

(Aus dem physiologischen Institut zu Jena.)

## Zur Physiologie der glatten Muskeln.

Nach gemeinschaftlich mit Dr. M. Simchowitz angestellten Versuchen.

Von

**W. Biedermann.**

Alle bisherigen Untersuchungen über das Verhalten glatter Muskeln gegenüber dem elektrischen Reize schienen übereinstimmend den zuerst von Engelmann eingehend begründeten Satz zu bestätigen, dass, abgesehen von dem viel trägeren Verlauf aller Contractionserscheinungen, kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Verhalten quergestreifter und glatter Muskeln besteht. Insbesondere erschien es nach Engelmann's bekannten Ureterversuchen, mit deren Resultaten meine eigenen Beobachtungen am Schliessmuskel von Anodonta<sup>1)</sup> sich in bestem Einklang befanden, keinem Zweifel unterworfen, dass das Pflüger'sche Gesetz der polaren Erregung durch den elektrischen Strom auch für glatte Muskeln in voller Strenge Geltung hat, indem sich gerade hier mit besonderer Leichtigkeit zeigen liess, wie die Erregung bei der Schliessung des Stromes nur von der Kathode, bei der Oeffnung dagegen nur von der Anode ausgeht. So gross schien die Uebereinstimmung des physiologischen Verhaltens der histologisch so wesentlich verschiedenen contractilen Elemente, dass die Annahme nicht unberechtigt schien, es möchte das Gesetz der polaren Erregung durch den Strom in der für Nerven und quergestreifte Muskeln geltenden Form für alle überhaupt erregbaren Theile Geltung haben, welches auch sonst ihr Bau sein mochte. In der That scheint man sich stillschweigend dieser Ansicht zugeneigt zu haben; einige wenige Thatsachen, welche vor einer zu weitgehenden Verallgemeinerung warnten und mit dem als Regel

1) Sitzungsber. d. Wiener Akademie Bd. XCI, 1885.

geltenden elektrischen Erregungsgesetze nicht in Uebereinstimmung standen, wurden bisher von Seite der Physiologen nur wenig berücksichtigt. Es zählt hierher in erster Linie eine bereits aus dem Jahre 1864 stammende Beobachtung von Kühne<sup>1)</sup> über die elektrische Reizung von Actinosphaerium, eines Rhizopoden, welcher bei Schliessung eines hinreichend starken Stromes stets zuerst an der Anodenseite erregt wird. Dr. Verworn hat in jüngster Zeit auf meine Veranlassung hin diese Versuche über eine grössere Zahl von Protozoen ausgedehnt und ist zu dem bemerkenswerthen Resultate gekommen, dass das erwähnte Verhalten nicht nur eine dem Actinosphaerium allein zukommende Eigenthümlichkeit darstellt, sondern auch bei zahlreichen anderen Formen von Protozoen sich findet<sup>2)</sup>. Es sei hier auch noch an die bisher von Physiologen keineswegs genügend untersuchte sogenannte „Entartungsreaction“ erinnert, welche neben gelegentlichen Beobachtungen an ermüdeten oder absterbenden quergestreiften Muskeln dafür zu sprechen scheint, dass unter gewissen Umständen auch hier eine theilweise oder wohl auch völlige Umkehr der normalen Reactionsweise auf den Strom erfolgen könne.

Die vorliegende Mittheilung bezieht sich nun auf eine Reihe von Beobachtungen an glattmuskelligen Organen (Darm und Ureter), welche sehr dafür zu sprechen scheinen, dass selbst für die glatten Muskeln eines und desselben Organes das polare Erregungsgesetz nicht durchgreifende Geltung besitzt, indem dieselben sich ungeachtet ihrer morphologischen Gleichwerthigkeit dem elektrischen Strome gegenüber doch geradezu antagonistisch verhalten. Während die einen dem normalen Erregungsgesetze folgend bei Schliessung nur an der Kathode erregt werden, geht bei den anderen, ähnlich wie bei den erwähnten niederen Thierformen, die Schliessungserregung ausschliesslich von der Anode aus, während die Oeffnungserregung umgekehrt an der Kathode localisirt erscheint.

Die betreffenden Beobachtungen beziehen sich in erster Linie auf die auch in functioneller Hinsicht als Antagonisten zu bezeichnenden Längs- und Ringmuskeln der Darmwand verschiedener Säugethiere und Vögel.

---

1) Unters. über das Protoplasma und die Contractilität.

2) Pflüger's Arch. Bd. XLV.

Auffallender Weise ist bisher die Wirkung des elektrischen Reizes auf den Darm nur sehr wenig untersucht worden und sind mir ausser einer kurzen Mittheilung von Schillbach<sup>1)</sup> keine anderen auf diesen Gegenstand bezüglichen Arbeiten bekannt geworden. Schillbach giebt an, dass bei Reizung des Darmes mit dem Kettenstrom „an der Kathode nur eine an dem Ort der Reizung beschränkt bleibende Contraction sich bildete“, während an der Anode eine locale Contraction auftrat, die sich wenige Sekunden später in eine intensive peristaltische Contraction nach auf- und abwärts umwandelte.

