

XVI.

Zur Lehre von den Endplatten der Nerven Hügel.

Von Dr. W. Kühne in Berlin.

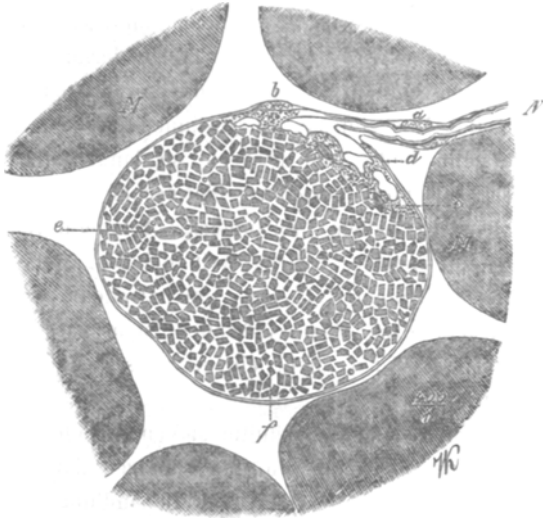
In meinen Mittheilungen über die Nervenendplatten in den Doyère'schen Hügeln musste es als ein Mangel der Untersuchung bezeichnet werden, dass diese Organe bisher nicht in Durchschnitten zur Anschauung gebracht werden konnten. Zwar war es mir gelungen, an mit der Scheere gefertigten Muskelquerschnitten den Eintritt des Nerven und auch Plattenderivate zu zeigen, allein man konnte diesem Verfahren mit Recht den Vorwurf machen, dass es nur in den seltensten Fällen reine, d. h. ebene Schnitte liefern werde. Sehr dünne Querschnitte können ohne Vorbereitungen aus lebenden Muskeln überhaupt nicht gemacht werden, denn auch das Doppelmesser liefert von so weichen Geweben immer nur Schnitte von beträchtlicher Dicke. Der flüssige Zustand des isotropen Theils der contractilen Substanz erheischt vor allen Dingen ein zweckmässiges Härungsverfahren und dieses Mittel ist es ja auch, welches bisher zu Untersuchungen über Muskelstructur gedient hat. Man hat die Muskeln z. B. in Alkohol gehärtet, oder feine Schnitte von getrockneten, auch zuvor in verdünnte Essigsäure gelegten und dann getrockneten Muskeln, in Wasser wieder aufweichen lassen. Ich habe alle diese Methoden oft zu prüfen Gelegenheit gehabt, und wenn ich auch nicht leugnen will, dass sie auf einige Fragen befriedigende Antworten geben können, so habe ich doch gefunden, dass sie von einem Fehler behaftet sind, der zu den gefährlichsten Irrthümern führen musste: alle diese Methoden lehren nichts Erhebliches, so lange ihnen gegenüber nicht das Aussehen physiologisch frischer Präparate geprüft worden ist.

Man kann nun in der That die contractile Substanz für den Schnitt hinreichend härten ohne ihre Erregbarkeit zu vernichten

und folglich ohne ihre Structur zu verändern. Diess geschieht einfach, indem man ganze Muskeln bei einer Temperatur frieren lässt, die nicht niedrig genug ist, um sie brüchig werden zu lassen, aber hinreichend zur Herstellung einer knorpelartigen Consistenz. Die Eidechsenmuskeln, von denen im Folgenden vorzugsweise die Rede sein wird, richte ich folgendermaassen zu: ich schneide aus den enthäuteten hinteren Extremitäten das Femur heraus, um eine Muskelmasse zu gewinnen, in der das Messer keinen Widerstand findet und lege sie so lange auf den Boden einer in Eissalzmischung gesenkten Platinschale, bis sie die gewünschte Consistenz haben. Zu niedrige Temperaturen sind aus zwei Gründen zu meiden, erstens weil sich die weissgefrorenen Muskeln schlecht schneiden lassen, und zweitens weil so stark gefrorene Muskeln nach dem Auftauen sehr rasch todtstarr werden. Zum Schneiden dient ein in derselben Kältemischung gekühltes Rasirmesser.

