

7963

Gen. Prof. A. Schmidt.

ausgegeben.

J. Prof.



Nekkil.

SEPARATABDRUCK

AUS DER

ZEITSCHRIFT FÜR BIOLOGIE.

S. 1089

Physiologische Untersuchungen an *Eledone moschata*.

Von

J. von Uexküll.

Immer mehr thut sich in der Physiologie das Bestreben kund, neue Objecte zur Lösung alter Fragen zu finden. So kommt es, dass die Wirbellosen in immer weiterem Maasse von der Forschung mit herangezogen werden.

Aber mit den neuen Objecten treten auch neue Fragen auf, die sich nicht bei Seite schieben lassen.

Die ganz abweichende, ja fremdartige Organisation der Wirbellosen drängt uns mit geradezu elementarer Gewalt Fragen auf, die eigentlich in das Gebiet der speciellen Physiologie dieser oder jener Thierklasse gehören.

Daher wird man nicht erwarten können, dass die ersten physiologischen Arbeiten, die sich mit jenen sogenannten „niederen“ Thieren beschäftigen, etwas Abgerundetes und an sich Abgeschlossenes bieten; mag man sich in der Fragestellung von Haus aus auch noch so beschränkt haben.

So ist denn auch die vorliegende Arbeit nach den verschiedensten Seiten hinausgewuchert, ohne dass der einheitliche Plan, der ihr ursprünglich zu Grunde lag, es hätte verhindern können.

Die Aufgabe, die ich mir gestellt hatte, war die Prüfung eines marklosen motorischen Nerven auf Elektrotonus.

Als geeignetes Object hatte mir von Anfang an der Mantelnerv der Cephalopoden vorgeschwebt, und meine Erwartungen wurden nicht getäuscht.

Eledone moschata erwies sich, was die Dauerhaftigkeit und Grösse ihrer Nerven betraf, über Erwarten brauchbar.

Da sie zugleich die verbreitetste Form der Cephalopoden ist, habe ich mich hauptsächlich auf sie beschränkt und andere Arten nur zum Vergleich herangezogen.

Ich lasse sogleich die Präparation des Mantelnerven von *Eledone moschata* folgen, an dem ich die Frage nach dem Elektrotonus zu lösen versucht habe.

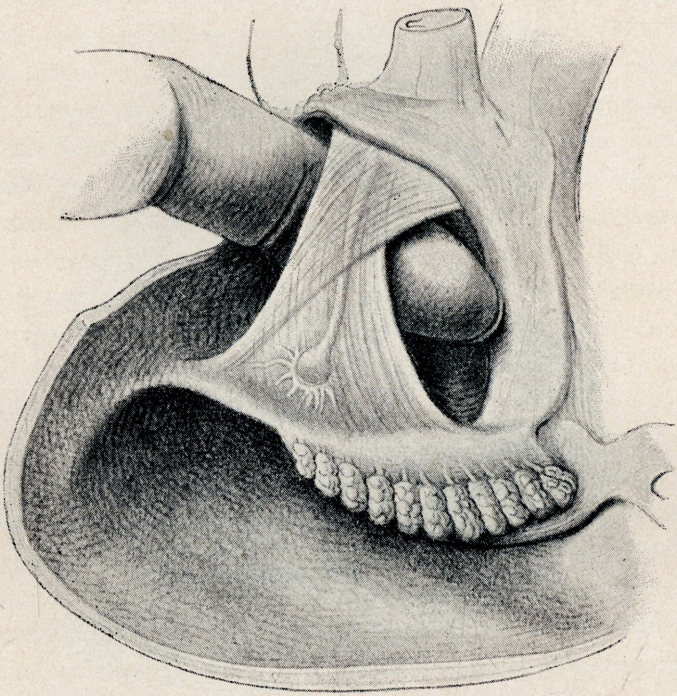


Fig. 1. Mantelnerv von *Eledone moschata* in natürlicher Lage.

Die Präparation ist folgende:

Um das Thier zu tödten, setzt man es in eine Präparirschale und öffnet ihm dann mit einem Schnitt in der Medianlinie zwischen den Augen die knorplige Schädelkapsel und zerstört das Supraösophageal-Ganglion. Hierauf werden die Arme abgetragen, die noch nach einer halben Stunde spontane Bewegungen zeigen. Ein Schnitt in der Nähe der Mittellinie durch die Bauchfläche des Mantels

öffnet die Kiemenhöhle. Wird sodann der mediane Muskelbalken an seiner Insertion am Mantel durchgeschnitten, so klappen die beiden Mantelhälften nach links und rechts auseinander. Jetzt liegt das Operationsfeld frei. Der Mantelnerv ist leicht zu finden; jederseits nahe dem Mantelrande verbindet ein platter Muskelbalken den Körper mit dem Mantel. In ihm liegt der Nerv, der beim Uebertritt in den Mantel selbst sich mit dem charakteristischen Ganglion stellatum vereinigt. Nun wird der für die weiteren Eingriffe störende