Es ist in der That nichts leichter, als das Wesentliche der Schillbach'schen Angaben zu bestätigen und sich davon zu überzeugen, dass die Erregungserscheinungen an der Berührungsstelle der Anode ausnahmslos viel stärker ausgeprägt sind und unter Umständen überhaupt nur dort deutlich hervortreten, während die Contraction an der Kathode nur schwach und sehr oft leicht zu übersehen ist. Wie gezeigt werden soll, handelt es sich aber nicht allein um quantitative Verschiedenheiten, sondern vor allem auch um qualitative Unterschiede der polaren Erregungserscheinungen.

Man kann sich bei den ersten orientirenden Versuchen mit Vortheil der von den Pathologen vielfach benützten „unipolaren“ Reizmethode bedienen, indem man die eine unpolarisirbare (Pinsel-) Elektrode an irgend einer indifferenten Stelle des Thieres (Magen, Leber) anlegt, während man mit der anderen beliebige Punkte des blossliegenden Darmes berührt. So lange sich der letztere in situ befindet, erscheint dieses Verfahren vielfach zweckmässiger, als das gleichzeitige Aufsetzen beider Elektroden an zwei verschiedenen Stellen einer Darmschlinge. Als Stromquelle diente gewöhnlich eine Batterie von 8—10 Dan. mit eingeschaltetem Rheochord und Stromwender. Die Versuchsthiere wurden entweder mit Chloral (Kaninchen, Meerschweinchen) oder Morphium und Chloroform (Hunde, Katzen) narcotisirt. Bei ungestörter Athmung und Circulation verhält sich der vorsichtig blossgelegte Darm anfangs fast immer ganz ruhig und nur im weiteren Verlaufe der Versuche, insbesondere bei beginnender Austrocknung der blossliegenden Darmoberfläche sieht man hier und da schwache peri-

1) Virchow's Arch. Bd. 109, 1887.

staltische Bewegungen auftreten, welche sich in der Regel nur über kurze Strecken verbreiten. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, ist es zu empfehlen, die Därme von Zeit zu Zeit mit einem reichlichen Strom erwärmter physiologischer Kochsalzlösung zu überfluthen. Es ist selbstverständlich, dass eine stürmische Peristaltik, wie sie insbesondere nach Verbluten der Thiere fast regelmässig eintritt, für die beabsichtigten Reizversuche wenig günstig ist, obschon die zu schildernden Erscheinungen immer so deutlich ausgeprägt sind, dass man sie selbst unter den allergünstigsten Verhältnissen noch sicher wahrzunehmen vermag.

Berührt man nun bei genügender Intensität des Reizstromes eine beliebige Stelle des erschlafften Dünndarmes mit der Anode, während sich die Kathode, wie erwähnt, an einer indifferenten Stelle befindet, so sieht man sofort eine ringförmige Einschnürung entstehen, welche unter Umständen zum völligen Verschluss des Darmrohres an der betreffenden Stelle führen kann. Diese Contraction bleibt während der Dauer der Schliessung bestehen, vorausgesetzt, dass sich die letztere nicht über eine allzu lange Zeit erstreckt und gleicht sich nach Oeffnung des Stromes ziemlich rasch wieder aus. Besonders schön lässt sich dieser Erfolg der Reizung an Darmschlingen beobachten, welche entweder durch flüssigen oder gasförmigen Inhalt mässig ausgedehnt sind. So lange der blossgelegte Darm noch wenig abgekühlt und daher noch sehr erregbar ist, pflegen bei Schliessung des Stromes neben der localen Contraction der Ringmuskeln an der Anode auch mehr oder minder deutliche peristaltische, beziehungsweise antiperistaltische Bewegungen in der Umgebung der direct gereizten Stelle aufzutreten, von denen sich in diesem Falle kaum mit Sicherheit sagen lässt, ob sie direct durch Stromzweige verursacht oder von dem primären Reizorte aus fortgeleitet sind. Wir werden später sehen, dass die Anode unter Umständen in der That der Ausgangspunkt peristaltisch nach beiden Seiten hin fortschreitender Contractionen werden kann, während in anderen Fällen eine bloss locale Einschnürung hervortritt. Verschiedene Abschnitte des Darmes verhalten sich in dieser Beziehung ganz gleichartig und machen sich höchstens gradweise Unterschiede bemerkbar, die durch die verschiedene Entwicklung der Ringmuskelschicht bedingt sind. So kommt es an dem dünnwandigen und zugleich stark gefüllten Colon der Pflanzenfresser meist nicht zu einer die

ganze Peripherie umgreifenden Einschnürung, sondern nur zur Bildung mehr oder weniger tiefer segmentaler Furchen.