So gewonnene Muskelquerschnitte stellen Sarkolemmaringe dar, welche häufig nur die Höhe von 2—3 Etagen Sarcous elements haben, die einer besonders schonenden Behandlung bedürfen, da sie zunächst nur durch Muskelplasma-Eis zusammengehalten werden. Sie sollen deshalb gegen ein dünnes Deckgläschen angelegt werden, das auf kleine Stützen gesetzt wird, bevor das Präparat mit einer $\frac{1}{2}$ pCt. NaCl-Lösung befeuchtet wird. Oft genug begegnet man trotzdem sehr defecten Schnitten, aus denen einige Sarcous elements oder auch ganze Gruppen derselben herausgefallen sind, so dass im Centrum grosse Risse, Spalten oder Löcher auftreten, während der Rest in völliger Unordnung an den Rändern haftet. Ich will nicht näher auf das überraschende Bild eingehen, das Querschnitte wirklich frischer Muskelsubstanz darbieten, da diess von anderer Seite gleichzeitig geschehen wird, sondern mich nur auf die Treue des beigefügten Holzschnittes berufen, zu dem ich nur bemerke, dass er einen völlig ebenen, genau senkrecht auf die Axe der Muskelfaser geführten Schnitt darstellt. Das Letztere ist leicht zu erweisen durch Betrachtung der Präparate zwischen gekreuzten Nicols mit eingeschobener Glimmerplatte, in denen die gelungenen Schnitte keine Abweichung von der Farbe des Grundes

zeigen, während die defecten immer Stellen enthalten, welche durch abweichende Farben die Verlagerung der Sarcous elements, besonders am Rande unzweifelhaft erkennen lassen.



Querschnitt aus gefrorenen Oberschenkelmuskeln von *Lacerta agilis*. Vergr. 400. Mit dem Zeichnenprisma genau copirt. Nur die mittlere Muskelfaser ist ausgeführt. N Nerv. M Muskelfaser. a Kerne der Schwann'schen Scheide. b Kern der Hügelmembran oder des Sarkolemmis. c Durchschnitte von Kernen des Nervenbügels. d Querschnitte der Nervenendplatte nach der Axe der Muskelfaser hin auf granulirter Substanz ruhend. e Durchschnitte von Muskelkernen. f Feine Fetttröpfchen. Die schraffirten Mosaikstücke sind Sarcous elements, die hellen Zwischenlinien (im Holzschnitte zu breit ausgefallen) der flüssige isotrope Theil der Muskelsubstanz.

Unter gewissen Umständen findet man in solchen Muskelquerschnitten Stellen, an welchen die Endorgane der Nerven in ziemlich beträchtlicher Zahl zum Vorschein kommen. Schnitte, welche durch beide Enden von Muskelgruppen gefallen sind, enthalten in der Regel weder Nervenfasern noch Nervenbügel, während Schnitte aus der Mitte gewöhnlich besonders reich an Nervenfasern sind, aber keine Nervenbügel aufweisen. Diejenigen Schnitte, welche aus nicht allzugrossen Entfernungen von der Mitte stammen, liefern

die grösste Zahl von Nervenenden. Alles diess erklärt sich aus der Verbreitungsweise der Nerven zwischen den Muskelfasern.

Querschnitte der Nervenbügel, wie der abgebildete, sind nicht allzuhäufig, denn entweder tritt der Nerv in einer beträchtlich tieferen Ebene (bei dickeren Präparaten) ein, oder er fehlt ganz und gar, weil das Messer eine Scheibe herausnahm, die gar nicht in das Bereich des dunkelrandigen Nerven fiel. Die Bedeutung der letzteren Präparate wird natürlich so lange leicht verkannt werden, bis man nicht durch den Anblick anderer, mit daran hängendem Nerven, ein richtiges Urtheil über das Aussehen querdurchschnittener Nervenbügel gewonnen hat.

Man erkennt nun im Inhalte der Nervenbügel 3 wohl zu unterscheidende Dinge, nämlich 1) eine Anzahl eigenthümlich röthlich glänzender Stellen mit unregelmässiger Berandung, hart unter dem Sarkolemm, 2) die den ganzen Nervenbügel erfüllende fein granulirte Substanz und 3) kleine, von schmalen hellen Höfen umgebene, nicht röthlich glänzende, sondern einfach matt aussehende Stellen. Die zuerst genannten und am meisten in die Augen fallenden Gebilde würde man für die Kerne des Nervenbügels halten, wenn nicht aus Präparaten, wie dem abgebildeten, unzweifelhaft hervorginge, dass sie reine Querschnitte der Nervenplatte sind. Da die Platte, von der Oberfläche einer Muskelfaser gesehen, ein System netzförmig verbundener Massen bildet mit gewellten unregelmässigen Contouren, so ist es klar, dass sie auf dem Querschnitte ganz das dargestellte Bild liefern muss. Die meisten Stücke des Plattenquerschnittes erscheinen nicht in Verbindung mit dem den Bügel durchbrechenden Nerven oder dessen Axencylinder, sondern wie isolirte Körperchen, und nur bei den diesem zunächst liegenden Theilen gelingt es bisweilen durch schwache Veränderung der Einstellung, den continuirlichen Uebergang in den centralen Theil des Nerven zu verfolgen. Im Uebrigen ist auch das Aussehen und Verhalten der Plattenstückchen ein solches, wie das der Platte überhaupt. Sie sind ganz durchsichtig, einfach contourirt, besitzen einen ziemlich starken Glanz, enthalten nie an Kernkörperchen erinnernde kleinere Körper und verändern sich nach dem Zusatze sehr verdünnter Säuren gerade wie die Platte selbst.

