Aus der anatomischen Anstalt zu Breslau.

Die Nervenendigungen im Musculus stapedius mit besonderer Berücksichtigung der bei der Färbung angewandten Technik.

Von

cand. med. **Paul Krebs.**

Hierzu Tafel XXXV und eine Textfigur.

Inhaltsübersicht.

- A. Einleitung.
- B. Technik.
 - I. Methylenblaufärbung,
 - II. Goldchloridfärbung.
- C. Ergebnisse der
 - I. Methylenblaufärbung:
 - 1. motorische Nervenendigungen,
 - 2. sensible Nervenendigungen,
 - 4. Gefässnerven.
 - II. Goldchloridfärbung:
 - 1. motorische Nervenendigungen,
 - 2. sensible Nervenendigungen.
- D. Zusammenstellung der Resultate beider Färbungen und deren Vergleich:
 - 1. mit den Resultaten an anderen Objekten,
 - 2. untereinander.

A. Einleitung.

Veranlasst durch die in letzter Zeit erschienenen Arbeiten mehrerer Forscher über die verschiedensten Arten von Nervenendigungen in den einzelnen Organen der wirbellosen wie Wirbeltiere, sowie besonders angeregt durch die von der hiesigen medizinischen Fakultät ausgeschriebene Preisaufgabe: „Die Nervenendigungen im Musculus stapedius“ machte ich mir zur Aufgabe, die Nervenendigungen in diesem kleinsten Muskel möglichst nach verschiedenen Methoden zu suchen und die an diesem einen Objekte durch die verschiedenen Färbungen gewonnenen Resultate vergleichend näher ins Auge zu fassen; zumal die Forscher, soviel aus der vorliegenden Literatur hervorgeht, bis dahin nur nach der einen oder anderen Methode färbten, und ein solcher Vergleich daher nicht angestellt werden konnte.

Entgegen der Erwartung bot das kleine Objekt wegen der Reichhaltigkeit des Bindegewebes, sowie wegen des in ihm liegenden Sesambeinchens grosse Schwierigkeiten und konnte nur mit verschiedenen Modifikationen der bekannten Methylenblau- und Goldchlorid-Methode gefärbt werden, aus welchem Grunde die Technik in Nachfolgendem für sich einen Hauptabschnitt bildet.

Der mit einigen zum Drucke notwendigen Abänderungen vorliegenden Arbeit, welche ich der hiesigen Fakultät einzureichen die Ehre hatte, wurde der volle Preis zuerkannt.

Zum Studium wurde wegen der Kleinheit des Objektes der Musculus stapedius grösserer Tiere und zwar vom Kalb, Rind, Pferd und Hund benutzt; auch vom Menschen wurde derselbe einige Male zur Untersuchung herangezogen.

Bei der Färbung wurden die verschiedensten Methoden angewendet, von denen jedoch viele versagten, so die Shilersche reine und mit Bezug auf Mazerations- wie Färbungs-Flüssigkeit und Zeitdauer der Behandlung vielfach modifizierte Hämatoxylin-Färbung, obgleich mir diese an Muskeln von *rana esculenta* klare Bilder lieferte. Auch die Golgische Chromsilbermethode blieb trotz vieler Versuche mit allen ihren Modifikationen resultatlos. Nur allein die Ehrlichsche intravitale Methylenblau- sowie die Goldchlorid-Färbung lieferten gute und deutliche Präparate.

B. Technik.

I. Die Ehrlichsche intravitale Methylenblau-methode, wie sie Dogiel (1) angibt, war der Ausgangspunkt der Versuche. Wegen der Kostspieligkeit des lebenden Materials musste jedoch von vornherein von der Injektion der Farbelösung in die Blutbahn Abstand genommen und die Färbung an dem bereits herauspräparierten Objekte vorgenommen werden. Um nun eine möglichst intravitale Färbung zu Wege zu bringen, wurden auf dem hiesigen Schlachthofe aus frisch geschlachteten gut ausgebluteten Tieren die Muskeln möglichst schnell herauspräpariert. Dieses geschah auf folgende Weise. Nachdem mit einer Knochenschere der processus mastoideus eröffnet worden war, wurden die Zwischenwände der cellulae mastoideae bis auf den canalis facialis Fallopii hinweggeräumt. Hierauf wurde der äussere Gehörgang bis zum Trommelfelle abgemeisselt, so dass nach

Wegräumung auch des Trommelfelles, Hammers und Ambosses, der Steigbügel an seiner Sehne hängen blieb. Nunmehr wurde in den canalis facialis eingedrungen, das diesen von der Höhle des musculus stapedius trennende Septum durchbrochen und der musculus stapedius selbst mit einer stumpfen Nadel von seiner knöchernen Umhüllung losgehebelt. Die Präparate mussten grösstenteils unter der Lupe herausgearbeitet werden. Köpfe von jungen Tieren wurden bevorzugt, einmal wegen der leichteren Präparation des sonst sehr schwer unverletzt zu erhaltenden Muskels, andererseits aber auch, weil Präparate von jungen Tieren sich leichter färbten.

Wurde genau nach Dogiels (1) Vorschrift gefärbt, d. h. das Objekt auf Glaswolle in eine Glasschale gelegt und bei 37° C. im Thermostaten zuerst mit einer $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ prozentigen und dann von Zeit zu Zeit mit einer $\frac{1}{15}$ prozentigen Methylenblaulösung angefeuchtet, so war auch bei der peinlichsten Sorgfalt, die Randzone, besonders aber die zu unterst liegende Hälfte stark überfärbt, während die innere Partie zumeist keine Spur von Färbung aufwies, so dass nur selten und dann noch sehr undeutliche Bilder von grösseren Nervenstämmen und deren Verästelungen hervortraten. Nervenendigungen konnten auf diese Weise mit Sicherheit nicht nachgewiesen werden. Es musste nun versucht werden, das ganze Präparat mit einer möglichst schwachen Methylenblaulösung tunlichst gleichmässig und gleichzeitig zu imbibieren. Dieses gelang nach mannigfachen Misserfolgen und Versuchen durch folgende Modifikation.

Die Präparate wurden auf dem Schlachthofe in ein Schälchen mit $\frac{1}{15}$ prozentiger Methylenblaulösung die auf ca. 37° C. erwärmt war, gelegt. Hierin wurden sie gut verschlossen und möglichst vor Abkühlung geschützt zur weiteren Bearbeitung in das Laboratorium gebracht. Das Schälchen wurde nun auf ein Wasserbad von ca. 40° C. und mit diesem in ein Vakuum gesetzt. Letzteres wurde vermittels einer Wasserluftpumpe in einem Exsikator hergestellt. Unter allmählich ansteigendem Wasserdrucke blieben die Objekte ca. 25 Minuten im Vakuum. Bläschen, die den Präparaten entströmten, zeigten, dass die Lösung eindringe. Nun wurden die Objekte herausgenommen und sofort auf ein mit einem gazeartigen Baumwollengewebe überspanntes Becherglas

gebracht, in das, um die Austrocknung der Objekte zu verhindern, etwas physiologische Kochsalzlösung gegossen war. Dieses Becherglas wurde bei ca. 37° C. im Thermostaten gehalten und mit einem grösseren Becherglase so überstülpt, dass Luft freien Zutritt zu den Präparaten hatte. Von Zeit zu Zeit wurden diese mit einer $\frac{1}{20}$ prozentigen Methylenblaulösung angefeuchtet. Bildeten sich Tropfen von überschüssiger Lösung, so wurden dieselben bald von dem Baumwollengewebe aufgesogen, wodurch eine Überfärbung auf der Unterseite vermieden wurde. Die Lösung zum Anfeuchten stand stets neben den Objekten im Thermostaten, damit eine Temperaturschwankung beim Anfeuchten ausgeschlossen und so dem lebenden Gewebe möglichst ähnliche Verhältnisse geschaffen wurden. Auf diese Weise wurden die Objekte ca. 2— $2\frac{1}{2}$ Stunden gefärbt.