Ganz wesentlich verschieden gestaltet sich der Erfolg nach Wendung des Stromes bei kathodischer Reizung des Darmes. Wenn Schillbach in diesem Falle kurzweg von einer localen Contraction spricht und den Unterschied in der Wirkungsweise beider Elektroden im wesentlichen nur darin erblickt, dass „an der Anode peristaltische Wellen besonders in aufsteigender Richtung“, an der Kathode dagegen meist locale Contractions hervortreten, so können wir auf Grund unserer Versuchsergebnisse dem nicht ganz beistimmen. Denn einerseits ist das Auftreten einer nur auf den Ort der directen Reizung beschränkten Contraction auch an der Anode ein überaus häufiger Befund, und auf der anderen Seite muss hervorgehoben werden, dass die sichtbaren Erregungserscheinungen an Stelle der Kathode immer einen von dem Reizerfolg an der Anode ganz wesentlich verschiedenen Charakter zeigen. Während die ganz typische, ringförmige Einschnürung an der Anode niemals fehlt und sowohl am Dünndarm wie auch am Colon und Rectum in gleicher Weise hervortritt, sind die Erregungserscheinungen an der Kathode sowohl bei verschiedenen Thierspecies, wie auch an verschiedenen Darmabschnitten eines und desselben Thieres in sehr wechselndem Grade entwickelt. Bei Kaninchen, Meerschweinchen, Mäusen sieht man bei Schliessung eines Stromes, der an der Anode eine vollkommene Zuschnürung des Darmrohres bewirkt, an der Berührungsstelle der Kathode eine kaum merkliche Veränderung eintreten und nur bei genauerem Zusehen erkennt man, dass sich daselbst eine schmale leistenförmige Verdickung bildet, welcher zugleich in der nächsten Umgebung eine flachdellenartige Einziehung der Oberfläche entspricht. Dass es sich hier um eine locale Contraction der äusseren Längsmuskelschicht handelt, zeigt sich viel deutlicher an dem Darm der Katze und des Hundes, der durch eine viel mehr entwickelte Längsmuskellage ausgezeichnet ist. Reizt man unipolar oder auch bei gleichzeitigem Aufsetzen beider Elektroden auf 2 verschiedene nicht allzuweit von einander entfernte Stellen einer Dünndarmschlinge, so entspricht der Reizerfolg an der Anode durchaus dem bereits beschriebenen Verhalten. Dagegen lässt sich auf das deutlichste nachweisen, dass die Ringmuskelschicht an Stelle der Kathode

bei Schliessung des Stromes überhaupt nicht erregt wird, sondern nur allein die Längsmuskellage. Die an der Austrittsstelle des Stromes am Dünndarm von Kaninchen oder Meerschweinchen nur angedeutete Längsleiste tritt am Katzen- oder Hundedarm stets als eine kammartig stark vorspringende der Längsaxe des Darmrohres parallel verlaufende Verdickung hervor, welche nach Art einer Narbe zu einer Verziehung der nächsten Umgebung führt, wodurch an der betreffenden Seite der Darmwand eine flachdellenartige Vertiefung entsteht, aus deren Mitte sich die erwähnte Leiste erhebt. Auch diese Veränderungen bleiben während der Schliessungsdauer des Stromes bestehen und gleichen sich erst nach der Oeffnung des Kreises mehr oder weniger rasch aus.

Es ist für die geschilderten Erfolge durchaus gleichgiltig, welche Lage die beiden Elektroden an der Oberfläche des Darmes einnehmen. Die Wirkungen bleiben dieselben, welchen Winkel auch immer die Verbindungslinie der Pinselspitzen mit der Längsaxe des Darmrohres bilden mag. Von Interesse erscheint der Erfolg, wenn der Strom in der Richtung der queren Axe von einer Seite zur anderen fliesst. Man sieht dann sehr deutlich, dass die ringförmige, von der Anode ausgehende Einschnürung sich nicht in gleicher Stärke um die ganze Peripherie des betreffenden Darmsegmentes erstreckt, sondern ganz vorwiegend an der der Eintrittsstelle des Stromes entsprechenden Seite entwickelt ist, während auf Seite der Kathode der durch örtliche Zusammenziehung der Längsmuskeln bedingte narbenförmige Längswulst ganz scharf hervortritt.

Sehr interessant gestalten sich ferner die polaren Erregungserscheinungen an den verschiedenen Abschnitten des Colon der Pflanzenfresser, das in mancher Beziehung als das bestgeeignete Object für die vorliegenden Versuche bezeichnet werden muss. Hier sind die beiden äusseren Muskelschichten der Darmwand nicht an allen Stellen gleichmässig entwickelt, indem die Längsmuskeln mehr oder weniger deutlich in Form von einzelnen Zügen, den sogenannten „Taenien“, angeordnet sind, an den zwischenliegenden Abschnitten der Darmwand aber nur in dünner Lage die Ringmuskelschichte überziehen. Dem entsprechend ist man auch im Stande, fast vollkommen isolirt entweder die Längs- oder die Ringmuskeln der Wirkung des Stromes, beziehungsweise des einen