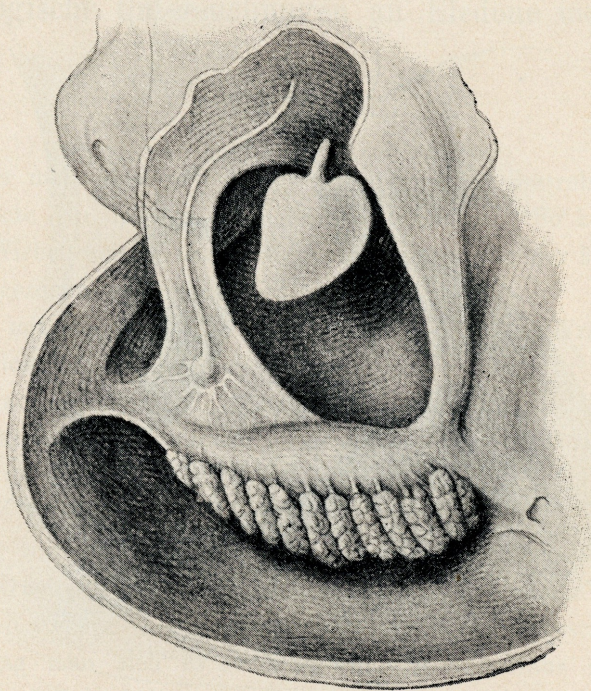


Fig 2. Mantelnerv von *Eledone moschata* freigelegt.

Trichter vollkommen abgetragen und das Thier mit der linken Hand in's Handtuch genommen, und, wie es Fig. 1 zeigt, der Zeigefinger von oben her unter den Muskelbalken gesteckt.

Die schräg vorgezogene Muskelduplikatur entfernt man durch einen seitlichen Schnitt, dann geht man mit einer spitzen Scheere seitlich vom durchschimmernden Nerven in die Muskulatur mit einem langen Schnitt ein. (Am Besten führt man den ersten Schnitt

in der Richtung vom Körper zum Mantel.) Die Wände des muskulösen Hohlraumes, in dem der Nerv liegt, klaffen auseinander und der Nerv wird frei. Es ist vortheilhaft, das ihm anhaftende Bindegewebe gleich jetzt abzuschneiden. Damit ist die periphere Hälfte des Nerven präparirt.

Um der centralen Hälfte beizukommen, sticht man dicht oberhalb (d. h. kopfwärts) des Nerven mit der spitzen Scheere durch die Leibeswand und führt einen schräg nach oben verlaufenden Schnitt bis zum Kopf. Die Leibeswand klafft und häufig springt die untere Speicheldrüse vor; sie wird herausgezogen (Fig. 2) und abgeschnitten. Nun ist der weitere Verlauf des Nerven erkennbar. Etwas störend ist es, dass alle Gewebe weiss sind und spiegeln. Um dem Nerv bequem beizukommen, schneidet man nun auch unterhalb des Nerven, dem Verlauf desselben folgend, die Leibeswand durch, so dass derselbe auf ein schmales muskulöses Band zu liegen kommt, das man nach Belieben über den Finger nehmen und dehnen kann. Die Freilegung des Nerven erfolgt wieder durch sorgfältiges Abtrennen des Bindegewebes. Darauf wird er selbst central durchschnitten. Eine Wirkung dieses Schnittes auf das Erfolgsorgan ist nicht erkennbar.

Der sich stark zusammenziehende Nerv wird nun, nachdem das Thier hingelegt worden, am centralen Ende mit der Pincette gefasst, gehoben und zurückgeschlagen, wobei das etwa noch anhaftende Bindegewebe und einige abgehende Nervenfasern durchschnitten werden. Ein für den jeweiligen Zweck passendes Mantelstück wird nun herausgeschnitten, wobei man, um die Rückenmuskulatur auszuschalten, im Bogen, dicht hinter dem Ganglion stellatum, herumgeht, und das Nervmuskelpräparat ist fertig.

Die Präparation erfordert ungefähr die doppelte Zeit wie die Herstellung des Nervschenkelpräparates beim Frosch.

Das Nervmantelpräparat vom *Octopus vulgaris*, den man in jeder Grösse haben kann, wird auf die gleiche Weise hergestellt.

Etwas anders ist der Verlauf des Nerven bei *Sepia*, doch wird man sich leicht am Object darüber orientiren.

Das Nervmuskelpräparat von *Eledone* zeigt folgende grundsätzliche Unterschiede gegenüber dem des Frosches:

- 1) der Nerv ist marklos,
- 2) ein Ganglienhaufen ist in seinen Verlauf eingeschaltet,
- 3) die Muskulatur ist glatt.

