

# Ueber Muskelspindeln und intramuskuläre Nervenendigungen bei Schlangen und Fröschen.

Von

Dr. **Chr. Sihler**,  
Cleveland, Ohio U. S. A.

Hierzu Tafel XXXVII.

Vor etwa einem Jahre durfte ich der Physiologischen Gesellschaft zu Berlin eine Mittheilung machen über eine Methode, die Nerven in den Muskeln zu verfolgen<sup>1)</sup>. Die mitgetheilten Resultate bezogen sich auf die Muskeln des Frosches. Seitdem habe ich diese Methode auch an den Muskelnerven der Schlange versucht und gefunden, dass sie auch hier brauchbar ist. Die Anwendungsweise war ungefähr dieselbe wie beim Frosche. Zwar was das Bindegewebe betrifft, so wäre eine mehr intensive Maceration wohl am Platze gewesen, aber ich fand, dass die Muskeln der Schlange nicht so widerstandsfähig sind als die des Frosches und leichter scheibenartig zerfallen.

Die Muskeln der Schlange sind deshalb besonders lehrreich, weil man in ihnen ohne grosse Mühe die Organe finden kann, welche in den meisten Lehrbüchern kaum berührt werden, wohl im allgemeinen mit dem Namen Muskelspindeln bezeichnet werden, von Kölliker jedoch unter dem Namen Muskelknospen ausführlich besprochen sind. Ein zweiter Grund, warum die Schlangemuskeln in dieser Sache den Vorzug verdienen, ist der, dass hier diese Organe viel einfacher gebaut sind, als beim Frosche.

Wenn man die Muskelbündel, welche dem Rücken entlang bei der Schlange verlaufen, in Stücken von etwa 1 cm Länge zerschneidet und nach der Maceration in Stückchen von der Dicke einer starken Stricknadel zerlegt, gefärbt hat, so wird man sehr häufig in einem Stück Muskel dieser Grösse ein solches Organ finden und zeigt Fig. 1 eine solche Muskelspindel der Schlange. Die Abbildung ist zwar diagrammatisch, doch hält

1) Verh. d. Physiol. Ges. zu Berlin 7. 12. 94; du Bois-Reymond's Arch. 1895, S. 202.

sie sich sehr genau an die Thatsachen und eine naturgetreue Abbildung würde ziemlich ähnlich sein.

Beim Zerzupfen der Schlangennuskeln findet man also so und so oft eine sehr dünne Muskelfaser, welche im übrigen sich nicht von den anderen Muskelfasern unterscheidet, aber etwa nur den 8. bis 10. Theil des Durchmessers der dicksten Muskelfasern besitzt. Verfolgt man nun eine solche Faser, so findet man, dass an einer gewissen Stelle sie sich in einen Mantel hüllt, welcher aus verschiedenen Häuten besteht, die einen spindelförmigen Sack bilden. Diese Hülle ist gebaut nach Art der dickeren Henle'schen Scheiden, besteht also aus mehreren Lagen elastischer Membranen, in welche endotheliale Zellen eingeschichtet sind, so dass so eine Art spindelförmiger Lymphraum zu Stande kommt. Die Muskelfaser nun, indem sie in diesen Raum eintritt, erleidet meistens eine Modification; sie wird einmal breiter, zeigt oft (vielleicht zufällige) Unregelmässigkeiten in ihren Umrissen, ferner findet eine Anhäufung von Kernen hier statt, welche auch mehr rund oder oval sind, als die gewöhnlichen Muskelkerne der übrigen Faser, endlich besteht die Faser (meist) aus einer Substanz, welche sich so dunkel färbt, wie die feinen Nerven und das Gerlach'sche Fasernetz der quergestreiften Muskeln, und ist hier die Querstreifung ganz oder fast verschwunden. Diese dunkel gefärbte Substanz, in der man kaum eine Structur erkennen kann, erstreckt sich mehr oder weniger weit in die Muskelfaser hinein, manchmal als feines Stäbchen in grössere Entfernung von der Spindel wie bei (a) in der Zeichnung, manchmal hört sie mehr abrupt auf, in der Nähe der Grenze des Spindelmantels, wie bei (b) der Zeichnung.

An diese Muskelfaser tritt nun ein myelinhaltiger Nerv, der seine Henle'sche Scheide beim Passiren des Spindelmantels verloren hat, er ist mit *s. n.* auf der Abbildung bezeichnet. Meist kommt er diagonal mehr von oben oder von unten und verbindet sich mit der Muskelfaser, indem er hier ganz dünn ausläuft, also die Myelinscheide hier verliert und nur als Axencylinder weitergeht.