Während nämlich an den Kernen, sowohl bei der postmortalen Selbstsäuerung des Muskels, wie auf Zusatz äusserst verdünnter Essigsäure, körnige Gerinnungen eintreten, die eine Schrumpfung verursachen, bleiben die Plattenstückchen ganz klar und durchsichtig, da die ganze Veränderung in dem Auftreten von Einschnürungen besteht, die mit schwachen Einkerbungen des Randes beginnt und mit der Entstehung von abgeschnürten, dicht aneinander liegenden, jedoch immer noch klaren Kugeln und Knollen endet. Diese letzteren entziehen sich nach längerer Einwirkung der Säure dem Blicke ganz, während die Kerne noch bestehen.

Der feinkörnige Inhalt des Nervenbügels, der fast überall zwischen die Plattenstücke und die nächstliegenden Sarcous elements gelagert ist, enthält die Kerne des Nervenbügels. Wo dieselben wirklich von dem Schnitte getroffen sind, erscheinen sie zusammengefallen zu kleinen elliptischen Massen, während nur die in der Dicke des Schnittes gelegenen, nicht vom Messer gestreiften Kerne das gewöhnliche Bild klarer, Kernkörperchen enthaltender Bläschen liefern. Mir scheint in der veränderten zusammengefallenen Gestalt dieser Kerne nach wohlgetroffenem Schnitte der bündigste Beweis zu liegen dafür, dass sie wirklich von Membranen umgebene Bläschen mit flüssigem Inhalte sind. Beschreibungen des Aussehens der feinkörnigen Substanz und ihres Verhaltens gegen verdünnte Säuren werden entbehrlich sein, da diess Alles ganz übereinstimmen würde mit dem, was sich schon früher darüber sagen liess.

Wie es die Abbildung naturgetreu darstellt, liegt also die Nervenendplatte ganz dicht unter dem Sarkolemma, oder, wenn man will, unter der Hügelmembran, die an einer Stelle auch einen Kern führt, der mit den Kernen der Nervenscheide übereinstimmt. Was aber die Querschnitte mit aller nur denkbaren Deutlichkeit zeigen, ist das Verhältniss des ganzen Hügelinhaltes einerseits zum Nerven, andererseits zur contractilen Substanz: Nervenscheide und Sarkolemm bilden ein communicirendes Rohr, wie in einem Schema, und zwischen dem Hügelinhalte und der Muskelsubstanz ist keine Spur einer lineären Begrenzung zu entdecken. Die Sarcous ele-

ments berühren theilweise die Platte ganz direct, vielleicht nur durch eine im strengsten Sinne capillare Schicht von Muskelplasma getrennt, während ein anderer Theil derselben unregelmässig in die granulirte Substanz hineinragt.