Die erste Eigenschaft ist es, die vor allem Interesse erweckt, wir haben es hier mit einem marklosen, vorwiegend motorischen Nerven zu thun, der sich in der bequemsten Weise handhaben lässt. Er ist ebenso dauerhaft wie der Frosch-Ischiadicus und entspricht demselben so ziemlich, was Länge und Dicke betrifft, nur ist er viel weicher.

Die beiden anderen Eigenschaften des Präparates sind gleichfalls von Interesse. Nur ist das Ganglion stellatum so ausserordentlich complicirt gebaut, dass an ein Uebersehen der sich hier abspielenden Vorgänge vorerst gar nicht zu denken ist.

Die Muskulatur¹⁾ besteht aus lauter sehr schmalen 1—2 mm langen, nicht quergestreiften Muskelfasern, die der Hauptmasse nach zu einem complicirten Netzwerk verbunden sind.

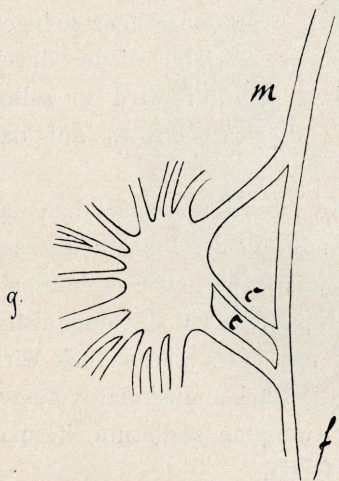


Fig. 3. Mantelnerv u. Ganglion stellatum von Sepia.

m = Mantelnerv. *g* = Ganglion.

f = Flossennerv. *cc* = Commissuren.

Vom Ganglion stellatum strahlen seitlich eine grössere Anzahl von Nerven aus, die der Innervation der Mantel- und Hautmuskulatur dienen. Soviel ich gesehen, gaben alle motorische Effecte. Ein stärkerer Strang zieht vom untersten Winkel des Ganglion gerade nach abwärts und innervirt die Rückenmuskulatur, welche zur Streckung des Thieres in der Längsachse dient. Ihm homolog verläuft ein Strang bei Sepia, die keine Rückenmuskulatur besitzt; hier

dient, wie man sich leicht überzeugen kann, derselbe Nerv der Innervation der gesamten Flossenmuskulatur. Und entsprechend der Thatsache, dass die Flossen bei Sepia unabhängig von den

1) Ballowitz, Muskelfaser der Cephalopoden. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 39.

übrigen Körperbewegungen schlagen, tritt der Nerv nicht in das Ganglion, sondern ist, wie Fig. 3 zeigt (die ich nach Dr. Jatta's Zeichnung copirt habe), mit dem Ganglion nur durch zwei Quervercommissuren verbunden. Schneidet man alle Stränge, die zum Ganglion führen, durch, so kann man vom Centralende des Mantelnerven aus die Flossen selbständig zur Contraction bringen.

Wenn die Nerven von Sepia im Gegensatz zu denen von Eledone und Octopus nicht so ausserordentlich hinfällig wären, so liesen sich an dieser Combination von Nerv und Ganglion die interessantesten Probleme lösen.

Die übrigen Stellarnerven von Eledone innerviren alle bestimmte Bezirke des Mantels; die Längsaxen dieser Ausbreitungsbezirke stehen rechtwinklig zur Längsaxe des Körpers und decken sich nicht mit der Längsaxe des zugehörigen Nerven.

Um an die einzelnen Stellarnerven bequem heranzukommen, muss man die derbe Bindegewebsmembran, die den Mantel innerlich überzieht, vorsichtig entfernen. Die Reizung ergibt an allen Nerven zuerst ein Zusammenkrümmen des Mantels nach innen, dann tritt bei weiterer Reizung bald eine Streckung desselben in der Längsaxe des Körpers ein. (Ein Effect, den man vom letzten Stellarnerven, der die Rückenmuskulatur innervirt, sofort erzielt.) Zuletzt, nach starker Ermüdung des Präparates, zeigt sich Rückwärtskrümmung und deutliche Erweiterung des Mantels. Es ist nun in Folge der höchst complicirten Anordnung der Muskelfasern gar nicht zu entscheiden, ob diese Erweiterung auf eine aktive Dehnung zu beziehen ist oder nicht. In der Hoffnung, besondere Nervenfasern, die diesen Effect erzielen, zu constatiren, habe ich unipolare Reize angewandt, wobei das ganze Präparat auf isolirten Kochsalzthon gebracht und mit einer spitzen Nadel gereizt wird. Und in der That habe ich sowohl vom Mantelnerven sowie vom Ganglion verschiedene Effecte erzielt, sowohl Krümmung wie Streckung und Erweiterung. Doch waren die Stellen für die einzelnen Effecte nicht festzuhalten. Deswegen muss man dem Problem noch von anderer Seite beizukommen suchen, worauf ich bei Besprechung der Athmung zurückkommen werde. Zu erwähnen ist noch, dass man bei Reizung des Mantelnerven, sowie auch beim Hinwerfen von