So weit ist alles klar und deutlich; es bleiben aber noch zwei Fragen übrig, welche ich nicht beantworten kann. Einmal was bedeutet die dunkel gefärbte Substanz? Da sie so gefärbt ist wie das Gerlach'sche Fasernetz, so wäre ich geneigt, hier

eben eine Ansammlung dieser Substanz zu sehen, aus welcher das Netz besteht auf Kosten der contractilen Substanz. Wenn wir wüssten, was eigentlich die Function dieses Gitterwerks im Muskel ist, so könnten wir wohl auch die Anhäufung hier verstehen. Was ferner das weitere Schicksal des Nerven betrifft, so möchte ich vorerst nichts endgültiges sagen. Eben die dunkle Färbung der Muskelfaser und die Anhäufung von Kernen schaffen hier einen solchen dunklen Hintergrund, dass es unmöglich ist, den Nerven weiter zu verfolgen. Denn vermuthen könnte man allerdings, dass feine Fäserchen abgegeben werden, welche sich der Muskelfaser anlegen. Und dafür giebt es auch einen Beweis.

Es giebt nämlich auch Spindeln, wo die Querstreifung des Muskels im Spindelmantel nicht verloren geht, wo bloss im inneren des Muskels ein Streifen der dunklen Substanz sich findet. In solchen — freilich seltenen — Spindeln konnte ich mehrere feine Nervenzweige vom myelinhaltigen Nerven abgehen sehen, und glaube ich kaum, dass optische Schnitte der Henle'schen Scheiden mich getäuscht haben. Zu bemerken ist noch, dass man die dünne Muskelfaser oft in weiter Entfernung von der eigentlichen Spindel mit einer Henle'schen Scheide umgeben sieht — also eine Fortsetzung einer der Schichten des Spindelmantels.

Um wo möglich Licht auf diese dunklen Punkte zu werfen, habe ich denn auch die Spindeln des Frosches einer Untersuchung unterzogen. Bekanntlich bestehen beim Frosche die Muskelspindeln aus einer Anzahl dünner Muskelfasern, welche sich auch über eine gewisse Strecke mit einer Henle'schen Scheide umgeben und an welche eine (oder mehrere) ungewöhnlich dicke Nervenfaser mit ungewöhnlich weiter Henle'scher Scheide herantritt. Man kann beim Zerzupfen schon oft an den grossen Verhältnissen des Nerven und seiner Scheide voraussagen. Dass eine Muskelspindel in der Nähe sein wird, ehe man noch die Muskelfasern, die die Spindel aufbauen helfen, zu Gesicht bekommt.

Was man also sehen kann, wenn man eine solche Spindel beim Frosche gefunden hat, ist eine Unmasse von Kernen zwischen denen man eben noch gestreiftes Muskelgewebe erkennen kann, oben und unten in feine Muskelfasern auslaufend, in welche ein starker Nerv in weiter Scheide einläuft. Es ist ein hoffnungs-

vernichtender Anblick, wie die Abbildung auf Seite 395 der 6. Aufl. von Kölliker's Buch beweist.

Und doch kann man mit einiger Zeit und Geduld die Dinge immerhin etwas aufklären und der Wahrheit wenigstens einen Schritt näher kommen.

Was man wissen möchte ist doch dieses: wohin geht der Nerv und was ist sein weiteres Schicksal, nachdem man ihn unter dem Haufen der Kerne aus dem Auge verloren hat.

Auf folgende Weise habe ich mich belehrt, dass die Verhältnisse der Art sind, wie sie auf der Zeichnung Nr. 2 diagrammatisch wiedergegeben sind. Was hier abgebildet ist, ist also nur ein Theil einer solchen Muskelspindel. Man hat also 4—8 mal so viele Fasern aufeinander gelegt zu denken und mit Henle'scher Scheide umhüllen, vielleicht auch mit Gefässen durchziehen zu lassen, um einzusehen, wie schwer es ist, sich hier durchzufinden. Bei der Zeichnung habe ich natürlich auch Nerv und Muskel viel mehr auseinander gehalten, als sie es in Wirklichkeit sind, — der Deutlichkeit halber.

Um also einen Einblick in den Bau einer Spindel zu erhalten, zerzupfe ich das Bündel Muskeln, welches solch eine Spindel enthält, nachdem ich die Muskelbündel erst einem möglichst grossen Druck (in Glycerin) durchs Deckglas aussetzte: Ist das betreffende Muskelbündel, das die Spindel enthält, jetzt nach dem Zerzupfen noch zu dick, so wird es allein für sich wieder gedrückt und dann kann man meist wieder zupfen; dieser Process wird fortgesetzt, bis die Spindel nur von etwa 4—8 Muskelfasern begleitet ist. Nun gilt es die Spindel zu zerdrücken, die Kapsel zu zerreißen und die Muskelfasern aus einander zu legen, so dass man die dazwischen verlaufenden Nerven verfolgen kann.