Von der Fixierung in pikrinsaurem Ammonium musste von vornherein abgesehen werden, da es ganz unmöglich war, die kleinen, überaus festen und bindegewebsreichen Muskeln mechanisch auch nur annähernd so weit zu isolieren, wie es zu einer, wenn auch nur oberflächlichen Betrachtung, notwendig gewesen wäre. Eine Isolierung auf chemischem Wege verbot sich wegen der damit verbundenen Schädigung der Färbung von selbst. Die Fixierung der Objekte wurde daher mit einer 7 prozentigen molybdänsauren Ammoniumlösung, die bis auf 0° C. abgekühlt war, vorgenommen. Dieser Fixierungsflüssigkeit wurde nach Bethes Vorschrift, um ihr eine oxidierende Wirkung zu geben, welche eine intensive Färbung der Nerven verursacht, auf je 10 ccm 1 ccm H_2O_2 und ein Tropfen HCl hinzugefügt. Das Volumen der Fixierungsflüssigkeit übertraf das der Objekte um das ca. 150—200fache. Objekte, die in reiner molybdänsaurer Ammoniumlösung, d. h. ohne Zusatz von H_2O_2 und HCl fixiert waren, wie Dogiel es in der Enzyklopädie für mikroskopische Technik empfiehlt, waren, obgleich sie vollständig gleichmässig und gleichzeitig wie die nach Bethe behandelt wurden, nicht brauchbar. Sie zeigten meistens eine diffuse Färbung aller Gewebs-elemente mit einer nur schwachen Hervorhebung der Nerven. Nervenendigungen waren nur selten zu sehen. Dieser Unterschied in den Resultaten lässt sich wohl dadurch erklären, dass bei der Durchtränkung der Objekte mit der Methylenblaulösung im Vakuum der zur Färbung nötige Sauerstoff der Luft fehlte, oder nur sehr

spärlich vorhanden war, nun aber durch die oxidierende Wirkung des H_2O_2 in der Fixierungsflüssigkeit bei den einen Objekten ersetzt wurde, während diese Wirkung bei den anderen, ohne H_2O_2 fixierten Objekten, ausblieb.

In der Fixierungsflüssigkeit verblieben die Objekte ca. 12 Stunden, worauf sie in fließendem, destilierten Wasser ca. eine Stunde gut ausgewaschen wurden; darauf kamen sie zur Entwässerung auf eine Stunde in 75 prozentigen und auf eine weitere Stunde in 96 prozentigen Alkohol. Hierauf wurden sie durch Bergamottöl in Xylol gebracht und nun unter der Luftpumpe in Paraffin eingebettet. Die Einbettung wurde unter der Luftpumpe vorgenommen, weil hierdurch die Durchtränkung eine bedeutend schnellere und vollständigere ist, und die Überführung durch Chloroform und Chloroformparaffin umgangen wird, welche bei den Kontrollpräparaten auf die Färbung schädlich eingewirkt zu haben schien. Man nimmt an, dass die Anwendung von zu reichlichen Flüssigkeitsmengen die Farbe ausspüle.

15 bis 20μ dicke Schnitte zeigten zerstreut motorische Nervenendigungen, bei dickeren Schnitten, welche Übersichtsbilder liefern sollten, war das Gesichtsfeld meistens so verdunkelt, dass die Nerven nur angedeutet waren. Um nun gute Übersichtsbilder zu erhalten, wurde ein kleiner Kunstgriff angewendet. Die Schnitte nämlich, welche eine grössere Anzahl von Nervenendigungen im Zusammenhange mit den Nervenstämmchen enthalten sollten, wurden, ca. 30μ stark durch Xylol vom Paraffin befreit und auf ungefähr acht Tage in dickflüssiges Damarharz gebracht, damit sie davon gut durchzogen und aufgehellte wurden. Ein Zerfallen der Schnitte ist wegen des Bindegewebsreichtumes nicht zu befürchten, zumal auch die vorherige Behandlung mit Bergamottöl die Präparate vor Sprödigkeit schützt. Nach dieser Zeit wurden die Schnitte mit dem Spatel auf eine weisse, ganz glatte Porzellanplatte übertragen und, nachdem sie sorgfältigst entfaltet waren, durch Rollen eines glatten, reinen Glasstäbchens, welches stets mit Xylol angefeuchtet war, unter leichtem Drucke ausgebreitet. Auf diese Weise wurden überraschend klare Bilder grösserer Nervenstämmchen mit deren Ästchen erhalten, an welchen die Nervenendigungen zahlreich und deutlich hervortreten. Dass die Nervenendigungen durch das Ausrollen der Schnitte bei

mässigem Drucke nicht gelitten hatten, lehrte ein Vergleich mit den Bildern ungewalzter Schnitte.

Von einer Entkalkung des in dem musculus stapedius vorkommenden Sesambeinchens musste abgesehen werden, da die Färbung, trotz der verschiedensten Methoden, die dabei eingeschlagen wurden, entschieden litt. Es blieb daher nur übrig, die Unannehmlichkeiten dieses kleinen Hindernisses mit in den Kauf zu nehmen. Leider wurden viele Präparate dadurch verdorben oder entstellt, dass Partikelchen dieses Knochens beim Schneiden in die Gewebe gepresst wurden.

II. Die Goldchloridmethode war, wie bereits einleitend bemerkt wurde, die zweite Methode, welche positive Resultate ergab.

Die ersten Versuche nach dieser Richtung hin wurden, angeregt durch die Arbeit von Grabower 12, nach der von ihm auch benutzten Löwit-Bremerschen Methode mit und ohne die von ihm empfohlenen Modifikationen bezüglich der Konzentration des Goldchlorides und der Zeitdauer der Einwirkung desselben wiederholt gemacht, leider aber ohne Erfolg beim musculus stapedius; während gleichmässig bearbeitete Kontrollpräparate von anderen Muskeln deutliche Bilder gaben. Es wurde nun nach den verschiedensten Methoden gearbeitet, so nach der einfachen Cohnheimschen, nach der von Fischer, Golgi, Retzius, Mays, Pianese, Ranvier und auch nach der Apathyschen Nachvergoldung, aber stets mit demselben negativen Resultate. Der Erfolg scheiterte wohl zumeist an der Schwierigkeit, das bindegewebsreiche Objekt genügend zu isolieren. Es wurde daher versucht, Schnitte anzufertigen, und zwar Paraffin- und Celloidin-Schnitte, jedoch ohne Erfolg, denn, wenn die Färbung der Präparate gelungen zu sein schien, so verdeckten bei diesen Schnitten, bei denen die Gewebe durch das Einbetten meistens etwas geschrumpft waren, die vielen Kerne der Scheide des ausserordentlich dichten, intermuskulären Nervenplexus das ganze Bild so stark, dass an eine Differenzierung der einzelnen Elemente nicht zu denken war. Andererseits aber waren die äusseren Partien stets überfärbt, während die Mitte des Präparates fast keine Färbung erkennen liess. Dieser Umstand ist wohl dadurch zu erklären, dass teils durch das dem