Mantelstücken und bei direkter Reizung des Mantels eine Doppelbewegung eintreten sieht. Erst ein Zusammenziehen, dann ein Auseinanderfahren, und letzteres scheint keine blossе Erschlaffung zu sein. Besonders spricht dafür, dass bei directer Reizung des Mantels die gereizte Stelle sich erst zusammenzieht, sich dann häufig über normal ausdehnt und so stehen bleibt, so dass eine kleine Mulde entsteht, in deren Tiefe man das Maschenwerk der Muskulatur erkennt. Bei directem Aufsetzen der Elektroden auf den Mantel bleibt die Reizung streng localisirt, obgleich sich Stromschleifen über den ganzen Mantel hin ausbreiten, was man an aufgelegten Froschschenkelpräparaten erkennen kann. Was noch über die Muskulatur zu sagen ist, bringe ich besser im Anschluss an die Nervenversuche.

Mechanische und chemische Reizung des Nerven.

Jede Art der mechanischen Reizung ist auf die centrale, in der Leibeshöhle gelegene Hälfte des Mantelnerven unwirksam. Aehnlich verhält sich die periphere Hälfte; nur in der Nähe des Ganglion habe ich Effecte durch Durchschneidung und Unterbindung erhalten. Dagegen reagiren die Stellarnerven stets auf den Schnitt, wie auch ein Schnitt in's Ganglion selbst wohl immer Effect hat. Die Erklärung dieses Gegensatzes ist schwierig, doch muss man bedenken, dass der Mantelnerv in der Nähe des Schlundringes viel weicher und nachgiebiger ist als im peripheren Theil, so dass er an seiner Ursprungsstelle aus dem Gehirn eher platt als rund erscheint. Die Stellarnerven dagegen sind rund und fest.

Durch Glycerin, concentrirte Kochsalzlösung oder Eintrocknen erzielt man keine Wirkung auf den Mantelnerven, dagegen wirken Ammoniakdämpfe auf den Mantel ein, ob auf den Nerv allein muss noch geprüft werden.

Elektrische Reizung.

Zur Reizung des Mantelnerven mittels des Inductionsschlittens bedarf es etwas stärkerer Ströme als zur Reizung der Froschmuskulatur. Empfindlicher ist der Nerv für den constanten Strom. Allerdings erzielt man mit einem einfachen Plattenpaar keinerlei Effecte, aber die Ströme, die beim Frosch die höchste Stufe des

Zuckungsgesetzes hervorrufen, wirken in ähnlicher Weise auf die Nerven von Eledone.

Hiermit komme ich zum eigentlichen Thema. Zur Reizung durch den constanten Strom wie auch zur Ableitung zum Capillarelektrometer benutzte ich die Dubois'schen Kochsalzthon-Elektroden, obgleich ich mir sehr wohl bewusst bin, dass die physiologische Kochsalzlösung für Eledone viel concentrirter sein muss als 0,6 %. (Darüber gibt schon der Geschmack des Nerven Aufschluss.)

Doch hatte ich nicht Gelegenheit, die geeignete Lösung aufzusuchen, und habe mich überzeugen können, dass für das Capillarelektrometer die gewöhnliche Lösung ohne Schaden angewandt werden kann. Elektroden, die mit Meerwasser geknetet waren, waren nicht stromlos.

Als constante Batterie dienten 12 kleine Daniell's, die mit einem primitiven aber brauchbaren Rheochord verbunden waren.

Zum Versuch wird ein Mantelstreifen in der Nähe des Ganglions mit Igelstacheln an ein Korkstück befestigt, so dass das seitliche Ende frei herabhängt. Das Ergebniss der Reizung mit constantem Strom war folgendes: Oeffnung und Schliessung mittelstarker Ströme in beiden Richtungen gaben jedesmal Zuckung. wurde die Stromstärke gesteigert, so rief beim normalen Nerven die Schliessung des absteigenden Stromes ausnahmslos Tetanus hervor, der so lange anhielt, als der Strom geschlossen war. War der Nerv angegriffen, so trat häufig nur eine einzelne Contraction ein. Die Oeffnung des absteigenden Stromes gab keine Zuckung.

Der starke aufsteigende Strom rief keine Schliessungserregung hervor, dagegen einen Oeffnungstetanus, der sehr lange anhielt, sich aber bisweilen in eine active Erweiterung umkehrte.