oder anderen Poles auszusetzen. Es wurde schon erwähnt, dass Berührung irgend einer Stelle der Darmwand hier ganz ebenso zu einer ringförmigen, wenn auch meist nicht ganz umgreifenden Einschnürung führt, wie an dem Dünndarm; bei entsprechender Abstufung der Stromesintensität kann man es leicht erreichen, die queren Falten („Haustra“), in welche die Darmwand zwischen je 2 Taenien an dem Colon und Blinddarm gelegt erscheint, durch Berühren mit der Anode jede einzeln für sich zur Contraction und zum Verschwinden zu bringen. Derselbe Versuch bleibt nach Wendung des Stromes in Bezug auf die Ringmuskellage gänzlich erfolglos, dagegen erhebt sich an der mit der Kathode berührten Stelle eines Haustrums ein deutlich vorspringender Längswulst, und zieht man, während der Strom geschlossen bleibt, mit der Pinselspitze neben einer Taenie langsam eine parallele Linie, so lässt sich so zu sagen künstlich und vorübergehend eine über die Haustra hinwegziehende Taenie durch locale Contraction der dünnen Längsmuskellage erzeugen. Nie kommt es dabei zu einer merklichen Erregung der Ringmuskeln, während die Längsmuskeln so exact auf den Reiz der Kathode reagiren, dass jede auf der Oberfläche des Dickdarmes mit der kathodischen Pinselspitze gezeichnete Linie sofort reliefartig als weisslicher, narbenähnlicher Wulst hervortritt. Berührt man den Darm an Stelle einer Taenie selbst mit der Kathode, so erfolgt sofort eine energische Contraction der Längsmuskeln, die sich mehr oder weniger weit nach beiden Seiten von dem Berührungspunkte erstreckt. Dabei verwandelt sich die Taenie, welche vordem als flaches, auf dem dunkeln Grunde des meist stark gefüllten Darmes weisslich durchscheinendes Band erschien, in einen straffen, rundlichen, sehnenartig vorspringenden Strang, welcher sich von der Umgebung auf das Schärfste abhebt. Ist der Darm noch sehr erregbar, so erstreckt sich diese durch Contraction der Längsmuskeln bedingte Veränderung unter Umständen mehrere Centimeter beiderseits von der Berührungsstelle, wobei die angrenzenden vorwiegend mit Ringmuskeln versehenen Theile der Darmwand zwar entsprechend verzogen werden, ohne dass es jedoch jemals zu einer auf eine Contraction der ersteren zu beziehenden Einschnürung kommen würde. Nicht minder schlagend gestaltet sich das Resultat der Reizversuche, wenn man beide Elektroden gleichzeitig und zwar derart an der Oberfläche des Dickdarmes anlegt, dass die Kathode im

Verlaufe einer Taenie, die Anode dagegen an irgend eine Stelle der dazwischen befindlichen Haustra zu liegen kommt. Sei es nun, dass die Verbindungslinie der beiden Pole senkrecht zur Längsaxe des Darmrohres liegt oder mit derselben einen beliebigen Winkel bildet, stets entwickelt sich bei Schliessung des Stromes an der Anode eine starke Contraction der Ringmuskeln, während an der Kathode die oben beschriebenen charakteristischen Veränderungen hervortreten. Liegen beide Pinselspitzen im Verlaufe einer und derselben Taenie, so hat man zugleich Gelegenheit sich davon zu überzeugen, dass die Längsmuskeln sich in der That nur an der Kathode verkürzen, während das Aussehen der Taenie an der Anode nur durch die daselbst entstehende tiefe, ringförmige Einschnürung passiv beeinflusst wird.

Man kann sich der Kathode so zu sagen als eines Reagens für den Grad der Entwicklung der äusseren Längsmuskellage des Darmrohres bedienen. So lässt sich ein recht erheblicher Unterschied zwischen dem Dickdarm des Kaninchens und Meerschweinchens bei elektrischer Reizung der Haustra feststellen, der offenbar nur durch die verschieden starke Entwicklung der Längsmuskelschichte daselbst bedingt wird. Legt man bei Kaninchen beide Elektroden in einiger Entfernung von einander an 2 beliebige Stellen eines grossen Dickdarmhaustrums, so entsteht bei Schliessung eines hinreichend starken Stromes an der Kathode eine flache weissliche narbenähnliche Verdickung, welche sich sehr deutlich vom dunkeln Grunde abhebt und auf eine locale Contraction der Längsmuskeln zurückzuführen ist. An entsprechenden Stellen des Meerschweinchendarmes fehlt diese Erscheinung zwar nicht ganz, ist aber doch unverkennbar viel weniger ausgeprägt als am Colon des Kaninchens, wogegen die ringförmige Einschnürung an der Anode in beiden Fällen ziemlich gleichmässig ausgebildet erscheint.