Muskel stets anhaftende Endost das Eindringen des Goldchlorides verhindert oder vielmehr verzögert wurde, und andererseits gerade durch das langsame Eindringen durch diese Membran die Eiweiss-substanz in der Peripherie des Muskels mehr Zeit zur Coagulation durch das Goldchlorid hatte, als unter gewöhnlichen Verhältnissen, wodurch dann wiederum das Vordringen des Goldchlorides nach dem Zentrum des Objektes unmöglich war. Wurden, um diesem Umstande abzuhelpen, vor der Imprägnierung mit Goldchlorid, Schnitte mit dem Gefriermikrotome oder dem Rasiermesser angefertigt, so zerfielen dieselben, wenn sie so dünn hergestellt waren, dass es möglich gewesen wäre, sie nach der Färbung gleich zu betrachten; andererseits waren die Bilder zu jedem genaueren Studium zu dunkel, wenn die Schnitte dicker angefertigt wurden. Es musste die Isolierung daher auf chemischem Wege bewerkstelligt, oder auf diese Weise die mechanische Isolierung mindestens erleichtert werden. Durch die Behandlung mit den verschiedensten Mazerationsflüssigkeiten und Säuren wurden jedoch die Bilder grösstenteils zerstört. Deshalb wurde der Versuch gemacht die Reduktion des Goldchlorides mit einer möglichst ausgiebigen Mazeration des Bindegewebes zu vereinigen. Dieses gelang mit Hilfe verdünnter Salzsäure unter gleichzeitiger Anwendung höherer Wärmegrade. Die Salzsäure gab, da sie auf die Kerne destruierend einwirkt, mässig angewandt, ein gutes Differenzierungsmittel ab.

Die Objekte wurden demnach wie folgt behandelt: ca. 20 Stunden nach dem Tode des Tieres wurden die Muskeln in der bereits oben geschilderten Weise herauspräpariert und in ein Gemisch von 1 Vol. Teil Ameisensäure und 3 Vol. Teilen Wasser gebracht, worin sie ca. 5 Minuten verblieben. Während dieser Zeit wurden sie mit einem Glasstäbchen dünn ausgewalzt. Die Objekte wurden dabei transparent. Hierauf kamen sie im Dunkeln in eine Lösung von 4 Vol. Teilen $\frac{1}{2}$ prozentigem aurum chloratum fuscum, welches in einer hellen Flasche tagelang dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen war, und 1 Vol. Teil Ameisensäure. Dieses Gemisch war vorher zum Sieden gebracht und wieder abgekühlt worden, eine Maßregel, welche nach Ranvier die elektive Wirkung des Goldes auf die Nerven, sowie eine grössere Reduktionsfähigkeit desselben bewirken soll. Das vorherige Sonnen des Goldchlorides hat nach

Apathy denselben Zweck. In dieser Flüssigkeit wurden nun die Präparate in einen Exfikator gebracht und dieser durch eine Wasserluftpumpe recht schnell und so lange evakuiert, bis keine Bläschen mehr aus den Objekten aufstiegen. Darauf wurden sie, stets unter Lichtabschluss in eine Lösung von 1 Vol. Teil Ameisensäure und 3 Vol. Teilen Wasser gebracht, worin die Reduktion allmählich vor sich ging. Die Präparate nahmen hierbei zuerst eine rosa, dann eine dunkelrote und schliesslich eine violette Farbe an. Die vollständige Reduktion wurde jedoch in dieser Lösung nicht abgewartet, sondern die Objekte kamen bereits nach 8 bis 10 Stunden in ein Gemisch von Wasser und Salzsäure, und zwar in dem Verhältnisse von 250 : 1. In dieser Lösung wurden sie nun einige Male bis zum Sieden erhitzt und schliesslich in reinem Wasser aufgekocht, um die Säure zu entfernen. Nach einem jedesmaligen Erhitzen wurde die Flüssigkeit möglichst bis auf 0° C. abgekühlt; eine Maßregel, durch welche das im kochenden, angesäuerten Wasser in Leim verwandelte Bindegewebe seine Zähigkeit und Klebefähigkeit einbüsst. Es durfte jedoch durch zu häufiges Aufkochen die Mazeration nicht zu weit getrieben werden, da dadurch die Reduktion des Goldchlorides zu stark wurde, und das Gold in schwarzen Körnchen das ganze Präparat verdunkelte. Ein Maßstab für die genügend starke Reduktion war die Verfärbung der Präparate aus dem Dunkelviolett ins Dunkelbraune. Sobald beim Kochen die Präparate dunkelbraun geworden waren, wurde die Reduktion durch Überführung der Muskeln in 75 prozentigen Alkohol unterbrochen, in dem sie 48 Stunden verblieben. Jedoch auch bei der peinlichsten Sorgfalt war es nie mit Bestimmtheit voraus zu sehen, dass die Reduktion auch gut zu Ende geführt und sicher gute Resultate erzielt waren, ein Umstand, der wohl der Launenhaftigkeit der Goldmethode grösstenteils zugeschrieben werden muss. Recht oft verderben aber auch die gut gelungenen Präparate noch nachträglich während des Aufenthaltes im Alkohol, trotz völligen Lichtabschlusses. Aus dem Alkohol kamen sie auf 2 bis 3 Wochen in 20 prozentiges ameisensaures Glyzerin, wo sie etwas entfärbt und auch noch weiter mazeriert wurden. Auf diese Weise reduzierte und mazerierte Präparate waren jedoch noch lange nicht so leicht zu isolieren, wie jeder andere beliebige quergestreifte Muskel von Säugern, der nach der gewöhnlichen Löwitschen

Methode behandelt worden war. Die Objekte wurden daher zuerst zwischen zwei Objektträgern gepresst und nachdem sie breitgedrückt waren mit Nadeln zerzupft.

C. Ergebnisse.

I. Bei der Durchmusterung der mit Methylenblau angefertigten Präparate zeigte sich, dass der aus sehr kleinen Fasern zusammengesetzte musculus stapedius sehr stark von Nerven-geflechten durchzogen ist, was besonders bei Querschnitten auffällt. Von Nervenendigungen sieht man in dem Muskel selbst:

1. motorische Endapparate. Diese zeigen den typischen Charakter der bereits von Dogiel (1, 2), Huber (16) und anderen Autoren mit der Methylenblaufärbung gefundenen und von ihnen beschriebenen Endverästelungen. Solche motorische Nervenendigungen sind in den Fig. 1—5 wiedergegeben.

Fig. 1 ist einem Schnitte entnommen bei dem an einer Stelle nur einzelne Muskelfasern der Länge nach getroffen sind. Die Nerven und Nervenendigungen treten hierdurch deutlich hervor, so dass man besonders an diesem Präparate ein klares Übersichtsbild über einen grösseren Nervenplexus und über ca. 20 motorische Nervenendigungen erhält. Von links und rechts her treten je ein grösserer Nervenstamm an die Muskelfasern heran. Sie zerteilen sich im Bereiche derselben in Äste und diese wiederum in Zweige, die miteinander anastomosieren. Aus diesem so entstandenen Plexus entspringen feine, nur aus einer Faser bestehende Ästchen, die an die Muskelfasern herantreten und sich dort als Endigungen ausbreiten. Anscheinend erhält eine jede Muskelfaser ihr eigenes Ästchen. Zwischen den von links und rechts her kommenden Nervenstämmen sind ebenfalls deutliche Anastomosen zu erkennen.