Da die Nervenplatte durch ihren Glanz und durch die postmortalen Deformationen eine erhebliche Verschiedenheit gegenüber allen anderen im Sarkolemmschlauche enthaltenen Substanzen verräth, so war es geboten, einige Versuche über ihre chemische Zusammensetzung anzustellen. Ich muss hier vorausschicken, dass jene Veränderungen nach dem Tode und unter dem Einflusse von Reagentien von mir bereits in meiner ersten Mittheilung über das neue Organ eingehend beschrieben sind. Von anderen Autoren sind sie später ebenfalls als etwas Neues beschrieben und abgebildet, in der Absicht, damit zu zeigen, dass die Platte überhaupt nicht während des Lebens existire, sondern ein rein cadaveröses Produkt, herrührend von Zersetzungen im granulirten Inhalte des Nervenbügels, sei. Ich habe nicht geglaubt, je in die Lage gerathen zu können, die Existenz der Nervenendplatte gegen so widersinnige Angriffe in Schutz nehmen zu müssen, da ich mit Nachdruck von Anfang an hervorgehoben habe, dass man das Organ schon in ganz frischen noch zuckungsfähigen Muskelfasern so sehe, wie ich es beschrieb und abbildete, ja dass man es nur in diesem Falle mit seinen ganz normalen, überaus prachtvollen Formen wahrnehmen könne. Nur zu diesem Zwecke habe ich auch das Aussehen der Platte in unveränderten ganz unversehrten Muskeln der Natter beschrieben. Ich hielt mich, da dieses Bild ein äusserst vergängliches ist, um so mehr für verpflichtet, genaue Beschreibungen seiner cadaverösen Veränderungen zu geben, und kann jetzt natürlich nicht zugeben, dass aus den Veränderungen eines Organs nach dem Tode seine Nichtexistenz während des Lebens folgen müsse. Indessen habe ich noch einige Versuche angestellt, isolirte Muskelfasern, an welchen ich die Endplatte im Nervenbügel in aller nur wünschenswerthen Deutlichkeit sah, auf ihre Erregbarkeit zu prüfen, indem ich meine Präparate einfach auf Objectträgern mit

Electroden herriehete. Das Resultat war, dass sich die Muskelfasern selbst auf schwache Inductionsschläge verkürzten und krümmten, dass die Platte sich über der contrahirten Stelle vielfach faltete und beim Dehnen der Muskeln wieder die frühere Gestalt annahm. Ueber die Existenz der Nervenendplatte, als des eigentlichen im Nervenbühl gelegenen Endorgans des Axencylinders der motorischen Nerven, dürfte demnach wohl kaum mehr ein Wort zu verlieren sein.

Woher rühren nun die Abschnürungserscheinungen in der Endplatte nach dem Tode? Die nächste Veranlassung besteht ohne Zweifel nur in dem Zusammenrücken der Querstreifen frei beweglicher Muskeln beim Eintritt der Todtenstarre. In diesem Stadium ist die Platte nur gefaltet und gerunzelt, wie bei der lebendigen Contraction selbst, denn in beiden Fällen kann zweckmäßige Dehnung der Muskelfaser die normale Plattenform wieder herstellen. Die eigentliche Einkerbung der Plattenäste und die manehmal vollständige Abschnürung einzelner Stüde, muss dagegen auf chemischen Veränderungen beruhen: sie tritt ein, wenn der Muskel sauer wird, oder wenn wir Säure zusetzen. Das Phänomen bietet eine gewisse Aehnlichkeit mit der sogenannten Gerinnung des Nervenmarks, das bekanntlich nach dem Tode auch sauer wird. Ich habe mich desshalb bemüht herauszubringen, ob die Platte Nervenmark, oder wenigstens die an dem so eigenthümlichen Aussehen des Nervenmarks schuldigen Körper enthalte. Die Frage, ob das Nervenmark eine gesonderte peripherische Schicht des Nerven bilde, welche einen markfreien Axencylinder umhülle, ist theilweise immer auch damit beantwortet worden, dass aus den dunkelrandigen Nerven markfreie, nackte oder nur von der Schwann'schen Scheide bedeckte Axencylinder hervortreten, nicht nur nach gewissen chemischen Behandlungen dunkelrandiger Nerven, sondern auch unter natürlichen Verhältnissen an den Uebertrittsstellen markhaltiger Nerven, z. B. in die graue Substanz oder in gewisse nervöse Endapparate.

Wir sind vor Kurzem von Max Schultze mit einem vorzüglichen mikrochemischen Reagens beschenkt worden, das M. Schultze und Rudneff bereits zum Nachweise des Markes an

einigen Nervenendorganen, z. B. in den Stäbchen der Retina gedient hat. Markhaltige Nerven, sowie ausgepresstes Nervenmark, sogenannte Myelintropfen, färben sich nämlich in wässrigen Lösungen von Osmiumsäure (OsO_4) schnell intensiv blauschwarz. Da diese Färbung in keinem bekannten thierischen Gewebe mit solcher Geschwindigkeit auftritt, und nur die Fette in dem Reagens eine übrigens wohl zu unterscheidende braune Färbung annehmen, so spricht der Eintritt der blauschwarzen Färbung mit hoher Wahrscheinlichkeit für die Gegenwart von Nervenmark, während umgekehrt das Ausbleiben dieser Färbung mit Sicherheit auf die Abwesenheit derjenigen Körper schliessen lässt, denen das Mark die reducierende Wirksamkeit auf Osmiumsäure verdankt.