Auf den ersten Blick würde es als das gerathenste erscheinen, dieses Bündelchen isolirt unter ein Deckglas zu bringen und nun zu zerdrücken; dann würde man aber wahrscheinlich alles zerquetschen. Um dieses zu verhindern, legt man also das genannte kleine Muskelbündel in Glycerin in die Mitte, wo nachher die Mitte des Deckglases sein wird und im Umkreis herum 3—4 ebenso kleine Muskelbündel, und drückt nun wiederholt aufs Deckglas. Durch die 3—4 zugetheilten Muskelbündel wird nun ein Schutz auf die Spindel ausgeübt, der Druck wird einmal nicht so stark sein und dann wirken die Bündelchen federnd;

nachdem der Druck ausgeübt, heben sie das Deckglas wieder in die Höhe. Wenn man diese Manipulation oft genug ausübt und nicht zu stark drückt und doch stark genug, so gelingt es einem manchmal, die Henle'sche Scheide der Spindel aufzureissen und die Muskelfasern genügend von einander zu entfernen, dass man doch etwas Neues sehen kann. Eine weitere Hülfe bei dieser Procedur ist, das Spindelbündel aus dem Glycerin zu nehmen und es in Essigsäure mit einem geringen Zusatz von Glycerin zu legen und hier wieder zu drücken. Einmal werden durch die Essigsäure die verschiedenen Theile der Spindel wieder frisch herumgezerrt, so dass dann zufällig andere Punkte deutlich werden, und es wirkt die Essigsäure auch noch weiter aufweichend und hilft in der Zerlegung der Spindel. Natürlich kommt man in der Mehrzahl der Fälle nicht zum Ziele, und darf sich nicht die Misserfolge verdriessen lassen. — Ich führe diese Procedur auf dem Tische des Mikroskops aus, mit der rechten Hand drückend und mit der linken den Objectträger festhaltend und dazwischen mit der rechten so oft wie möglich den Tubus hebend und senkend, um zu sehen, was vorgeht. Man sollte für solche Arbeit und zum Präpariren überhaupt ein Mikroskop haben, dessen Tubus man mit dem Fusse einstellen könnte, so dass man beide Hände zum Manipuliren frei hätte. Dieses meine ich, liesse sich durchführen, ohne so sehr grosse Kosten.

Was man beim Zerdrücken solcher Spindel also erfährt ist dieses, dass der starke Nerv sich theilt und seine Zweige dies wiederholt thun, dass sie den Muskelfasern entlang verlaufen und darin eigenthümlich sind, dass ihre Glieder — d. h. die Strecke von einer Ranvier'schen Einschnürung zur anderen, — sehr kurz sind, dass sie sehr unregelmässige Form haben, oft keulenförmig sind und uneben, und, dass schliesslich der Nerv dünner wird und sich dann an die Muskelfaser ansetzt und zwar im Bereich einer solchen Stelle des Muskels, wo eine Anhäufung von Kernen in der Faser stattfindet. Die Muskelfasern nämlich, die im Bereich der Spindel schon so wie so sehr zahlreich mit Kernen versehen sind, zeigen an einer kürzeren Strecke eine solche Häufung von runden und ovalen Kernen, dass von der eigentlichen Muskelsubstanz meist wenig übrig ist, und dass diese, soweit vorhanden, aus feinen Längsfasern zusammengesetzt erscheint. In dem ganzen Muskelbündel liegen aber die Partien der einzelnen

Muskelfasern, welche durch Kernhäufung ausgezeichnet sind, nicht gerade neben einander, in der einen Muskelfaser findet man die Kernanhäufung etwa in der Mitte der Spindel, in der nächsten gegen das eine, in der dritten gegen das andere Ende der Spindel. An diese Stelle also tritt die Nervenfaser und vereinigt sich mit der Muskelfaser, indem, wie gesagt, das letzte Glied dünner ist als die vorhergehenden. Was aber das weitere Schicksal des Nerven ist, kann ich auch für den Frosch leider nicht sagen. Erwartet hatte ich zu finden, dass eine Anzahl feiner myelinfreier Fasern hier abgehen würden, um sich der Muskelfaser anzulegen, aber ich habe diese Vermuthung soweit nicht bestätigen können. Kölliker spricht dieselbe Vermuthung aus indem er sagt: „Um diese Endäste finden sich stets eine grosse Anzahl von runden und länglich runden Kernen, die unzweifelhaft marklosen Enden der Nervenfasern angehören.“ Dass freilich die Mehrzahl der Kerne den Muskeln angehören, haben wir gesehen. Ob solche Endfasern vorhanden sind, müssen spätere Untersuchungen zeigen. Fast würde ich sagen, ich hätte sie gefunden, wenn sie nicht sehr viel feiner sind als die feinen Nerven an den Capillaren; aber das könnte ja der Fall sein.

Zur Abbildung bemerke ich noch, dass die Scheide ganz weggelassen ist und dass man, wie gesagt, um sich einen rechten Begriff von der Spindel zu machen, sich die beiden Muskelfasern mit den Nerven 2—8 mal aufeinandergelegt denken muss in die Scheide gefüllt; *s. n.* bedeutet sensorischer Nerv; wie wir später sehen werden, haben nämlich diese Muskelfasern auch motorische Nervenendigungen; doch hätte ich erstere viel länger zeichnen müssen, um auch diese anbringen zu können.