An der Stelle, an welcher der Nerv an die Muskelfaser herantritt, um sich an derselben als Endigung auszubreiten, sieht man bei stärkeren Vergrösserungen mitunter eine Erhebung, den schon von dem französischen Forscher Doyère (13) im Jahre 1840 an Muskeln von *Arctiscoide* beschriebenen Nerven Hügel, nach ihm Doyèrescher Hügel benannt. Die Endigungen selbst, welche als direkte Fortsätze des Achsenzylinders zu erkennen und wie dieser in gut gelungenen Präparaten tief blau gefärbt sind, zeigen grösstenteils eine baumartige Verästelung, bei der jedoch nicht

selten die einzelnen Zweige untereinander bald durch feine Fäden, bald durch größere Brücken anastomosieren, sodass man bei seinen Endverästelungen oft ein netzartiges Gebilde zu sehen bekommt (Fig. 2). Eine Struktur der einzelnen Endäste ist auch mit den stärksten Vergrößerungen nicht nachweisbar; vielmehr haben sie dasselbe homogene Aussehen, wie der Achsenzylinder selbst. Zwischen und um die Endverästelungen herum sieht man bisweilen Anhäufungen von kleinen Körnchen, besonders bei feinmaschigen Endnetzen, die oft so fein verteilt sind, dass man einen nebelartigen Hof um die Endigung erblickt. Es sind diese Körnelungen bereits von Cuccati (15), Retzius (17), Kühne (18, 19), Feist (20) und andere Autoren beschrieben worden.

Ferner fanden sich feine Ausläufer, die von der Nervenendigung ausgehend in das Sarkoplasma eindringen, eine bereits von Alex Foettinger (23) nachgewiesene, dann auch von Bremer (21), Gerlach (36), Grabower (12) mit der Goldchloridfärbung bestätigt gefundene Tatsache. Figur 3 zeigt diese Ausläufer. Dieselben gehen direkt aus der Endplatte hervor und sind ebenso wie der Achsenzylinder gefärbt. Man sieht sie bereits bei ca. 400facher Vergrößerung; ganz deutlich werden sie bei Beobachtung mit der Öl-Immersion. Dass man diese Beobachtung nicht bei allen motorischen Endplatten macht, liegt wohl nicht zum geringsten Teile daran, dass wir die Färbungen noch lange nicht derart in unserer Macht haben, dass wir auch gewiss sind, stets alles gefärbt zu haben und uns oft auf Zufälligkeiten verlassen müssen, zumal bei so zarten Gebilden und auf einem Gebiete der Histologie, von dem Kühne sagt, dass es zu den schwierigsten im Bereiche der histologischen Forschung gehöre. Auch bietet sich nicht jede Endigung dem Beobachter so günstig, dass die etwa gefärbten Ausläufer stets gesehen werden könnten.

Die Nervenscheiden sind bei der einfachen Methylenblaufärbung nicht zu sehen. Da dieselben jedoch zur Erörterung der Fragen, ob die Nervenendigungen auf oder unter dem Sarkolemm liegen, resp. ob das Neurilemm kontinuierlich in das Sarkolemm übergehe, oder auch die ganze Nervenendigung in einer sackartigen Erweiterung, wie Krause (25) es meint, überziehe, zu Gesicht gebracht werden mussten, wurde bei besonders dünnen Schnitten die Gegenfärbung mit Alaunkarmin vorgenommen und so die Kerne der Scheide und damit auch deren Lage zum End-

apparate sichtbar gemacht. Figur 3 ist aus einem Schnitte entnommen, der parallel zur Muskelfaser geführt war, sie stellt eine an ziemlich isolierter Stelle liegende, motorische Endigung im Profil dar. Die Muskelfaser ist aus irgend einem Grunde gerissen und hat sich im Sarkolemm Schlauche beiderseits zurückgezogen. Scharf an der einen Abrissstelle liegt die motorische Endigung der Muskelfaser an. Man sieht, dass den in die Endplatte endigenden Nerv beiderseits deutliche ovale Kerne begleiten, die Kerne der Nervenscheide. Dieselben gehen nach der Abrissstelle der Muskelsubstanz zu über die motorische Endigung hinweg, und zwar liegen sie mit ihrer Längsachse in der Richtung der Muskelfaser. Die Kerne müssten aber auch unter der Endplatte sichtbar sein, wenn Krause (25), wie bereits oben erwähnt, Recht hätte, oder, wenn, wie Chr. Shiler (37) behauptet, das Neurilemm die Nervenendigung vollständig umschlösse. Solche Kerne aber, die unter der Endigung liegen, wurden weder bei diesem noch bei anderen Längsschnitten gesehen. Auch die angefertigten Querschnitte, von denen einige in den Figuren 4 und 5 abgebildet sind, lassen solche Kerne gänzlich vermissen. Die Muskelsubstanz weicht bei einzelnen Präparaten sogar etwas zurück, so dass die Nervenendigung der Muskelsubstanz nicht nur direkt anliegt, sondern sich gewissermassen in sie hineinschiebt (Fig. 5). Dunkle, rosa gefärbte, zumeist nicht scharf umschriebene, unter der Endigung erscheinende Stellen entpuppen sich beim Gebrauche der Mikrometerschraube als nicht direkt unter der Endigung, d. h. zwischen der Muskelfaser M und den Endästen E gelagerte Kerne, sondern als solche, die auf der oberen und unteren Seite der Muskelfaser diese umfassenden Nervenendäste begleiten. Sie kommen daher deutlich zu Gesicht, wenn man die untere Fläche des Präparates mit den Kernen K_2 einstellt, und verschwinden, oder werden undeutlicher, wenn man die obere Fläche mit den Kernen K_1 betrachtet (siehe Textfigur).

Shiler (37) führt in seiner bereits oben erwähnten Arbeit weiter aus: „Ich sagte mir, wenn die Endigungen auf dem Sarkolemm liegen, sollte es gelingen können, dieselben durch Hin- und Herschieben des Deckglases abzustreifen.“ Um nun die am musculus stapedius gemachten Beobachtungen noch nach dieser Richtung hin zu prüfen, wurden Froschmuskeln genau nach Shilers Vorschrift behandelt; es konnten jedoch Präparate, wie

sie dieser Autor als beweisend für die epilemmale Lage beschreibt, auch bei der peinlichsten Befolgung seiner Vorschriften, nicht erzielt werden. Alle, auch an solchen Präparaten gemachten Beobachtungen sprachen für die hypolemmale Lage, worauf ich in einer späteren Abhandlung noch zurückkommen werde. Shiler selbst hat solche total abgelösten Endigungen nur einmal herstellen können. Er sagt darüber: „Ich hatte in diesem Falle die Muskelfaser ziemlich stark mit Essigsäure behandelt und dann das Deckglas über die Endigung hin und her geschoben. Doch kann ich nicht nach Belieben solche Präparate erzielen.“

Auch gewisse charakteristische Veränderungen der Muskelfaser sind mitunter an der Ansatzstelle des Nervenendapparates zu sehen. Grabower (12) schreibt darüber: „Bei einem Endhügel sieht man, wie um die Endigung herum die Muskelfasern halbkreisförmig verlaufen“, eine Beobachtung, die sich sowohl an Methylenblau-, wie an Goldchlorid-Präparaten bestätigte.