Ich habe zu meinen Versuchen eine 1procentige Lösung der Osmiumsäure in Wasser benutzt, indem ich entweder kleine Muskelbündel der Eidechse gleich darin zerfaserte, oder indem ich das Reagens zu isolirten, in verdünnter Salzlösung befindlichen, bereits fertigen Präparaten zufließen liess. Im ersteren Falle erleichtert die Säure die Isolirung der Muskelfasern sehr. Es ist nöthig, eine so concentrirte Säure zu nehmen, weil die Muskelsubstanz, die sich sogleich schwach gelblich färbt, offenbar beträchtliche Mengen der Osmiumsäure mit Beschlag belegt, so dass etwas Material für die Färbung des Nerven verloren geht. Zur Zeit, wann sich die Nervenfasern bereits intensiv blauschwarz gefärbt haben, sieht man nun im Nervenbügel keine andere Färbung, als in der contractilen Substanz selbst. Die Kerne, die granulirte Substanz und die in der Säure gerunzelte Platte sind nur schwach gelblich tingirt, während der Nerv genau bis zu seinem Uebergange in die Platte dunkel aussieht, und sich mit seinen dunklen Enden ganz scharf gegen das Endorgan absetzt. Man könnte glauben, das Sarkolemm bereite dem Uebergange der Osmiumsäure auf die Platte Hindernisse, allein diess ist offenbar nicht der Fall, denn der ganze Inhalt des Schlauches färbt sich gelb, was nur von dem Durchgange der Säure herrühren kann. Ausserdem würde man nicht einsehen, wie die Säure die vom Sarkolemm kaum differente Schwann'sche Scheide durchdringen solle, und endlich kann man den sehr rapiden Uebergang ins Innere des Muskels augenblicklich erkennen, wenn der-

selbe Fetttröpfchen, oder die kleinen eckigen, anscheinend krystallinischen Körper enthält, die man in manchen Fasern in so grosser Menge antrifft. Diese färben sich in dem Reagens augenblicklich dunkelbraun. Das Ausbleiben einer anderen Färbung, als der schwach gelblichen in der Platte, selbst auf Muskelquerschnitten beweist schliesslich, dass diess nicht vom mangelnden Zutritte des Reagens herrühren kann. Der Grund muss ein chemischer sein: die Platte ist offenbar aus anderen chemischen Körpern zusammengesetzt, als das Nervenmark, sie kann keinen der reduzierenden Körper enthalten, sondern entspricht in ihrer Zusammensetzung wahrscheinlich dem Axencylinder. Das Nervenmark bildet folglich in dem motorischen Nerven nur den Ueberzug eines centralen Gebildes, der an der Spitze des Nervenügels plötzlich scharf absetzt. Genau ebenso ist es bei der Nervenendigung ohne Doyère'sche Hügel, wie z. B. beim Frosche, dessen Axencylinder nach mehrfacher Theilung, mit Endknospen besetzt, unter dem Sarkolemma endet. Auch hier reicht die Osmiumfärbung gerade bis zu dem Punkte, wo die doppelten Contouren aufhören, d. i. bis zur Durchtrittsstelle im Sarkolemma; die intramuskulären nackten Axencylinder nehmen so wenig wie die Endknospen eine andere Farbe, als die leicht gelbliche an.

Seit O. Liebreich in dem Protagon einen Körper gefunden hat, der ohne Zweifel den überwiegenden Bestandtheil des Nervenmarkes bildet, war zunächst das Verhalten dieser Substanz zu Osmiumsäure zu untersuchen. Reines krystallisirtes, schneeweisses Protagon wirkt nur langsam, lässt man es aber zuvor in Wasser aufquellen zu jener merkwürdigen kleisterartigen Masse, welche so grosse Aehnlichkeit mit dem Nervenmarke zeigt, so färbt es sich in bedeutend kürzerer Zeit intensiv blauschwarz. Die Färbung ist, wie beim Nervenmarke, diffus, man erkennt niemals Körnchen von reducirtem Osmium, sondern die Protagonklümpchen sehen in allen Tiefen erst gleichmässig stahlgrau, dann stahlblau und endlich tief blauschwarz aus. Dennoch muss man Anstand nehmen, die Reaction der markhaltigen Nerven oder des ausgepressten Nervenmarkes auf die Reduction der Osmiumsäure durch das Protagon zurückzuführen, denn das Protagon reducirt im günstigsten Falle erst