Es wurde schon erwähnt, dass die Erregungserscheinungen, welche der Schliessung des Stromes folgen, im allgemeinen so lange fortbestehen, als der Reizkreis geschlossen bleibt und sich nur bei sehr langer Schliessungsdauer noch während derselben langsam ausgleichen. Unter geeigneten Umständen beobachtet man dann bei Oeffnung des Kreises abermals Erregungserscheinungen, welche jedoch bezüglich ihrer Localisation ein gerade entgegengesetztes Verhalten darbieten, wie die Erfolge der Schlies-

sungsreizung. Es muss gleich hier bemerkt werden, dass man sich mit Sicherheit nur von dem Vorhandensein einer kathodischen Oeffnungserregung zu überzeugen vermag, welche sich, wie zu erwarten war, ausschliesslich nur an der Ringmuskelschichte geltend macht und wie die anodische Schliessungswirkung durch eine mehr oder wenige tiefe Einschnürung des Darmrohres verrieth. Wir konnten uns von dem Vorhandensein einer entsprechenden (anodischen) Oeffnungscontraction der Längsmuskeln bisher nicht mit Bestimmtheit überzeugen.

Die bisher geschilderten, an einem unter annähernd normalen Verhältnissen befindlichen, blutdurchströmten Darne zu beobachtenden elektrischen Reizerfolge treten unter Umständen ebenso deutlich, ja oft sogar noch klarer hervor, wenn man sich ausgeschnittener Darmstücke unter gewissen gleich zu erwähnenden Cautelen zu den Versuchen bedient.

Es scheint, dass man sich vielfach ungerechtfertigte Vorstellungen über die Raschheit des Absterbens glatter Warmblütermuskeln und deren Empfindlichkeit gegen Veränderungen ihres Stoffwechsels gebildet hat, die wohl zumeist aus der Erfahrung hergeleitet sind, dass andere Gewebe, wie insbesondere auch die quergestreiften Muskeln so rasch nach dem Tode ihre Erregbarkeit einbüßen. Einzelne Erfahrungen sind allerdings bereits bekannt geworden, welche darauf hinzudeuten schienen, dass die glatten Muskeln der Warmblüter sozusagen eine Ausnahmestellung einnehmen und in Bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit selbst den quergestreiften der Kaltblüter überlegen sind<sup>1)</sup>. Dessen ungeachtet muss es füglich überraschen zu sehen, in wie hohem Grade auch der Säugethierdarm die Fähigkeit des Ueberlebens besitzt, indem die Muskelwand desselben unter Umständen länger als 12 Stunden nach dem Tode des Thieres noch erregbar gefunden wird. Dem scheint allerdings auf den ersten Blick die Thatsache zu widersprechen, dass die spontanen peristaltischen Bewegungen des Darmes so rasch nach dem Tode des Thieres erlöschen und mit ihnen zugleich auch die Empfindlichkeit für beliebige künstliche Reize. Allein es lässt sich leicht zeigen, dass dieser scheinbar dauernde Verlust der Erregbarkeit im wesentlichen nur durch die Abkühlung bedingt wird und dass nicht nur die Reizempfindlichkeit,

1) Vgl. Sertoli, Arch. italiennes de biologie Tom. III, 1.

sondern auch die spontanen automatischen Bewegungen unter Umständen sogar in verstärktem Maasse wieder hervortreten, wenn man die Temperatur künstlich steigert. So sieht man beispielsweise einen frisch ausgeschnittenen Mäusedarm sich noch stundenlang auf das lebhafteste bewegen, wenn man denselben in physiologische Kochsalzlösung von etwa 38—40° C. versenkt und kann an einem solchen Präparate, insbesondere wenn man den Darm zwischen 2 Korkstückchen innerhalb der Flüssigkeit mässig ausspannt, alle verschiedenen Modificationen peristaltischer Bewegungen auf das schönste beobachten.

Kommt es nur darauf an, die Folgewirkungen der elektrischen Reizung zu untersuchen, so genügen ganz einfache Vorrichtungen. Wir bedienen uns in der Regel einer runden Glasplatte, welche in eine etwas grössere Porzellanschale derart eingepasst war, dass zwischen dem Boden der letzteren und der Unterfläche der Platte ein mit Wasser oder physiologischer Kochsalzlösung gefüllter Raum frei blieb, in welchem sich ein kleiner Thermometer befand, um den jeweiligen Temperaturgrad ablesen zu können. Die obere Fläche der Platte blieb entweder trocken oder wurde, was in manchen Fällen zweckmässig erscheint, mit einer dünnen Lage feuchten Fliesspapiers bedeckt. Sorgt man dafür, dass die Temperatur der die Platte von unten bespülenden Flüssigkeit nicht unter 37° C. und nicht über 42° C. steigt, und bringt man ein ausgeschnittenes Darmstück auf die erwärmte Glasplatte, nachdem bereits alle Bewegungen erloschen und die Muskeln gänzlich unerregbar geworden waren, so sieht man alsbald wieder lebhaft peristaltische Bewegungen eintreten und findet dann die Muskeln fast wie unter normalen Verhältnissen erregbar. Sorgt man nur dafür, dass die Oberfläche des Darmes nicht vertrocknet, was leicht geschieht, so kann man noch stundenlang an einem derartigen Präparate elektrische Reizversuche unter verhältnissmässig einfachen Bedingungen anstellen. Zunächst überzeugt man sich leicht, dass die unter diesen Umständen zu beobachtenden Reizerfolge in allen wesentlichen Punkten mit jenen übereinstimmen, welche auch am blutdurchströmten, noch in situ befindlichen Darne hervortreten. Es gilt dies insbesondere bezüglich der geschilderten so überaus charakteristischen Verschiedenheiten der an den beiden Polen localisirten Contractionserscheinungen. Sehr deutlich lässt sich dann oft das peristaltische