Der Tetanus, der bei Schliessung des absteigenden Stromes entsteht, ist keineswegs immer continuirlich, es zeigt sich in vielen Fällen eine rhythmische Erregung, und zwar verlaufen die Contractionen mit gleichen Intervallen wie die Athembewegungen.

Dass in ganz normaler Weise an der Anode herabgesetzte Erregbarkeit herrscht, konnte mit Sicherheit nachgewiesen werden. Wenn bei aufsteigendem Strom die Elektroden des Inductoriums extrapolar in der Nähe der Anode lagen, so trat bei Schluss des

constanten Stromes sofort Ruhe ein, wenngleich die Erregung durch die Inductionsschläge erheblich gewesen war. Bei Oeffnung des aufsteigenden Stromes tritt so wie so Tetanus ein, so dass dies den Beweis nicht verstärken kann. An der Kathode scheint nicht allein erhöhte Erregbarkeit zu herrschen, sondern es scheint normaler Weise Erregung von ihr auszugehen.

Eine Strecke des Nerven für einen zweiten Reiz mittels des constanten Stromes undurchgängig zu machen, ist mir nicht gelungen, leicht ersichtlich wesshalb. Bei absteigendem Strom herrscht an und für sich Tetanus und beim aufsteigenden geht der zweite Reiz zuerst durch eine bereits in Erregung begriffene Strecke, die beiden Reize summiren sich, durchbrechen die Anodenstrecke und rufen daher Tetanus hervor.

Dass thatsächlich zwei elektrische Reize, einer am peripheren und einer am centralen Ende des Nerven angebracht, sich immer summiren, habe ich häufig genug gesehen. (Selbstverständlich wurden zu diesem Versuche zwei Inductorien verwendet.)

Die eben erwähnten Versuche bewiesen eine weitgehende Analogie zwischen den Frosch- und Eledonenerven. Doch wird man wohl mit Recht das verschiedene Verhalten der Anoden- gegen die Kathodenstrecke dem Einfluss des constanten Stromes auf den Axencylinder selbst zuschreiben. Ein durchgreifender Unterschied zwischen markhaltigen und marklosen Nerven liess sich nach der Hermann'schen Theorie erst bei der Frage nach dem Elektrotonus im engeren Sinne, d. h. bei der Frage nach dem Auftreten der Dubois'schen Zuwachsströme, erwarten.

Wie aus Kühne's und Steiner's Versuchen¹⁾ hervorgeht, scheint der marklose Olfactorius des Hechtes keinen Elektrotonus zu zeigen. Marklose motorische Nervenfasern sind meines Wissens darauf hin noch nicht geprüft worden.

Zwei Mittel gibt es, um der Elektrotonus-Frage näher zu treten: 1) das physiologische Rheoskop, das das Vorhandensein der Dubois'schen Ströme durch die secundäre Zuckung vom Nerven aus anzeigt,

1) Untersuchungen aus dem physiol. Institut Heidelberg. Bd. 3.

2) das Capillarelektrometer zur directen Beobachtung der elektotonischen Ströme.

Ich habe beide Mittel benützt und lasse die Versuchsergebnisse hier folgen.

Secundäre Zuckung vom Nerven aus.

Um bei Lösung dieser Frage nicht in Irrthümer zu verfallen, wurden, wie auch bei den vorigen Versuchen, immer Parallel-Versuche bei gleicher Anordnung am Froschnerven angestellt. Es wurde ein Froschnerv auf die Electroden gelegt, mit dem Rheochord die günstigste Stromstärke aufgesucht und der stromprüfende Schenkel aufgelegt. Die Entfernung, in der er noch zuckte, notirt, der primäre Nerv durchschnitten und wieder angeklebt; blieb die Zuckung aus, so war man sicher, es mit Elektrotonus zu thun zu haben. Nun wurde als primärer Nerv der Mantelnerv von Eledone genommen, der vor dem Abschneiden oberhalb des Ganglions auf seine Lebensfähigkeit mittels Inductionsreizung geprüft war und auf die Electroden, die in derselben Entfernung stehen geblieben waren, aufgelegt, dieselbe Stromstärke benutzt oder etwas gesteigert. Das Resultat ergab ausnahmslos, dass der Froschschenkel erst zuckte, wenn er den Electroden beinahe anlag, so dass man in den meisten Fällen eine Durchschneidung nicht vornehmen konnte. In den Fällen, wo sie doch ausgeführt wurde, zeigte sich mit Ausnahme eines Einzigen, dass Stromschleifen im Spiel waren. Hierbei wurden jedesmal beide Stromrichtungen auf Schluss und Oeffnung geprüft. In einem Falle beließ ich das Mantelstück am Nerven und während dasselbe das Zuckungsphänomen für starke Ströme zeigte, blieb der Froschschenkel, obgleich er sich in allernächster Nähe der Electroden befand und obwohl er vollkommen erregbar war, die ganze Zeit in Ruhe.