2. An sensiblen Endapparaten wurden uneingekapselte und eingekapselte gefunden (Figur 6—8). Figur 6 zeigt eine dicke markhaltige Nervenfaser an der Grenze des Muskelgewebes und der Sehne des Sesambeines, doch bereits in der Sehne selbst liegend. Diese Nervenfaser teilt sich mehrere Male dipotomisch, und jeder Ast zerfällt wiederum in kleinere Ästchen, welch' letztere sich abermals in immer kleinere

Zweige spalten. An den äussersten Spitzen der kleinsten Zweige befinden sich teils zackige, teils runde, teils gelappte, blattartige Endknöspchen, sodass das Ganze das Aussehen eines breitkronigen, vielverästelten, belaubten Baumes gewährt. Bei genauer Beobachtung fällt auf, dass die Blättchen oft untereinander anastomosieren. Dogiel (2) beschreibt ähnliche Endigungen. Nach seiner Beobachtung liegen diese beim *musculus transversus abdominis* und beim *musculus rectus abdominis* jedoch nicht direkt im Sehngewebe selbst, sondern sie verbreiten sich erst in den Bindegewebssepten zwischen den Muskeln, nachdem der Nerv das Sehngewebe durchlaufen hat, wie seine Figuren 11, 12 und 13 es zeigen. Sensible Nervenendigungen von ganz ähnlichem Typus fand Dogiel auch unmittelbar unter dem Pericardendothel am Vorhofs eines Katzenherzens.

Figur 7 zeigt ebenfalls eine markhaltige Nervenfasern, die jedoch in ihrem Verlaufe, sowie in ihrer Ausbreitung ein anderes Bild zeigt. Die Nervenfasern, die aus einem dicken Nerven stammt, durchquert das Sehngewebe der eigentlichen Sehne des *musculus stapedius* bis zur Grenze zwischen Muskel und Sehngewebe. Hier breitet sie sich ebenfalls aus, aber nicht direkt in der Sehne, sondern bereits in dem Bindegewebsseptum des *musculus stapedius*. Die Endigung selbst erhält hierdurch eine langgestreckte Form, während die vorhin beschriebene eine breite Krone hatte. Auch erscheinen die Endknöspchen mehr abgerundet und kleiner. Ob jedoch diese Endigungen reine Sehnenendigungen sind, oder in dem Bindegewebe der Sehnen liegen, konnte nicht festgestellt werden. Beide Endapparate haben keine Kapsel.

Figur 8 zeigt dagegen einen eingekapselten, sensibeln Endapparat, der einige Ähnlichkeit mit den Vater-Pacinischen Körperchen hat und aller Wahrscheinlichkeit nach den Sehnenkörperchen, welche Ruffini (26) und Timofeew (27) an dem Übergange von Muskel- und Sehnen-Gewebe nachgewiesen haben, entspricht. Die markhaltige, auffällig dicke Nervenfasern, die in dieses Körperchen endigt, hat sehr deutlich hervortretende, aber in weiten Zwischenräumen voneinander liegende Schnürringe. Sie zweigt sich noch im Bereiche des Muskelgewebes von einem starken Nervenstamme ab, durchzieht eine Strecke weit gegen die Randpartie des Muskelgewebes hin das intermuskuläre Bindegewebe und endet hart an der Grenze zwischen

Muskel und Sehne als Endkolben in einer Kapsel, die aus vielen konzentrischen Bindegewebslamellen zusammengesetzt ist. Nach Eintritt in diese Kapsel verliert die Faser ihr Mark und durchkreuzt nach mehreren Richtungen hin den Innenraum der Kapsel, bald Knötchen bildend, bald sich fadenförmig verdünnend, bald feinere, bald gröbere Anastomosen zeigend.

3. Auch Gefässnerven konnten im musculus stapedius mit der Methylenblau-Methode nachgewiesen werden. Figur 9 zeigt solche Nerven. Dieselben sind so angeordnet, dass von zwei Hauptsträngen aus die neben den Gefässen laufen, das Gefäss durch kleine und kleinste Ästchen netzartig umstrickt wird. Diese Netzfädchen sind mit kleinen Knötchen besetzt, sodass das Ganze das Aussehen eines Geflechtes aus Perlschnüren macht. Wie diese Nerven jedoch mit den einzelnen Geweben der Gefässe in Verbindung stehen, konnte leider nicht nachgewiesen werden.

II. Durch die Goldchloridmethode erhaltene Präparate zeigten:

1. motorische Nervenendigungen von demselben Typus, wie sie bereits von vielen Autoren Kühne (18, 19), Bremer (21), Fischer (29) u. a. m. beschrieben worden sind. Das, was dem Beschauer zuerst in die Augen fällt, ist der, bei den meisten Endigungen sehr deutlich hervortretende, bereits im ersten Teile der Arbeit genannte Doyèresche Nervenbügel. Kurz bevor der Nerv sich in die Endplatte ausbreitet, verliert er meistens sein Mark, verjüngt sich und verbreitert sich dann auf den Muskelfasern in kolbenartige Ausläufer, die dann nicht selten ihrerseits noch gelappte oder keulenförmige Äste abgeben. Mitunter anastomosieren diese Äste untereinander; oft aber sieht man auch einzelne ganze Zweige oder Stücke derselben, ohne jeden Zusammenhang mit den umliegenden Verästelungen (Figur 11–13), ein Umstand, den man der Launenhaftigkeit der Goldchloridfärbung zuschreiben kann, indem nämlich die Anastomose zwischen diesen Teilen nicht reduziert ist. Zwischen diesen Endausläufern, die Kühne in seinem Berichte von 1887 wegen ihrer tatsächlich oft grossen Ähnlichkeit mit einem Hirschgeweih, Endgeweih genannt hat, liegt meistens eine im Vergleich zu diesem Geweih etwas hellere, bald mehr bald weniger angehäuften Substanz, die bei Betrachtung mit starken Systemen ein feinkörniges Aus-

sehen hat. Kühne nennt diese Substanz die Plattensohle und verlegt sie unter das Geweih, während Bremer (21), Grabower (12) und andere behaupten, dass sie sich in derselben Ebene wie das Endgeweih befinde. Ob nun die eine oder die andere Ansicht die zutreffende sei, konnte an den Präparaten von *musculus stapedius* auch nicht entschieden werden.

Die granulierte Substanz hebt sich von der etwas heller gefärbten Muskelfaser meistens durch eine scharfe Grenze ab und gibt so der Endigung ein scharf umschriebenes, plattenähnliches Aussehen. Nicht selten sieht man die Muskelfaser am Rande der Platte noch grabenartig vertieft, so dass es den Anschein hat, als ob die Nervenendigung mit ihren Ästen die Muskelsubstanz fest umklammere (Figur 10). Auch hat an solchen Stellen die Längsstreifung der Muskelfaser oft einen bogenförmigen Verlauf, wie ein solcher bereits bei der Besprechung der Methylenblau-Präparate erwähnt wurde. Bei denjenigen Präparaten, bei denen die Mazeration durch die Salzsäure und dadurch auch die Reduktion zu weit getrieben zu sein scheint, treten die Anastomosen der Endarme oft ganz in den Hintergrund, so dass man in der Endplatte zerstreut einzelne Stücke der Endäste sieht.