beziehungsweise antiperistaltische Fortschreiten der an der Anode sich entwickelnden Contraction der Ringmuskeln beobachten und ist es leicht, in diesem Falle die näheren Bedingungen für das Auftreten dieser Erscheinung zu untersuchen. Wie schon erwähnt wurde, hat bereits Schillbach betont, dass die Anode bei Schliessung des Kreises sehr oft der Ausgangspunkt einer lebhaften Peristaltik nach auf- und abwärts wird. Es scheint dies von verschiedenen Umständen abzuhängen, indem einerseits eine hohe Erregbarkeit der reizbaren Theile erforderlich ist, während andererseits auch wieder gewisse anatomische Verhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung zu sein scheinen. Im letzteren Sinne dürfte wohl die Thatsache zu deuten sein, dass verschiedene Abschnitte des Darmrohres eines und desselben Thieres sich in dieser Beziehung sehr verschieden verhalten. So scheint es, dass unter sonst gleichen Bedingungen das Duodenum und die nächst angrenzenden Theile des Dünndarmes bei elektrischer Reizung mit dem Kettenstrom leichter in peristaltische, von der Anode ausgehende Bewegung gerathen als tiefere Abschnitte. Die Möglichkeit, dass der im Darne selbst gelegene Nervenmechanismus, welcher ja wohl eine wesentliche Rolle bei dem Zustandekommen fortschreitender Contractionen spielt, nicht in allen Abschnitten des Darmrohres in gleicher Weise entwickelt ist, dürfte unter diesen Umständen zu beachten sein. Dem gegenüber scheint es wohl kaum zu bezweifeln, dass die nie fehlende locale Schliessungscontraction an der Anode vorwiegend einer directen Erregung der Ringmuskeln an der betreffenden Stelle ihre Entstehung verdankt und ist es vielleicht in diesem Falle verstattet, den seinerzeit von Schiff für quergestreifte Muskeln auf allerdings nicht stichhaltige Gründe gestützten Unterschied zwischen „idiomusculärer“ Contraction und „neuromusculärer“ Bewegung in gewissem Sinne aufrecht zu erhalten. Leider ist man nicht in der Lage, an glattemuskelligen Organen den Einfluss der inter- oder intramuscularen Nerven mit gleicher Sicherheit auszuschliessen, wie dies bei quergestreiften Muskeln durch Vergiftung mit Curare so leicht gelingt. Nach v. Bezold<sup>1)</sup> soll zwar Atropin eine Lähmung der in der Darmwand gelegenen Ganglien bewirken, die sich erst allmählich weiter nach den Muskeln hin verbreiten würde;

---

1) Würzburger Unters. 1867, p. 65.

allein spätere Untersuchungen scheinen darauf hinzuweisen, dass das Atropin sofort auch die Erregbarkeit der glatten Muskelzellen selbst beeinträchtigt. Einige Versuche, welche wir selbst mit Rücksicht auf diesen Punkt an Kaninchen anstellten, lieferten kein befriedigendes Resultat, indem gleichzeitig mit dem Aufhören der peristaltischen Bewegungen auch die localen Erregungserscheinungen bei elektrischer Reizung mit dem Kettenströme ausblieben, was wohl kaum anders als durch eine Lähmung der Muskeln selbst zu erklären sein dürfte.

Zur Charakteristik der bei Längsdurchströmung des Darmes unter Umständen auftretenden anodischen Peristaltik sei schliesslich noch bemerkt, dass die Contractionswelle sich in der Regel mit gleicher Leichtigkeit in aufsteigender (magenwärts) wie in absteigender Richtung (analwärts) fortpflanzt, häufig aber die Kathode nicht überschreitet. Es scheint hierbei die Stärke des Stromes eine wesentliche Rolle zu spielen. In einigen Fällen liess sich an ausgeschnittenen Dünndarmstücken von Meer-schweinchen ein sehr auffallender Unterschied in der Wirkungsweise des aufsteigenden und absteigenden Stromes nachweisen, indem die Schliessung des letzteren eine ausserordentlich lebhafte Peristaltik zur Folge hatte, welche anderenfalls nur angedeutet schien oder ganz fehlte. Auch Schillbach hatte schon Aehnliches am oberen Theile des Rectum beobachtet. Es muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, diese Verhältnisse näher zu prüfen.