Ich habe im Ganzen an neun einwandsfreien Nerven dasselbe Resultat erhalten, während die Parallel-Versuche jedesmal Elektrotonus am Froschnerven zeigten. Ein Octopusnerv verhielt sich ebenso.

Hierauf ging ich zur Prüfung derselben Frage durch das Capillarelektrometer über.

Prüfung durch das Capillarelektrometer.

Das Capillarelektrometer, das ich benutzte, ist nach Kühne's Angaben bei Desaga in Heidelberg verfertigt; es ist mit schwacher Schwefelsäure gefüllt und braucht etwas über einen Meter Quecksilber-Druck. Die Linse, die ich benutzte, war Hartnack 7 und das Mikrometerocular No. 2. Das Instrument dient mir über zwei Jahre und hat, wie ich mehrfach constatiren konnte, einen absolut sicheren Null-Punkt. Es arbeitet sehr prompt und ist in der Strecke, die ich benutze, vollkommen gleichmässig, d. h. jeder Theilstrich der Scala entspricht dem gleichen Druckzuwachs.

Um seine Empfindlichkeit zu charakterisiren sei erwähnt, dass es den Schlag des menschlichen Herzens, wenn man eine Electrode in die rechte Hand nimmt und die andere auf die Herzspitze aufsetzt, mit aller wünschenswerthen Deutlichkeit anzeigt. Dafür ist es für Spannungsdifferenzen überempfindlich, so dass es an Gewittertagen vollkommen unbrauchbar wird.

Bevor ich auf die Elektrotonus-Resultate eingehe, will ich eine Reihe von Zahlen hinsetzen, die zum Vergleich von Frosch- und Eledonenerv im Allgemeinen dienen mögen:

Frosch:		Eledone:	
Nerv	} 40—50	12—22	
Ruhestrom			
Actionsstrom	10—15	3—6	
Muskel	} 150	4	Flosse Sepia
Ruhestrom		21	Fangarm Sepia
(Sartorius)		7	Mantel Eledone
		25	Kiefermuskulatur Eledone
Ventrikel	25	$\frac{1}{2}$	Herz Eledone
		$1\frac{1}{2}$	Herz Octopus.

Diese Zahlen bedürfen einiger Erläuterungen. Die Grösse des Ruhestromes ist für den Eledonenerven in noch höherem Maasse abhängig von der Anlage des Querschnittes an die Electrode als für den Froschnerven.

Die Zahlen für den Actionsstrom beziehen sich auf tetanisirende Reizung. Wie man aus der Tabelle ersieht, ist das Verhältniss von

Actionsstrom und Ruhestrom des Nerven bei Eledone ziemlich dasselbe wie beim Frosch.

Dass die Muskelzahlen bei allen Cephalopoden so beträchtlich zurückbleiben, erklärt sich wohl aus dem eigenthümlichen durchflochtenen Bau der ganzen Muskulatur und der Kleinheit ihrer einzelnen Elemente, die es nicht gestattet, reine Längsquerschnitt-Ableitung zu erhalten. Vielleicht sterben die verletzten Muskelfasern auch zu langsam ab.

Die Flossenmuskeln habe ich gewählt, weil dies der einzige Fall ist, wo die Muskelfasern parallel verlaufen.

Der Fangarm von Sepia ist ausgezeichnet durch seinen Mangel an Saugnäpfen, sowie durch die Einfachheit seines Nerven, in welchem keine Ganglien eingeschaltet sind, was eine gleichmässige Anordnung der Muskulatur zur Folge hat.

Die Kiefermuskeln endlich sollen sich den quergestreiften Muskeln nähern.

Die Herzen, die ringsum abgebunden und mit Blut gefüllt waren, lagen mit der grossen Curvatur auf der einen und mit der Aortemündung auf der andern Elektrode. Von den Kiemenherzen habe ich keinen Ausschlag erhalten können.

Es folgen nun die Parallelzahlen für den Elektrotonus bei Frosch und bei Eledone:

Frosch:	Eledone:
Beim Frosch auf 1 cm Entfernung deutlicher Elektrotonus.	1. Mantelnerv Ausschlag auf 3 mm sichtbar. 2. Mantelnerv gar keiner zu erhalten.
Bei gleicher Entfernung für Beide:	
35 Theilstriche Ausschlag	(Octopus) 1. und 2. Mantelnerv: beide 3 Theilstriche
28 " "	2—0: 1. und 2. Mantelnerv Eledone
35 " "	5: 1. Mantelnerv 3: 2. Mantelnerv.