Die Schwannsche Scheide tritt bei den Goldchlorid-Präparaten meistens deutlich hervor, Figur 10—15, besonders bei Präparaten die möglichst zart, d. h. mit schwacher Goldchloridlösung gefärbt sind. Bei ihnen ist denn auch gerade die hypolemmale Lage der Endigungen deutlich sichtbar. Am deutlichsten aber fällt diese Lage bei denjenigen Präparaten auf, bei denen die Reduktion noch nicht so weit vorgeschritten ist, dass die Platte in ihren Einzelheiten noch unkenntlich, jedoch schon soweit sichtbar ist, dass man ihre Grenze gegenüber der Schwannschen Scheide bereits genau bestimmen kann (Figur 15). Solche Präparate wurden dadurch erhalten, dass in Intervallen von etwa zwei Stunden die Reduktion bei einzelnen Objekten durch Überführung in Alkohol unterbrochen wurde.

Die Bremerschen Endolden wurden an den Präparaten von *musculus stapedius* nicht gefunden. Die Endigungen hatten alle ein mehr oder weniger deutlich umschriebenes plattenartiges Aussehen und zwar meistens der ovalen Form sich nähernd. Auch die von Grabower (12) beschriebenen Endkörperchen, welche er als sensible, den Meissnerschen Tast-

körperchen entsprechende Endigungen ansieht, wurden gefunden und mit den von ihm an Kehlkopfmuskeln gefärbten verglichen. Sie haben ganz das Aussehen der genannten Körperchen, sowohl was die Form als auch was die Stellung der Kerne betrifft (Figur 12). Sie konnten jedoch nicht die Überzeugung hervorgerufen, dass es sich hier um etwas anderes, als um nur zufällig ganz scharf abgegrenzte und oval geformte motorische Endplatten handelt, zumal bei eingehendem Vergleiche mit anderen motorischen Endigungen alle möglichen Übergänge zwischen ausgebreiteten und ovalen Endplatten, zwischen dem ausgesprochenen Hirschgeweih und den quergestellten Kernen konstatiert werden konnten. Die quergestellten Kerne lassen sich vielleicht so erklären, dass durch die bereits erwähnte Unzuverlässigkeit der Goldfärbung die Anastomosen in der Endplatte zum Teil fortgefallen sind, und gerade die übrig gebliebenen quer liegenden Stücke von Endästen gefärbt wurden. Ferner spricht auch die Seltenheit dieser Gebilde (Grabower fand unter 500 Präparaten nur 6) gegen einen spezifischen Charakter derselben. Die Gebilde sind vielmehr motorischer Natur. An Figur 12 ist auch die mit Methylenblau gemachte Beobachtung bezüglich der nervösen Ausläufer aus der motorischen Endplatte in die Muskelsubstanz bestätigt, denn an diesem Präparate sieht man deutlich einen ebensolchen Ausläufer von einem Kerne der Platte ausgehen, der dieselbe Färbung wie der Achsenzylinder und dessen Verästelungen hat.

2. Es wurden mit der Goldchloridfärbung sensible Endorgane in den Sehnen, entsprechend den mit Methylenblau gefundenen, gefärbt (Fig. 16). Während das durch diese Figur versinnbildlichte Präparat eine Sehnenspinde im Golgischen Sinne repräsentiert, wurden in anderen Präparaten die Sehnenspinde durch Zerpupfen in ihre einzelnen Fasern zerlegt. Diese sensiblen Endigungen entsprechen ganz den mit Methylenblau gefundenen, und es gilt bei ihnen das bereits von jenen Gesagte, jedoch mit dem Unterschiede, dass die einzelnen Zweige des mit Gold gefärbten sensiblen Endapparates bedeutend graziler sind. Dieses mag jedoch durch ihre isolierte Lage bedingt sein. Auch sind es hier unstreitig Sehnennerven, da sie beim Zerpupfen der Sehne in ihre einzelnen Fasern auf diesen liegen blieben.

D. Zusammenstellung der Resultate beider Färbungen.

Die Ergebnisse der unter C. geschilderten Resultate sind kurz rekapituliert folgende:

a. Mit Methylenblau wurden gefunden, motorische, meistens netzartige Endigungen (Fig. 1—5). An einem Präparate (Fig. 3) fielen drei Ausläufer auf, die von der Nervenendigung in die Muskelsubstanz eindringen.

Durch Gegenfärbung der Scheidenkerne mit Alaunkarmin wurde die hypolemmale Lage der Endigungen nachgewiesen (Fig. 3—5).

Ferner wurden sensible uneingekapselte Endapparate in dem Sehnen- und intermuskulären Bindegewebe gesehen (Fig. 6 u. 7); ebenso ein eingekapseltes Endkörperchen an der Grenze zwischen Muskel und Sehnengewebe. Dieses hat Ähnlichkeit mit den Vater-Pacinischen Körperchen, es unterscheidet sich jedoch von diesen durch seine geringe Grösse und dünne Kapsel. Es misst im Längs- und Querdurchmesser 35μ ; die Kapsel ist zirka 8μ stark (Fig. 8).

b. Die Goldchloridmethode ergab auch motorische Endigungen (Fig. 10—15), an denen die vorwiegend ovale Form auffällt. Eine dieser Endplatten zeigt einen Ausläufer in die Muskelsubstanz.

Die Schwannsche Scheide tritt bei dieser Methode ohne weitere Gegenfärbung deutlich hervor und lässt die hypolemmale Lage der Endigung deutlich erkennen.

Auch sensible und zwar Sehnennerven wurden mit dieser Methode nachgewiesen. Es sind dieses unstreitig Sehnennerven, da sie beim Zerzupfen der Sehne dieser fest anhaften (Fig. 16).

1. Stellt man nun einen Vergleich zwischen den am musculus stapedius und den bis dahin an anderen quergestreiften Muskeln von Säugern mit Methylenblau gefärbten Nervenendigungen an, so findet man, dass die motorischen Endigungen der Gestalt nach im wesentlichen sich gleichen, wogegen die Grösse derselben, wie auch die der Muskelfasern bedeutend verschieden ist.

Messungen hierüber am musculus stapedius und einem der Augenbewegungsmuskeln desselben Tieres ergaben die folgenden Resultate:

Tabelle I.

Motorische Endigungen im musculus stapedius,
dessen Fasern durchschnittlich 25—30 μ
stark sind.

Lfd. No. der Messung	Länge	Breite
	der motorischen Endigungen	
1.	14 μ	12 μ
2.	20 "	—
3.	17 "	—
4.	19 "	—
5.	16 "	—
6.	20 "	16 μ
7.	16 "	8 "
8.	21 "	12 "
9.	20 "	—
10.	20 "	—
in Sa.	183 μ	48 "

Die Durchschnittsgrösse ist demnach für die motorischen
Nervenendigungen im musculus stapedius: 18,3 μ Länge, 12 μ
Breite.

Tabelle II.

Motorische Endigungen im musculus rect. sup.
oculi, dessen Fasern durchschnittlich 30—45 μ
stark sind.

Lfd. No. der Messung	Länge	Breite
	der motorischen Endigungen	
1.	44 μ	—
2.	36 "	24 μ
3.	40 "	—
4.	40 "	20 "
5.	48 "	20 "
6.	48 "	22 "
7.	49 "	—
8.	44 "	—
9.	42 "	—
10.	47 "	—
in Sa.	438 μ	86 μ

Die Durchschnittsgrösse ist demnach für die motorischen Nervenendigungen im musculus rect. sup. oculi: 43,8 μ Länge, 21,5 μ Breite, mithin mehr als doppelt so gross, wie die der motorischen Endigungen im musculus stapedius.