Um zu sehen, ob nicht etwa die Art der Stromvertheilung in der Darmwand die merkwürdige Verschiedenheit der Reizerfolge an beiden Polen bedingt, schien es von Interesse, die Versuche an aufgeschnittenen und flach ausgespannten Darmstücken zu wiederholen, wobei die Elektroden einmal an der äusseren und dann zum Vergleich an der inneren Schleimhautfläche angelegt wurden. Mit Rücksicht auf die obenerwähnte Widerstandsfähigkeit der Darmmuskeln hat man keineswegs nöthig, sich bei Herrichtung der betreffenden Präparate irgend zu beeilen, sondern kann noch Darmstücke anwenden, welche stundenlang vorher getödteten Thieren entnommen wurden. Am besten eignen sich zu diesen Versuchen jene Abschnitte des Darmes, welche mit einer stark entwickelten Längsmuskelschicht versehen sind, wie beispielsweise der Dünndarm von Katze und Hund oder das Rectum derselben Thiere. Man schneidet

das betreffende Darmstück längs der Linie auf, an welcher sich das Mesenterium ansetzt, und zwar am besten zu einer Zeit, wo in Folge der Abkühlung, die man durch Einlegen in kalte Kochsalzlösung leicht beschleunigen kann, die Erregbarkeit so weit herabgesetzt ist, dass der mechanische Reiz des Schneidens zu keiner erheblichen Contraction der Muskelwand führt. Mittels kleiner Nadeln wird sodann das Darmstück auf einem Korkrahmen derart ausgespannt, dass zunächst die äussere Fläche der Reizung zugänglich wird. Lässt man hierauf den Rahmen auf entsprechend erwärmter physiologischer Kochsalzlösung schwimmen, so dass die Schleimhautseite in möglichster Ausdehnung gespült wird, so kehrt die Erregbarkeit nach wenigen Minuten zurück und man kann nun leicht den Erfolg der Durchströmung prüfen, indem man die Elektroden in beliebiger Richtung der nach oben gewendeten Aussenfläche anlegt.

Der Erfolg gestaltet sich in diesem Falle nicht minder schlagend, wie an dem ganzen unversehrten Darm. Läuft die Verbindungslinie der beiden Pinselspitzen parallel der Längsaxe des Darmstückes, so sieht man wieder, wie bei Schliessung des Stromes die Ringmuskeln an Stelle der Anode sich kräftig zusammenziehen und zu einer beträchtlichen Verschmälerung des Darmes in der Richtung der queren Axe führen, während sich an der Kathode bei ungeändertem Breitedurchmesser ein deutlicher, kammartig vorspringender Längswulst erhebt. Ehe sich dieser bei Oeffnung des Kreises noch völlig ausgeglichen hat, sieht man dann oft bei gleichzeitiger Erschlaffung der Ringmuskeln an der Anode eine Oeffnungserregung derselben an der Kathode eintreten. Auch hier macht sich der Unterschied der polaren Reizerfolge in gleicher Weise geltend, welches auch immer die Lage der Elektroden auf der äusseren Fläche des Darmstückes sein mag. Aber auch von der Schleimhautseite her führt die Reizung mit dem elektrischen Strome, dessen Intensität in diesem Falle erheblich grösser sein muss, zu den gleichen Resultaten. Die betreffenden Veränderungen springen dann allerdings nicht so scharf und deutlich in die Augen, wie im ersten Falle, lassen sich aber doch mit vollster Sicherheit als gleichsinnige erkennen. Während sich an Stelle der Kathode die Schleimhaut in Form einer in der Richtung der Längsaxe des Darmes gestreckten Erhebung hervorwölbt, was, wie man sich durch directe Inspection der Kehrseite des Darmes leicht überzeugen

kann, durch örtliche Contraction der Längsmuskeln bedingt wird, ist die viel ausgiebigere Wirkung der Anode auf die Ringmuskeln jederzeit leicht zu beobachten.

Auf Rath meines hochverehrten Lehrers Prof. Hering, in dessen Laboratorium ich einen Theil der vorliegenden Versuche anzustellen Gelegenheit hatte, wurde die eben erwähnte Versuchsanordnung auch noch in der Weise modificirt, dass eine passend geformte, unpolarisirbare Elektrode in's Innere des Darmes eingeführt wurde und einen bestimmten Punkt der Schleimhautfläche berührte, während die andere Elektrode der Aussenfläche des Darmes anlag. Die zur Einführung bestimmte Elektrode bestand aus einer entsprechend gekrümmten, am freien offenen Ende abgeschrägten Glascantile, welche mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt und mittels eines ebenfalls mit Salzlösung gefüllten kurzen Gummischlauches mit einer gewöhnlichen unpolarisirbaren Röhren-elektrode verbunden war. Sehr geeignet zu diesem Versuche, der ebenfalls zu einem ganz unzweideutigen und mit den früheren übereinstimmenden Resultate führte, erscheint der Dickdarm von Kaninchen oder Meerschweinchen, dessen Inhalt nicht wesentlich störend wirkt, wenn man die Spitze der Glascantile durch einen Schlitz von entsprechender Grösse soweit in's Innere vorschiebt, bis dieselbe mit der Innenfläche der Darmwand in unmittelbarer Berührung steht. Obschon nun der Strom in diesem Falle die letztere schräg durchsetzt, sieht man doch wieder an Stelle der inneren Elektrode die Ringmuskeln sich zusammenschütren, wenn es sich um die Anode, die Längsmuskeln dagegen, wenn es sich um die Kathode handelt. Die Art und Weise, wie sich dies äussert, ist natürlich wieder ganz dieselbe, wie bei allen bisher geschilderten Versuchen.