Wir kommen nun zu einer physiologischen Frage: Was ist die Function dieser Organe?

Ich vertrete die Ansicht, dass diese Organe die sensorischen Endorgane der Muskeln sind, dass hier die centripetalen Nervenströme ihren Ausgang nehmen, welche dem Muskelgeföhle zu Grunde liegen. Bisher haben die Histologen wenig befriedigendes über die sensorischen Nerven der Muskeln gebracht und würde mit der Feststellung dieser Organe als der Geföhlsorgane der Muskeln eine Lücke ausgefüllt sein.

Folgende Ueberlegung begründet mir diese Ansicht. Einmal passt die Structur dieser Organe ausgezeichnet für solche

Function. Der Nerv, in einem Lymphraum liegend, kann durch seitlichen Druck, sowie auch durch den Zug an der Muskelfaser, mit der er verknüpft ist beeinflusst werden. Es wäre auch daran zu denken, dass er von dem jeweiligen Molecular-Zustand der Muskelfaser Kenntniss nehmen könnte. Dann haben wir ja — wenigstens der Beschreibung nach — ähnliche Organe an den Sehnen, die Sehnenspindeln; wer nicht daran zweifelt, dass diese Gefühlsorgane sind, braucht es bei der Muskelspindel auch nicht zu thun. Drittens unterscheidet sich der Spindelnerv von den motorischen Nerven durch seine Dicke und weite Scheide; und der Einwurf den solche machen möchten, welche Kölliker's Ansicht vertreten, dass es sich hier um eine Wucherung von Muskelfasern handle und der Nerv deswegen so stark sei, weil er eine Anzahl von Muskelfasern zu versorgen habe, trifft nicht zu, weil eine Nervenfasern von gewöhnlicher Dicke ja ganz gewöhnlich eine grosse Anzahl von obendrein ganz dicken Muskelfasern versorgt. Endlich aber bleibt noch eine Thatsache übrig, welche am meisten ins Gewicht fallen und überzeugend wirken dürfte, und das ist diese: Die Muskelfasern, welche an einer Stelle modificirt die Spindel bilden helfen, haben an davon entfernten Stellen die gewöhnlichen motorischen Nerven, wie auch ihre Nachbarn sie haben.

Die motorische Endigung der Schlangen-Muskelfasern habe ich in Fig. 1 bei *m. n.* gezeichnet und die Fig. 3 bringt die motorischen Nervenendigungen des Frosches. Die Zeichenfläche war nicht gross genug, um sie den beiden Muskelfasern von Fig. 2 anzuzeichnen. Die Endigung der Schlangenfaser ist entsprechend der Dicke der Muskelfasern klein, die Endfasern des Froschnerven sind der Art, wie man sie oft an kleinen Muskelfasern, z. B. in der Zunge findet. Die Zeichnung ist diagrammatisch, bringt aber nur Thatsachen. Diese motorischen Endigungen habe ich bei der Schlange oft in grosser Entfernung von der Spindel getroffen, näher oft beim Frosche.

Man braucht diese motorischen Endigungen nur oberflächlich anzuschauen und mit den Spindelnerven zu vergleichen, um die Einsicht zu gewinnen, dass es sich bei den Spindelnerven um etwas ganz Anderes handeln muss, als bei den gewöhnlichen motorischen Endfasern. Man kann auch sofort der Ansicht widersprechen, dass die Spindelnerven die motorischen seien, indem

man eben zeigt, dass diese Muskelfasern wo anders die ihnen zukommenden motorischen Endapparate haben.

Auch hat Sherrington, dessen Arbeit im Journal of Physiology ich vor einigen Monaten nur flüchtig lesen konnte, experimentelle Beweise für die hier vertretene Ansicht gebracht.

Wenn man sich nun nach anderen Erklärungen umsieht, so haben wir den Ausspruch, dass diese Organe pathologische Bildungen seien. Wer je die planvolle und elegante Structur einer solchen Spindel bei der Schlange beobachtet hat, kann sich über eine solche Ansicht nur wundern.

