon durch die Breite mehrerer Muskelquerstreifen

verfolgen kann, ehe derselbe in die Endknospe selbst eintaucht. Soll ich aber sagen, woran mich diese Bilder am meisten erinnern, so sind es gangliöse Apparate, wie sie bei der täglich zunehmenden Kenntniss der Nervenendigungen auch anderer Orte, nun schon so vielfach, neuerdings noch durch Tomsa in der Glans penis, als Einschiebungen vor der letzten Endigung der Nervenfasernachgewiesen sind. Denn ausdrücklich möchte ich an dieser Stelle noch betonen, dass ich die Endknospen immer nur dem Axenfaden seitlich aufsitzen, nie an seiner Spitze gesehen habe: eine Abweichung von den Angaben Kühne's, die sich sehr leicht aus der so viel grösseren Klarheit und Sicherheit der Silberpräparate erklärt gegenüber den frischen Objecten, die bekanntlich zu den delicatsten der ganzen Histologie gehören. Ist diese Auffassung richtig, haben wir auch hier einen gangliösen Apparat vor uns, der dem Axenfaden vor seiner letzten Endigung interpolirt ist, dann verliert auch die Thatsache alles Ueberraschende, dass eine Abzweigung des Axenfadens in die gangliöse Bildung hineintritt, um hier in einem rundlichen Bläschen, so zu sagen, dem Kernkörperchen, zu endigen.

Es ist unter diesen Umständen leicht begreiflich, dass ich ganz besondere Aufmerksamkeit darauf richtete, ob sich nicht an den Endplatten der Reptilien mit Hülfe der Silbermethode den Endknospen der Frösche analoge Bildungen constatiren liessen, die Kühne allerdings an frischen Objecten vermisst hat. In der That gelingt es, an den Silberpräparaten von Eidechse und Schlange mit grosser Constanz, runde, zart contourirte Bildungen nachzuweisen, die in Ausbuchtungen der geschlängelten Linien belegen sind, immer nur in sparsamer Zahl, aber doch eine oder zwei in fast jedem Präparate (Fig. 2 u. 3, d). Wenn ich noch besonders hervorhebe, dass ich vor einer Verwechselung dieser Körperchen mit den oben erwähnten, in tieferem Niveau belegenen, grossen Kernen mit glänzendem Kernkörperchen sicher bin, so ist diess allerdings Alles, was ich in dieser Beziehung mittheilen kann; denn einerseits habe ich irgend eine genauere Structur an diesen Körperchen nicht erkennen können, andererseits sind auch, nachdem ich in den Silberpräparaten dieselben beobachtet hatte, meine

Bemühungen, sie im frischen Zustande zur Anschauung zu bekommen, ganz so erfolglos geblieben, wie die Kühne's. Nichtsdestoweniger aber möchte ich, bei der unvergleichlichen Schärfe und Sicherheit der mit der Silbermethode gewonnenen Bilder, keinen Anstand nehmen, diesen so constant vorkommenden Bildungen einiges Gewicht beizulegen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel V.

Fig. 1. Muskelfaser mit Nervenendigung aus dem Gastrocnemius von *Rana esculent*. a Endbusch des dunkelrandigen Nerven. b Intramuskuläre nackte Axenfasern. c Neurilemmakern. d Nervenendknospen. e Muskelkernlücken. f Endknospe mit centralem Faden und bläschenförmiger Anschwellung des letzteren.

Fig. 2. Muskelfaser mit Endplatte aus dem Oberschenkelmuskel von *Lacerta agilis*.

Fig. 3. Muskelfaser mit Endplatte aus dem schmalen Unterhautmuskel von *Colub. natr.* (vgl. Kühne, dies. Arch. Bd. XXX. S. 204). Die Bezeichnungen sind in beiden Figuren dieselben. a Dunkelrandiger Nerv. b Verästelung der intramuskulären Endplatte. c Neurilemmakerne. d Den Endknospen analoge (?) Körperchen.

In Fig. 3. sind die tiefer gelegenen grossen Kerne mit glänzendem Kernkörperchen, die gerade hier ungemein deutlich waren, nicht wiedergegeben, weil sie nicht in demselben Niveau mit der Endplatte sichtbar waren und nur die Uebersichtlichkeit und Treue der Zeichnung hätten beeinträchtigen können.

Sämmtliche Zeichnungen sind mit dem Zeichnenprisma bei einer Vergrösserung von 420 copirt. Leider hat aber der grösseren Leichtigkeit der Wiedergabe mittelst des Kupferstiches ein Opfer in der Treue der Darstellung gebracht werden müssen. Während nämlich in Wirklichkeit alle in den von der Silberlösung nicht tingirten Stellen hervortretenden Contouren, hier also die des Neurilemms und Sarcolemms, die der Markscheide im dunkelrandigen Nerven, der Muskel- und Neurilemmakerne, endlich die Contouren der Endknospen, ganz wie gewöhnlich, d. i. schwarz, erscheinen, sind dieselben in der Tafel V mit dunkelbrauner Farbe wiedergegeben. Der Leser wolle diesen Umstand bei der Würdigung der Abbildungen gütigst berücksichtigen.