Huber, Dogiel u. a. haben bei ihren Färbungen auch Muskelspindeln vorgefunden, beim musculus stapedius wurden solche nicht gesehen. Dagegen wurden bei einem Präparate die bis dahin mit Methylenblau noch nicht gesehenen Fortsätze aus der Nervenendigung in die Muskelsubstanz eindringend nachgewiesen. Dogiel (1) schreibt, es sei ihm nicht gelungen, irgend einen anderen Zusammenhang zwischen Muskelsubstanz und Nervenendigung zu konstatieren, als den der einfachen Anlagerung.

Von direkt in der Sehne oder deren Bindegewebe mit Methylenblau gefärbten Nervenendigungen ist in der vorliegenden Literatur, soweit ersichtlich, keine Erwähnung getan. Die von Dogiel beschriebenen ähnlichen Endigungen liegen alle, wie er selbst betont, in einem gewissen Abstände von der Sehne, im intermuskulären Bindegewebe.

Die Goldpräparate vom musculus stapedius, mit denen an anderen Muskeln gewonnenen verglichen, zeigen, was die Gestalt anbelangt, keinen wesentlichen Unterschied, höchstens, dass bei dem ersteren die ovale Endplatte vorzuherrschen scheint, jedoch ist auch hier wiederum die Grösse wesentlich verschieden, was die nachfolgenden Messungen beweisen.

Tabelle III.

Motorische Endigungen im musculus stapedius, dessen Fasern durchschnittlich 30—45 μ stark sind.

Lfd. No. der Messung	Länge	Breite
	der motorischen Endigungen	
1.	32 μ	28 μ
2	44 "	24 "
3.	28 "	22 "
4.	44 "	—
5.	52 "	20 "
6.	40 "	16 "
7.	48 "	26 "
8.	48 "	26 "
9.	48 "	22 "
10.	30 "	18 "
i. Sa.	420 μ	202 μ

Die Durchschnittsgrösse ist demnach für die motorischen Nervenendigungen im musculus stapedius bei Goldpräparaten: $42\ \mu$ Länge und ca. $22\ \mu$ Breite.

Tabelle IV.

Motorische Endigungen im musculus cricoarytaenoideus post., dessen Fasern durchschnittlich $60\text{--}70\ \mu$ stark sind.

Lfd. No. der Messung	Länge	Breite
	der motorischen Endigungen	
1.	$48\ \mu$	$32\ \mu$
2.	$64\ \mu$	$52\ \mu$
3.	$65\ \mu$	$40\ \mu$
4.	$52\ \mu$	$40\ \mu$
5.	$68\ \mu$	$39\ \mu$
6.	$84\ \mu$	$40\ \mu$
7.	$72\ \mu$	—
8.	$48\ \mu$	—
9.	$52\ \mu$	$35\ \mu$
10.	$40\ \mu$	$32\ \mu$
i. Sa.	$593\ \mu$	$310\ \mu$

Die Durchschnittsgrösse ist demnach für die motorischen Nervenendigungen im musculus cricoarytaenoideus post. bei Goldpräparaten: $59,3\ \mu$ Länge und ca. $39\ \mu$ Breite, mithin bedeutend grösser als die mit derselben Methode am musculus stapedius gefundenen motorischen Endplatten.

Die sensiblen Endapparate, welche mit der Goldmethode in den Sehnen gefunden wurden, entsprechen vollständig den in der Histologie von Kölliker (33) abgebildeten Golgischen Sehnenspindeln.

2. Es dürfte nun aber auch nicht uninteressant sein, die mit den beiden Methoden an ein und demselben Objekte gemachten Erfahrungen und gewonnenen Resultate einmal vergleichend näher ins Auge zu fassen, zumal dieses, soweit aus der vorliegenden Literatur hervorgeht, noch von niemanden gemacht ist.

Was die Technik anlangt, so ergibt sich, dass die Methylenblaumethode eine bedeutend sichere und zuverlässigere ist, als

die Goldchloridmethode. Sie ist auch bei weitem nicht so kostspielig und zeitraubend.

Bezüglich der Resultate ergaben sich verschiedene Vor- und Nachteile der beiden Methoden. Betrachtet man die Präparate im allgemeinen, so zeigt sich, dass bei der Methylenblaumethode meistens nur das Nervengewebe gefärbt wird, während die anderen Gewebe gar nicht, oder nur schwach tingiert werden. Das Nervengewebe tritt dadurch auffallend scharf gezeichnet hervor.

Bei der Nervenfärbung mit Goldchlorid werden nicht nur die nervösen Elemente, sondern auch die Muskelsubstanz in ihrer Quer- und Längs-Streifung gefärbt, und zwar oft in demselben Grade, wie der Achsenzylinder der Nervenfasern, wodurch das genauere Studium der Nervenendigungen leicht beeinträchtigt werden kann. Dagegen werden einige Einzelheiten, wie der Doyèresche Hügel, die Plattensohle, die Nervenscheiden durch die Goldfärbung recht deutlich, während dieselben durch die Methylenblaumethode nur äusserst selten und undeutlich zutage treten.

Stellt man nun die eigentlichen Endigungen der Achsenzylinder bei beiden Methoden gegenüber, so sehen beide zumeist wesentlich verschieden aus. Bei der Methylenblaufärbung sind die Endverästelungen grösstenteils sehr fein aber scharf gezeichnet; sie bilden nicht selten recht feinmaschige Netze. Bei einigen findet man auch keulenförmige Verdickungen der Endzweige.

Die Goldmethode zeigt in der Regel nicht so feine und distinkt gezeichnete Bilder. An den Endästen, die nur mitunter und dann in grossen Maschen anastomosieren, erweitern sich die Ausläufer stets kolbenförmig und haben im Vergleich zu den mit Methylenblau gefärbten ein plumperes Aussehen.

Die Grösse der nach der Methylenblaumethode gefärbten Nervenendigungen steht hinter der Grösse der mit Gold erhaltenen Bilder an ein und demselben Objekte durchschnittlich um die Hälfte zurück, wie es sich aus den Tabellen I und III ergibt. Diese Differenzen sind wohl dadurch zu erklären, dass die Behandlung mit Säuren, sowie die Konservierung in Glyzerin die Goldpräparate aufquellen macht, während die Methylenblaupräparate durch die Entwässerung in Alkohol und die Einbettung in Paraffin schrumpfen.

Was nun Kunstprodukte bei dieser oder jener Methode sind, wird man zu entscheiden wohl erst in der Lage sein, wenn

über die Bedingungen, von denen das Gelingen, besonders der Goldpräparate, abhängt, mehr Klarheit herrscht. Jedenfalls kann man wegen der stets gleichmässig ausfallenden Färbung mit Methylenblau diese als die zuverlässigere und durch weniger Kunstprodukte entstellte ansehen, während das, was die Vergoldung liefert, oft noch kritisch gesichtet werden muss. Aus allen diesen Gründen ist daher anzuraten, derartige Forschungen möglichst nach verschiedenen Methoden zu betreiben, da eine für die andere vikarierend eintritt und Kunstprodukte durch Vergleiche leichter ausgeschlossen werden können.