Dann hätten wir noch die Ansicht von Kölliker. Dieser Forscher widmet diesen Organen nicht weniger als sechs Seiten und nennt sie Muskelknospen, weil er die Ansicht vertritt, dass hier ein Spaltungsprocess vor sich gehe, dass eine Anzahl junger Muskelfasern aus einer vollentwickelten gebildet werden. Ich sehe keinen Grund zu dieser Annahme, ausser der Kernanhäufung, die aber an und für sich doch nicht entscheidend ist. Schon an der Thatsache, dass man bei der Schlange (so weit ich gesehen) immer eine einzelne Muskelfaser findet, scheitert diese Theorie und dann kann ich andererseits an den Muskelfasern des Frosches in einiger Entfernung von der Spindel nichts Auffallendes an den Fasern finden. Man sieht da keine Zeichen, dass die Muskelfaser eine eben frisch formirte wäre, dann sollte man doch diesen Process in verschiedenen Stadien, und die Kernanhäufung auf grossen Strecken sehen; und was soll endlich die Henle'sche Scheide, man braucht sie doch nicht zur Neubildung frischer Muskelfasern. Nach meiner Meinung hat eben Kölliker einen oder den Hauptpunkt bei diesen Organen übersehen. Er kennt bloss den Spindelnerven und spricht ihn als motorischen Nerven an. Wenigstens erwähnt er keine anderen Nerven und hebt nicht den Unterschied zwischen den beiden Gattungen hervor. Hätte er dieses gethan und wäre er von der Schlange ausgegangen, anstatt vom Frosche, so wäre er vielleicht anderer Ansicht geworden. Ganz unwiderleglich wäre der Beweis, wenn man nach Durchschneidung hinterer Wurzelfasern distal vom Ganglion Entartung im Spindelnerven finden könnte. — Aber auch so haben wir wohl eben so gute Beweise für die Function der Muskelspindeln wie für die der Sehnenspindeln. Wenn ich recht verstehe, so vertritt Kerschner auch die Ansicht, dass



die Spindeln sensorische Organe sind. Ich will noch hinzufügen, dass meine Arbeit und auch meine Resultate ganz unabhängig von Einflüssen seitens Kerschner's sind, da ich nie eine bekehrende (nur eine referirende) Arbeit von ihm gelesen und keine seiner Abbildungen gesehen habe. Sätze also, in denen wir übereinstimmen, beruhen auf von einander unabhängigem Zeugniß.

Ich will nun noch schliesslich ein wenig über meine Arbeit an den motorischen Endigungen der Schlange berichten, damit es sich zeige, ob und wie weit die dabei angewandte Methode neben anderen Berechtigung hat und um zugleich einige Schwierigkeiten zu erwähnen, die mir vielleicht benommen werden können. Zur Erläuterung habe ich eine Anzahl von Zeichnungen beigelegt, welche möglichst genau (jedoch ohne camera) angefertigt sind und zu welchen von 4—14 eine Immersionslinse verwendet worden ist.

Unter den Muskelfasern der Schlange giebt es auch gröbere und feinere und scheinen nur die letzteren besonders geeignet für das Verständniss der musculo-motorischen Endigungen zu sein, einmal weil man wegen ihrer geringen Dicke hier einen sehr günstigen Hintergrund für den Nerven hat und zweitens, weil man es nur hier mit wirklich einfachen Nervenendigungen zu thun hat, denn, wie wir später sehen werden, besteht das gewöhnlich als Endplatte bezeichnete Organ aus einem Bündel solcher einfacher Endigungen, wie man sie auf den dünnen Muskelfasern findet. Es ist also sehr verkehrt von diesen Endplatten auszugehen bei der Beschreibung der motorischen Nervenendigungen, und die Nervenendigungen beim Frosche sind die Einfachheit selber, verglichen mit den Endplatten der Schlange.

Die Nervenfasern, welche diese dünneren Muskelfasern versorgen, sind fast immer nackt, entbehren der Henle'schen Scheide und haben keine oder eine dünne Myelinscheide.

Anstatt eine längere Beschreibung zu geben, verweise ich nun auf die Abbildungen und mache nur bei einigen auf Punkte aufmerksam, die mir wichtig sind.

In Fig. 4 sehen wir, wie bei *a* die Henle'sche Scheide aufhört und ich habe bis jetzt nichts gesehen, was mir zeigte, dass es sich, was die Henle'sche Scheide betrifft, bei der

Schlange anders verhalte als beim Forsch, wo man fast jedesmal die Stelle angeben kann, wo die Henle'sche Scheide aufhört, so dass also kein Grund vorhanden ist zur Annahme, dass die Henle'sche Scheide etwas mit den wirklichen Endfasern zu thun hat. Wir sehen dann weiter, dass von der nackten Endfaser eine Anzahl grösserer oder kleinerer Läppchen oder Plättchen abgehen; endlich bemerken wir noch einige Kerne *b*, welche den Kernen an den Endfasern der Fasern beim Frosche entsprechen und also zur Schwann'schen Scheide gehören.

Fig. 5 zeigt ähnliche Läppchen mit den Kernen der Schwann'schen Scheide (*b*).

In der 6. und 7. Figur mache ich auf die Kerne aufmerksam, welche ich mit (*s*) bezeichnet und denen ich einen starken Rand gezeichnet habe, um sie auffällig zu machen. In Wirklichkeit haben sie eine blasse Farbe und sind wohl flach. Diese entsprechen gewiss den Sohlenkernen von Kühne. Was einem an ihnen auffallen muss, ist die grosse Entfernung von den Endläppchen. Was ist nun ihre Bedeutung. Nach Kühne — und Kölliker stimmt ihm hierin bei — befindet sich, da wo die Nerven sich ansetzen, eine feinkörnige Substanz. Dieser wären diese Kerne zuzurechnen. Doch sollen manchmal auch diese Sohlenkerne fehlen (nach Kölliker).