Hierzu kommen noch vier Fälle, wo kein Elektrotonus nachgewiesen werden konnte, und zwei, in denen der Strom andere Ursachen zu haben schien; denn man darf nicht vergessen, dass von der Kathode Erregung ausgeht.

Die Anlage war meist der gewöhnliche Quer- und Längsschnitt. Im zweiten angeführten Fall war der Nerv an beiden Seiten abgebunden und frei durch die Luft gespannt, die Anlage demgemäss Längsschnitt, Längsschnitt.

Im Grossen und Ganzen bestätigen diese 14 Fälle das Ergebniss des physiologischen Rheoskops. Ein irgendwie beträchtlicher Elektrotonus scheint nicht vorhanden zu sein.

Sekundäre Zuckung.

Secundäre Zuckung war in keiner Form zu erreichen. Directe Muskelreizung durfte nicht angewandt werden, weil, wie gesagt, die Stromschleifen sich über den ganzen Mantel hin fortpflanzten, unipolare Reizung war für diesen Zweck wegen der Kleinheit der einzelnen Elemente nicht anwendbar. Indirect gereizt, versetzt die Muskulatur von *Eledone* weder den Nerv der anderen Seite noch einen Froschnerv in Erregung. Andererseits gelang es auch nicht, das *Eledone*-Präparat vom Froschschenkel aus zu erregen. Eledonenerv an Eledonenerv gelegt, um vermittels der Aufhebung des Ruhestromes (nach Hering) den anderen Nerv zu erregen, ist mir gleichfalls nicht geglückt.

Anhang.

Athmungsbewegungen.

Beim Oeffnen der Kiemenhöhle einer *Eledone*, der man nur das obere Schlundganglion durchschnitten hat, sieht man die Athembewegungen noch regelmässig fortfahren, bis sie nach einiger Zeit erlahmen und aufhören. Nun gibt es zwei Stellen, von denen aus man die Athmung nach Belieben beeinflussen, resp. wieder hervorrufen kann.

Zum besseren Verständniss des Folgenden sei kurz erwähnt, dass bei der Expiration der Mantelrand sich erst fest an Körper und Trichter anlegt und dann eine Contraction des ganzen Mantels

erfolgt, wobei das Wasser aus dem Trichter herausgestossen wird. Bei der Inspiration fährt Anfangs der Mantelrand weit auseinander, worauf sich der ganze Mantel ausdehnt. In Folge dessen dringt von allen Seiten das Wasser in den neugebildeten Hohlraum. Etwas modificirt werden diese Bewegungen, wenn das Thier dieselben zur Fortbewegung benützt. Es schwimmt durch den Rückstoss der Expiration und streckt dabei seinen Körper durch Contraction der Rückenmuskulatur, die bei der gewöhnlichen Athmung nicht mitzuspielen scheint.

Liegt nun das Thier, wie oben beschrieben, schwach athmend vor uns, so genügt ein leiser Druck mit der Pincette an irgend einem Theil der Kieme, um ein kräftiges Auseinanderfahren des Mantelrandes und Inspiration, wenigstens auf derselben Seite, hervorzurufen. Zweitens ruft der leiseste Zug an der Haut des Mantelrandes oder der seitlichen Trichterhaut sofortige Zusammenziehung des Mantelrandes und Expirationsbewegung hervor, wenigstens auf derselben Seite.

Diese Reflexe sind so constant und anhaltend, dass man sie wohl als der Regulirung der Athembewegungen dienend ansehen darf.

Wie sie im normalen Zustand ausgelöst werden, ist leicht ersichtlich. Bei Beginn der Expiration steigt, während das Wasser aus dem Trichter hinausgeschleudert wird, der Druck im Mantelraum beträchtlich. Jeder Druck auf die Kiemen aber ruft, wie wir gesehen, Inspiration hervor. Bei der Inspiration wird die Haut ringsum am Mantelrande und an den Seiten des Trichters stark gedehnt, was wiederum Expiration zur Folge hat. So liegt im Expirationsvorgang ein Reiz für die kommende Inspiration und im Inspirationsvorgang wiederum ein Reiz für die folgende Expiration. In der That eine überraschende Analogie zu den Athemvorgängen höherer Thiere. Ist dieser Zusammenhang an sich interessant genug, so bietet er möglicherweise noch eine Handhabe zur Lösung einer anderen, oben aufgeworfenen Frage: Welches sind die Vorgänge im Mantelnerven, einmal, wenn Contraction, zweitens, wenn Dilation des Mantels eintritt? Leider war ich nicht im Stande, diese Frage ernstlich zu verfolgen, da die richtige Fixirung der Tintenfische noch immer grosse Schwierigkeiten bereitet, doch hoffe ich

in nächster Zeit mit besseren Hilfsmitteln an die Lösung dieses Problems gehen zu können.