Am Schlusse meiner Auseinandersetzungen bleibt mir nur noch die angenehme Pflicht, dem Herrn Geheimen Medizinalrat Prof. Dr. Hasse, der die Aufgabe stellte, für die Liebenswürdigkeit, mit der er mir die Mittel des hiesigen anatomischen Laboratoriums überliess, sowie dem Herrn Prosektor Dr. Peter und Herrn Prof. Dr. Schaper für die vielfachen Anregungen, die ich ihnen schulde, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

1. Dogiel, A. S.: Methylenblautinktionen der motorischen Nervenendigungen in den Muskeln der Amphibien und Reptilien. Archiv f. mikr. Anat., Bd. XXXV, 1890.
2. Derselbe: Die Nervenendigungen im Bauchfell, in den Sehnen, den Muskelspindeln und dem Centrum tendineum des Diaphragmas beim Menschen und bei Säugetieren. Archiv f. mikr. Anat., Bd. 59, 1901.
3. Derselbe: Zur Frage über den feineren Bau der Herzganglien des Menschen und der Säugetiere. Archiv f. mikr. Anat., Bd. 53, 1898.
4. Derselbe: Zur Frage über den Bau der Herbstschen Körperchen und die Methylenblaufixierung nach Bethe. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. 66, 1893.
5. Derselbe: Die Nervenendigungen im Lidrande und in der Conjunctiva palpebr. des Menschen. Archiv f. mikr. Anat., Bd. 44, 1895.
6. Derselbe: Die Nervenendigungen in der Haut der äusseren Genitalorgane des Menschen. Archiv f. mikr. Anat., Bd. 41, 1892.
7. Derselbe: Zur Frage über den feineren Bau des sympathischen Nervensystems bei den Säugetieren. Archiv f. mikr. Anat., Bd. 46, 1895.
8. Derselbe: Die Nervenendigungen in der Tränendrüse der Säugetiere. Archiv f. mikr. Anat., Bd. 42, 1893.
9. Derselbe: Über den Bau der Ganglien in den Geflechten des Darmes und der Gallenblase des Menschen und der Säugetiere. Archiv f. Anat. und Physiologie, 1899.

10. Derselbe: Die sensiblen Nervenendigungen im Herzen und in den Blutgefäßen der Säugetiere. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 52, 1898.
11. Dogiel, A. S. u. Willanen, K.: Die Beziehungen der Nerven zu den Grandry'schen Körperchen. *Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie*, Bd. 67, 1900.
12. Grabower: Über Nervenendigungen im menschlichen Muskel. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 60, 1902.
13. Doyère: Mémoire sur les Tardigrades. *Annales des Sciences naturelles*. Vol. 14, 1840.
14. Perroncito, Aldo: Studi ulteriori sulla terminazione dei nervi nei muscoli a fibre striate. Dal Bollettino della Società Medico-Chirurgica de Pavia. *Communic. fatta nella seduta del 4 Luglio, 1902.*
15. Cuccati: Delle terminazioni nervee nei muscoli abdominali della Rana temporaria e della Rana esculenta. *Internat. Monatsschr. f. Anat. und Phys.*, Bd. 5, 1888.
16. Huber, G. Carl u. de Witt, Lydia: A contribution on the Motor Nerve-endings in the Muscle-spindles. *The Journal of comparat. Neurology.*, Bd. 7, 1898.
17. Retzius: Zur Kenntnis der motorischen Nervenendigungen. *Biologische Untersuchungen*, N. F., Bd. 3, 1892.
18. Kühne: Über die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. Leipzig, 1862.
19. Derselbe: Neue Untersuchungen über motorische Nervenendigungen. *Zeitschrift f. Biologie*, Neue Folge, Bd. 5.
20. Feist: Beiträge zur Kenntnis der vitalen Methylenblaufärbung des Nervengewebes. *Archiv f. Anat. und Physiologie*, Anat. Abteil., 1890.
21. Bremer: Über die Endigungen der markhaltigen und marklosen Nerven in quergestreiften Muskeln. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 21, 1882.
22. Derselbe: Über die Muskelspindeln nebst Bemerkungen über Struktur, Neubildung und Innervation der quergestreiften Muskelfaser. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 22.
23. Foettinger, Alex: Sur les terminaisons des nerfs dans les muscles des insectes. *Arch. de Biologie*, T. 1, 1880.
24. Gerlach: Über das Verhältnis der nervösen und contractilen Substanz des quergestreiften Muskels. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 13, 1877.
25. Krause: Über die Endigungen der Muskelnerven. *Archiv f. rat. Med.*, 1863.
26. Ruffini: Sur un réseau nerveux spécial et sur quelques corpuscules de Pacini qui se trouvent en connexion avec les organes musculo tendineux du chat. *Arch. Ital. de Biologie*, Bd. 18, 1893.
27. Timofeev, D.: Über die Endigungen der Nerven in den männlichen Geschlechtsorganen der Säugetiere und des Menschen. *Diss., Kasan*, 1896.
28. Kollaschewski: Beiträge zur Histologie der Leber. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 13.
29. Fischer: Über die Nervenendigungen im quergestreiften Muskel der Wirbeltiere. *Archiv f. mikr. Anat.*, Bd. 13.

30. M a y s : Histo-physiologische Untersuchungen über die Verbreitung der Nerven in den Muskeln. Zeitschrift f. Biologie, Bd. II, 1884.
31. Derselbe: Über die Entwicklung der motorischen Nervenendigungen. Zeitschrift f. Biologie, Bd. 11, 1893.
32. K ö l l i k e r : Zeitschrift f. w. Zoologie, Bd. 12, 1862.
33. Derselbe: Handbuch der Gewebelehre des Menschen, Aufl. VI, Bd. 1.
34. Derselbe: Golgische Sehnenspindeln vom Kaninchen. Verhandl. d. anat. Gesellsch., 1889.
35. K e r s c h n e r : Beiträge zur Kenntnis der sensiblen Endorgane. Anat. Anzeiger, Bd. 3, 1888.
36. G e r l a c h : Das Verhältnis der Nerven zu den willkürlichen Muskeln der Wirbeltiere. Sitzgsber. d. phys. med. Sozietät zu Erlangen, Heft 5, 1873.
37. S h i l e r , C h r i s t i a n : Neue Untersuchungen über die Nerven der Muskeln mit besonderer Berücksichtigung umstrittener Fragen. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. 68, 1900.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXXV.

Die Zeichnungen sind von mir mit Zuhilfenahme des Leitzschen Zeichenokulars entworfen.

- Fig. 1. Übersichtsbild zweier Nervenstämmchen mit ca. 20 motorischen Nervenendigungen in Methylenblau. Leitz Okul. IV; Obj. 6.
- Fig. 2. Eine motorische Nervenendigung aus Fig. 1 vergrößert. Leitz Okul. IV; $\frac{1}{12}$ Ölim.
- Fig. 3—5. Motorische Nervenendigungen in Methylenblau mit Gegenfärbung in Alaunkarmin. Bei Fig. 3 sind drei Ausläufer in die Muskelsubstanz sichtbar. Okul. IV; $\frac{1}{12}$ Ölim.
- Fig. 6 und 7. Uneingekapselte sensible Nervenendigungen. Methylenblau. Okul. IV; Obj. 3.
- Fig. 8. Eingekapselte sensible Nervenendigung. Methylenblau. Okul. IV; $\frac{1}{12}$ Ölim.
- Fig. 9. Nervenausbreitung an einem Gefäße. Methylenblau. Okul. IV; Obj. 3.
- Fig. 10—15. Motorische Nervenendigungen mit Goldchlorid gefärbt. Bei Fig. 12 ist ein Ausläufer in die Muskelsubstanz sichtbar. Okul. III; $\frac{1}{12}$ Ölim.
- Fig. 16. Sensible Nervenendigung mit Goldchlorid gefärbt. Okul. IV; Obj. 6.