Was nun diese Kerne betrifft, so habe ich sie meistens gesehen, aber was die granulirte Substanz betrifft, so kann ich nicht dasselbe sagen — nur selten konnte ich derartiges erkennen.

Was diese Kerne selbst anlangt, so halte ich sie vorerst, bis ich weitere Erfahrung gesammelt habe, für Kerne, welche den Binde-substanzen oder dem Bindegewebe angehören, weil sie diesen Kernen, welche man sonst auf und zwischen den Muskelfasern findet, so ähnlich sind, dass ich sie nicht von denselben unterscheiden kann.

Da mit dem Nerven oft auch mehr faseriges Bindegewebe an die Muskelfaser tritt, könnte man auch mehr solcher Kerne erwarten. Dass diese Kerne jedoch der Schwann'schen oder Henle'schen Scheide angehören sollen, wie Kölliker meint, das glaube ich bestimmt verneinen zu können. Ebenso bestimmt muss ich von der Hand weisen, dass sie irgend einer Substanz unterhalb des Sarcolemma angehören; das sogenannte Sarco-

plasma, oder lieber das Gerlach'sche Fasernetz zeigt absolut keine Modification im Bereich der Endplatten oder Endfasern.

Dann wäre in Figur 6 besonders auf die zweierlei Endigungsweisen des Nerven aufmerksam zu machen, einmal bei *M* haben wir die flache dünne, blass blaue Platte mit einigen dickeren Stellen und dann bei *O* eine Gruppe von Beeren oder Knötchen, welche an feinen Fasern, den Ausläufern der Nerven, hängen und Kernen sehr ähnlich sind. Es giebt noch viel feinere solcher Beeren oder Knötchen und die sie tragenden Fasern sind von ungemeiner Feinheit; auch unter den Immersionslinsen sind sie gewiss oft, selbst wo sie vorhanden sind, nicht zu erkennen. Zwischen diesen beiden Formen von Abbildung 6 giebt es nun Uebergänge; welche Bedeutung aber die verschiedenen Formen haben, ist mir auch nicht klar.

In Fig. 8 sehen wir wiederum eine einzige Endigung, in welcher es sowohl flache Lappen (*m*) mit Schwann'schen Kernen giebt, als auch eine Gruppe kleiner dunklerer Endbeeren (*o*).

Fig. 9 zeigt eine Form der Endigungen, welche sehr häufig ist; wir sehen hier eine Reihe von länglichen Platten an die Faser angereiht und hier sehen wir etwas, was mir nicht ganz klar ist. Von *s* bis *t* sehen wir nämlich eine Reihe Platten, welche auf einer Seite dunkelblau gefärbt sind und das, worüber ich nicht recht ins klare kommen kann ist dies: sind diese dunkelblauen Objecte Kerne, den Schwann'schen Kernen entsprechend, oder sind es nur so dicke Stellen der Endplatten, welche den Endbeeren in Fig. 6 (*o*) entsprechen. Ich gestehe hier meinen Mangel an Kenntniss oder Geschick ein.

Dann habe ich noch Fig. 10, *A* und *B* einerseits und 11 und 12 andererseits neben einander gestellt, weil sie gute Exemplare der beiden Arten der Nervenendigungen sind, indem Fig. 10 *A* und *B* die kleinen aber dickeren und darum sich dunkler färbenden Beeren oder Knötchen zeigt, während in Fig. 11 und 12 die sehr verschiedenartig geformten flachen und darum heller gefärbten Lappen oder Platten zu sehen sind.

Während man es also bei dem Frosche nur mit Fasern zu thun hat, finden wir hier bei der Schlange verschiedenartig geformte Läppchen, Beeren und ausserdem die sogenannten Sohlenkerne. Henle'sche Scheide mit ihren Kernen vermisste ich bei

beiden, während die der Schwann'schen Scheide entsprechenden Kerne sich bei der Schlange wie beim Frosch finden. Indem ich mich nun zu den Endigungen auf den dickeren Muskelfasern wende, will ich gleich hier eines schwachen Punktes der Methode Erwähnung thun. Das Hämatoxylin färbt alles, was Protoplasma oder Kern heisst, mag es sich nun um Nerven oder Muskeln oder sonst etwas handeln. In unserem Material färbt sich nun das Gerlach'sche Fasernetz (oder Sarcoplasma) ganz ähnlich wie die feinen Nerven, und die „Endplatten“ liegen also auf einem diffus blauen Hintergrund, in dem noch die Fasern des Gerlach'schen Netzes, die direct unter der Endplatte sind, sich deutlich zeigen. Man muss also hier bei Verfolgung sehr feiner Fäserchen auf Schwierigkeiten stossen und auch dünnere diffuse Schichten Protoplasmas auf dem blauen Hintergrund sind schwer genau zu sehen und zu verstehen.