Einen Zusammenhang der Athembewegungen mit dem Herzschlag, wie ihn Frédéricq vermuthet, habe ich nicht nachweisen können.¹⁾

Die Chromatophoren.

Die grosse Mehrzahl der Morphologen ist wohl jetzt der Anschauung, dass das Spiel der Chromatophoren rein passiv durch die Contractionen der Hautmuskulatur hervorgerufen wird, allein immer von Neuem werden Ansichten laut, die in den Chromatophoren resp. den Radiärfasern derselben contractile Elemente vermuthen. Die letzte Arbeit hierüber, von Joubin²⁾, erklärt die Radiärfasern in der Jugend für Muskeln, im ausgewachsenen Zustande für Bindegewebe. Dagegen hält er an der Contractilität der Chromatophore selbst fest und zeichnet sogar Nerven, die direct an dieselben herantreten. Es schien mir daher gerechtfertigt, mit einer noch unversuchten Methode diese Frage zu entscheiden. Die Methode, die Erfolg versprach, war die der unipolaren Reizung. (Kühne.)

Die Versuchsanordnung war die gewöhnliche, die auf einer Glasplatte befestigte Kupferplatte stand in Verbindung mit der einen Klemme der Inductionsrolle, während die andere Klemme zur Erde abgeleitet war. Das zu untersuchende Hautstück, dem ich zur Sicherheit noch eine Unterlage von feuchtem Kochsalzthon gab, ruhte auf der Kupferplatte. Gereizt wurde mit einer Nadel, deren äusserste Spitze frei war, während sie oberhalb mit Siegelack isolirt war, mit Ausnahme wiederum des obersten Theiles, der zum Anfassen diente. Die Versuche müssen angestellt werden, nachdem das Anfangs lebhaftes Farbenspiel etwas zur Ruhe gekommen ist.

Die Resultate der Reizung waren folgende:

1. Es ist mir nie gelungen, irgend einen Effect an den Chromatophoren zu erzielen, bevor nicht die Ströme so gesteigert waren, dass die Hautmuskulatur in Thätigkeit kam.

1) Frédéricq, Recherches sur la physiologie du Poulpe commun. Arch. de Zool. exp. Bd. 7, 1878.

2) L. Joubin, Arch. de Zool. exp. 92. 2. Serie, Vol. X, Pl. X.

2. Es ist mir nie gelungen, eine Chromatophore allein zu reizen, obgleich die grossen, ganz vereinzelt stehenden Chromatophoren der Rückenhaut des Körpers sich sehr dazu eignen müssten.

3. Es mir nie gelungen, an Stellen, wo die Chromatophoren dicht gedrängt standen, eine beschränkte Anzahl derselben zu reizen, die der Ausbreitung von Stromschleifen entsprochen hätte. Dagegen

4. habe ich Wirkungen erzielt, die nur nach einer Seite hin sich erstreckten und der Ausbreitung einer kleinen Hautfalte entsprachen, die durch die Hautmuskulatur hervorgerufen war;

5. habe ich Chromatophoren, die ich direct nicht reizen konnte, von einer anderen Stelle aus zur Thätigkeit gebracht.

Diese Thatsachen sprechen alle einstimmig dafür, dass die Chromatophoren selbst nicht contractil sind und dass die Erweiterung derselben allein hervorgebracht wird durch die Contractionen der vielverzweigten Hautmuskulatur, die sich an die bindegewebigen Elemente der Cutis ansetzen, in der die Chromatophoren liegen.

In der That lassen sich alle Erscheinungen, die man an den Chromatophoren beobachtet, vollkommen erklären, wenn man annimmt, dass die Radiärfasern Bindegewebe sind, die Kapsel aber elastisch ist.

Vorliegende Arbeit wurde in den Monaten April und Mai ds. Js. an der Dohrn'schen Station in Neapel vollendet. Für die Ueberlassung eines Tisches in der Station spreche ich einer hohen württembergischen Regierung meinen ergebensten Dank aus.

Während meines Aufenthaltes war ich ganz besonders vom Glück begünstigt, indem ich einerseits mich des Rathes und Beistandes eines so ausgezeichneten Cephalopodenkenners, wie Dr. Jatta es ist, erfreuen konnte, andererseits durch Prof. Schönlein, der soeben aus Chile eingetroffen war, um an der Station eine physiologische Abtheilung in's Leben zu rufen, die wirksamste Unterstützung in meinen speciellsten Arbeiten erfuhr.

Ich bitte daher die beiden ebengenannten Herren, den Ausdruck meines wärmsten Dankes für ihre Freundlichkeit und Liebenswürdigkeit entgegenzunehmen.

Frisches Material stand mir, Dank der vortrefflichen Leitung der Station und Dank der nimmer ermüdenden Zuverlässigkeit des Herrn Lobianco, täglich zur Verfügung.