nach mehreren Minuten, während namentlich zerquetschte Nerven in einem eben so grossen Ueberschusse der Säure fast augenblicklich das Maximum der Färbung erreichen. Ich muss es dahingestellt sein lassen, ob die Reaction des Markes herrühre von anderen dem Protagon beigemischten Körpern, oder ob sie herrühre von den Zersetzungsprodukten des Protagons. Reines Protagon zersetzt sich im gequollenen Zustande fast gar nicht, oder doch so langsam, dass die Zersetzung, die es im unreinen Zustande, besonders in den Nerven selbst erleidet, nicht entfernt damit zu vergleichen ist. Da nun andere im Marke vorkommende Stoffe, z. B. Cholesterin, keine Einwirkung auf Osmiumsäure zeigen, wohl aber die Zersetzungsprodukte des Protagons, so wird es ziemlich wahrscheinlich, dass diese bei der Reaction vorzugsweise betheiligt sind. In der That färbt sich nicht völlig gereinigtes Protagon ziemlich rasch in Osmiumsäure, und vollends ein Lösungsrückstand aus der zersetzten Substanz. Ich benutzte den durch langsame Verdunstung einer sauer gewordenen ätherischen Lösung, aus welcher durch Abkühlung der grösste Theil des Protagons auskrystallisirt war. Diese röthliche, schmierige Masse, die unter dem Mikroskope zahlreiche Myelinformen und Cholesterinkrystalle zeigte, färbte sich mit Ausnahme der letzteren in Osmiumsäure augenblicklich intensiv blauschwarz. Nach O. Liebreich bestehen diese Massen aus einer Fettsäure, Glycerinphosphorsäure und Neurin, Körpern, die sämmtlich als Zersetzungsprodukte des reinen Protagons erhalten werden können. Ich zweifle nicht, dass es von diesen Körpern die fette Säure ist, welche so energisch reducirend wirkt. Es verdient in dieser Beziehung erwähnt zu werden, dass reine krystallisirte Fettsäuren, wie Stearinsäure und Palmitinsäure, die Osmiumsäure nicht zersetzen, wohl aber die Oelsäure, welche sich im Gegensatze zu den Neutralfetten nicht braun, sondern blauschwarz färbt. Glycerin scheidet erst nach Tagen metallisches Osmium aus der Säure aus.

Für den Inhalt der Nervenbügel, die Endplatten, und die contractile Substanz geht aus diesen Versuchen mit Sicherheit hervor, dass sie die reducirenden Körper des Nervenmarks, das Protagon und seine Zersetzungsprodukte nicht enthalten. Folglich müssen

die Veränderungen, welche die Platte nach dem Tode erleidet, auf andere Ursachen zurückgeführt werden, als auf die der sogenannten Gerinnung des Nervenmarks. Der schon aufgestellten Vermuthung, dass die granulirte Substanz des Nervenhügels eine Fortsetzung der Markscheide sei, wird man jetzt nicht mehr beipflichten können.

Zum Schlusse darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Anwendung der Osmiumsäure zur Unterscheidung thierischer Gewebstheile nur dienen kann, wenn man die Dauer der Einwirkung berücksichtigt, wie diess schon von Max Schultze und Rudneff richtig betont wurde. Nach längerer Zeit findet in den meisten Geweben Reduction statt, und so bedeutend, dass überall die tief blauschwarze Farbe erfolgt. Eiweiss und Fibrin reduciren nach Tagen die Säure ebenso, wie es durch Nervenmark in Minuten geschieht, und es darf daher nicht auffallen, wenn auch die contractile Substanz der Muskelfaser nach langem Liegen in der Säure fast schwarz gefärbt wird. Doch sind in dieser Beziehung nicht alle Muskeln gleich. Man sieht z. B. isolirte Muskelfasern von Insekten (*Hydrophilus* und *Dytiscus*) schon in einer Stunde schwarz werden in gemischten Präparaten, wo daneben liegende Froschfasern nur gelblich sind. Dennoch kann man an den stärkeren motorischen Nervenfasern der Insekten die Färbung beträchtlich eher eintreten sehen, als sie in den Muskeln erscheint, was für einen Gehalt auch dieser Nerven an Mark, oder einiger im Nervenmarke der Wirbelthiere vorkommender Stoffe sprechen würde.