Wenn es möglich wäre, den Inhalt des Sarcolemmaschlauches ganz oder theilweise zu entleeren, so würde dieser Schwierigkeit abgeholfen sein und ich glaube, dass die Methode dann alles so deutlich zeigen würde, wie beim Frosche. Vielleicht lässt sich das bewerkstelligen und ich erwähne hier, wie ich zu leeren (und was besser ist) halbleeren Sarcolemmaschläuchen beim Frosche gekommen bin. Doch habe ich keine weitere, als diese eine zufällige Erfahrung. Ich legte nämlich gefärbte Muskeln des Frosches in Glycerin, welchem Borax reichlich zugesetzt war, um die Bindesubstanzen zwischen den protoplasmatischen Elementen noch mehr zu entfernen, als es die Essigsäure im Macerationsprocess gethan hatte. Nach 8—10 Monaten, als ich die Muskeln untersuchte, fand ich die schönsten, klarsten Endigungen, die ich je gesehen und ferner, dass viele Sarcolemmaschläuche ganz leer, andere mehr oder weniger leer waren. Letztere boten die schönsten Präparate, weil die Endfasern mehr in ihrer natürlichen Lage bleiben, als bei den ganz leeren. — Vielleicht liesse sich mit Hülfe des Brütofens diese Methode weiter ausbilden und liessen sich dann systematisch leere Sarcolemmaschläuche erzielen.

Eine sehr undankbare Arbeit ist es, die „Endplatten“ oder genauer bezeichnet die zusammengesetzten Endorgane, oder Endbäumchen zu untersuchen, weil man eigentlich kein einziges solches Organ ganz vollkommen verstehen kann. Immerhin giebt es

auch solche, welche zu einem gewissen Grade klar und deutlich sind und dann Licht auf die andern werfen.

Ein solches Präparat bringt Fig. 13. Hier werden einem also doch eine Anzahl von Punkten klar. Einmal sehen wir, dass die Platte kein einfaches Organ ist, dass eine Anzahl feiner Endfasern von ihr abgehen, auf der Nordseite *a, b, c, d, e, f*, dann sehen wir, dass diese Endfasern noch auf eine, hier nur kurze Strecke, von der Henle'schen Scheide begleitet werden, wenn auch kein Grund vorhanden ist zu glauben, dass diese Scheide bis zu den letzten Enden reicht, ebensowenig wie beim Frosche, ferner sehen wir, dass die dünne Centrifaser, welche die Terminalkörperchen trägt und diese selber, welche dunkelblau sind, von einem hellblauen Hals umgehen sind, also wohl von einer dünnen Lage von Protoplasma, wir erkennen auch, dass die einzelnen Gebiete jeder Faser hier von einander getrennt sind, man kann also sehen, welche Endkörperchen zu Faser *a*, welche zu *b* gehören u. s. w. Auf der Südseite des Präparats sind die Sachen nicht so klar, bei *g* sehen wir allerdings eine Endfaser mit ihrem Areal deutlich abgegrenzt und mit ihren Körperchen; bei *m* dagegen sehen wir eine Anzahl Endknoten, welche gewiss auch durch eine Endfaser mit dem Nerven verbunden sind, aber diese Faser selbst nicht und man sieht hier eine zusammenhängende Fläche Protoplasmas ohne Eintheilung für die verschiedenen Fasern.

Die Kerne sind absichtlich weggelassen.

Dann bitte ich noch auf Fig. 14 zu achten. Diese bringt einen Theil einer Endplatte, welche sich auf leerem Sarcolemmaschlauch zeigte. Wir sehen hier zwei Endfasern, von denen eine deutlich einen Kern, der Schwann'schen Scheide angehörig, trägt, wir sehen auch die dunklen Endbeeren aber nicht durch Fasern verbunden, umgeben von dem hellblauen Hals.

Und nun möchte ich auf einen Punkt aufmerksam machen, der mir nicht verständlich geworden ist. Bei der Untersuchung der einfachen Endapparate auf den dünneren Muskelfasern kam mir die Frage, wie Kühne von einem Axio plasma und Stroma reden könne. Als ich aber die Endplatten studirte, erkannte ich, dass er wohl solche Endapparate vor sich gehabt haben müsse, denn hier haben wir allerdings einen inneren sich dunkel färbenden Theil, die feinen Fasern und Beeren, und einen blässeren,

den diese umragenden Hals. Wie kommt es nun, dass ich dieses nicht an den einfachen Endapparaten gesehen habe. Es wird mir schwer zu glauben, dass diese anders gebaut sein sollen? Habe ich etwa dort diesen Hals übersehen, da er nicht so deutlich entwickelt ist oder haben die flachen Läppchen auch ein Axioplasma, das ich übersehen hätte?

Was wir also von den Endplatten wissen, ist dieses. Eine Endplatte ist ein zusammengesetztes Organ, und besteht aus einer Anzahl feiner Endfasern, deren jede eine Strecke weit noch von Henle'scher Scheide umgeben ist, die wiederum noch mit einem Kern versehen sein kann; die eigentlichen Endfasern haben oft noch die der Schwann'schen Scheide entsprechenden Kerne, und die feinen Endfasern tragen dann die Endbeeren, welche zusammen mit den letzten Endfasern mit einer Hülle von Protoplasma umgeben sind. Unter allem diesem liegen dann oft noch 4—6 Kerne, die sogenannten Sohlenkerne. Der Regel nach liegen nun die Endapparate der verschiedenen Endfasern dicht aneinander, so dass an eine Trennung der einzelnen Areale bei der Untersuchung nicht zu denken ist, wenn sie auch manchmal theilweise durchführbar sein mag. Dann haben wir Endfasern verschiedener Länge, welche öfters quer übereinander herziehen, so dass vielleicht der Kern der Henle'schen Scheide von Nr. 1 über dem Schwann'schen Kern von No. 2 zu liegen kommt, und dieser vielleicht über den Endbeeren von Nr. 3 ruht. Um das Bild noch schwieriger für das Verständniss zu machen, sind dann noch die Sohlenkerne im Hintergrund.

Wenn man diese Endplatten mit mittelstarken Systemen untersucht, so sieht man einen runden oder länglich runden flachen Kuchen von hellerem Farbenton, in welchem man zweierlei dunkelblaue Figuren sieht, die kleineren den Endbeeren entsprechend, die grösseren den Kernen, dann kann man auch meistens erkennen — wenn auch nicht so ganz deutlich —, dass der myelinhaltige Nerv nicht direkt in diese Platte einmündet, sondern sich vorher verzweigt.

Ich gestehe, dass es mir unmöglich ist, irgend eine solche Endplatte vollkommen zu interpretiren. Wir haben es mit dreierlei Kernen zu thun, und man müsste bei jedem sicher entscheiden, zu welcher Classe er gehört; die feinen Fasern, welche für die stärksten Systeme eminent zarte Gebilde sind, werden von dunkelgefärbten Endknoten und Kernen verdeckt; eine Faser ist kurz,

die andere lang und sie kommen, nicht in derselben Ebene von der Hauptfaser abgehend, über einander zu liegen. Wenn man dieses alles bedenkt, so ist nicht zu erwarten, dass auch ein noch so gut gefärbtes Präparat darum immer zu interpretiren sei in allen seinen Einzelheiten.

Auch unter den Autoritäten scheint, trotz der Goldmethoden ohne Zahl, doch eigentlich nicht viel mehr fest angenommen zu sein als eben das, was ich auch mit schwächeren Vergrößerungen unterscheiden kann. Kölliker z. B. lässt es dahin gestellt, ob die sogenannten Sohlenkerne der Schwann'schen oder Henle'schen Scheide angehören. Ich glaube, dass man sich durch die angegebene Methode überzeugen kann, dass diese Kerne von denen der Henle-Schwann'schen Scheiden unterschieden werden können und müssen.

Was die Lage der Endapparate, ob unter oder über dem Sarcolemma, betrifft, so habe ich Manches gesehen, was für die Lage über, aber nichts, was für die Lage unter dem Sarcolemma spricht. Vielleicht ist es mir vergönnt, ein anderes mal über diesen Punkt zu reden.

Was nun die Leistungsfähigkeit dieser Methode im Vergleich zu den Goldmethoden betrifft, so muss das Urtheil hierüber denen überlassen werden, die beide gleich gut zu handhaben verstehen. Vermuthlich wird die eine die andere unterstützen, indem gewisse Verhältnisse besser durch die eine, gewisse durch die andere aufgeklärt werden können. Vergessen freilich darf bei der Abschätzung die Leichtigkeit der Essigsäure-Haematoxylin-Methode nicht werden. Die Demonstration der Muskelspindeln der Schlange könnte ganz gut in den elementaren histologischen Cursus aufgenommen werden. Nur beachte man, dass nicht das Färben, sondern ein gründliches und genaues Macerationsverfahren das Geheimniss der Methode ist. Die Formel zur Bereitung des Ehrlich'schen Haematoxylin, das ich brauche findet man z. B. in Orth's Histologie 4. Aufl. pag. 55, und man kann 4 Wochen und 1 Jahr altes verwenden. Beim Färben braucht man sich nicht genau an die von mir vorgeschlagene Stärke der Flüssigkeit zu halten, lieber verwende man stärkere. Doch hat die jüngere Flüssigkeit den Vortheil, dass man gar nicht überzufärben braucht, und nachher sich das Auswaschen ersparen kann.