Ich habe mir viele Mühe gegeben, am Rectum grösserer Hunde sowie an möglichst frischen Schweinemägen eine mechanische Trennung der beiden Muskelschichten durch Abpräpariren der äusseren Längsmuskellage in genügender Ausdehnung zu erzielen; die betreffenden Versuche führten aber zu keinem befriedigenden Resultate, indem die Erregbarkeit der freigelegten Ringmuskelschichte wohl in Folge der unvermeidlichen mechanischen Insulte regelmässig so wesentlich beeinträchtigt schien, dass die dann vorgenommenen Reizversuche kein ganz überzeugendes Ergebniss lieferten.

Alle bisher beschriebenen Versuche beziehen sich ausschliess-

lich auf den Darm von Warmblütern; es lässt sich aber leicht zeigen, dass auch der Kaltblüterdarm von dem geschilderten Verhalten keine Ausnahme macht. Nur sind die Reizerfolge etwa am Froschdarm schon wegen der viel trägeren Reaction der Muskeln weit weniger in die Augen springend. Immer kann man jedoch die ringförmige Einschnürung an der Anode mit Leichtigkeit constatiren und auch an der Kathode macht sich oft sehr deutlich die örtlich beschränkte Contraction der Längsmuskeln, sowie die Oeffnungserregung der Ringmuskeln geltend.

Bekanntlich wirkt der elektrische Strom im Falle des Vorhandenseins einer dauernden (tonischen) Contraction der zu reizenden Muskelgebilde nicht nur in bestimmtem Sinne polar erregend, sondern auch erregungshemmend, und zwar gilt in den bisher bekannten Fällen die Regel, dass neben den an der Kathode localisirten Folgen der Schliessungserregung gleichzeitig an der Anode Hemmungswirkungen auftreten, während nach Oeffnung des Kreises beide antagonistischen Wirkungen so zu sagen ihre Plätze tauschen, indem jetzt an der Anode die Oeffnungserregung, an der Kathode dagegen eine mehr oder weniger deutliche Oeffnungshemmung (Erschlaffung) eintritt. Da auch die Darmmuskeln (wenigstens gilt dies von der Ringmuskulatur) stellenweise oft in einem tonischen Contractionszustand angetroffen werden, indem unter Umständen eine sich spontan entwickelnde Einschnürung nicht fortschreitet, sondern mehr oder weniger lang am Orte ihrer Entstehung verbleibt, bietet sich gar nicht selten Gelegenheit, den Erfolg der Schliessung oder Oeffnung des Stromes zu beobachten, wenn sich die Kathode beziehungsweise die Anode an der betreffenden, in Dauererregung befindlichen Stelle der Darmwand befindet. Man erhält dann sehr oft den Eindruck, als ob in der That die Contraction sich rasch löste, indem die Ringmuskeln unter dem Einfluss der Kathode bei der Schliessung erschlaffen; doch hat man nicht immer volle Sicherheit, ob nicht etwa auch ohne Mitwirkung des Stromes Erschlaffung spontan eingetreten sein würde. Dagegen dürfte darüber kein Zweifel bestehen können, dass bei Wendung des Reizstromes die an beiden Polen bestehenden Contractionserscheinungen rascher verschwinden (beziehungsweise eine gegentheilige Wirkung eintritt), als wenn der Kreis nur einfach geöffnet wird. Besonders auffallend machen sich Hemmungswirkungen auch in dem Falle geltend, wenn bei Schliessung sowohl, wie bei Oeff-

nung des Kreises von der Anode beziehungsweise Kathode aus eine lebhaftere Peristaltik sich entwickelt. Man sieht dann oft im Momente der Oeffnung die vorher in lebhaftester Bewegung begriffenen Darmstrecken zu beiden Seiten der Anode wie mit einem Schlage ruhig werden, während nun der vorher ruhige kathodische Abschnitt in Bewegung geräth, die sich durch Schliessung des Stromes sofort wieder hemmen lässt.

Ueberblickt man alle im Vorstehenden mitgetheilten Thatsachen, so dürfte es wohl kaum zweifelhaft sein, dass zwischen den die Längs- und Ringmuskelschicht des Darmes bildenden Elementen der Wirbelthiere ein durchgreifender Unterschied ihrer physiologischen Eigenschaften besteht. Denn, dass die geschilderten Erfolge physiologisch und nicht etwa physikalisch, wie z. B. durch irgendwelche Verhältnisse der Stromvertheilung erklärt werden müssen, scheint durch die beschriebenen Versuche wohl genügend begründet. Die zu beobachtenden Unterschiede der polaren Erregungserscheinungen sind um so auffallender, als bisher meines Wissens anatomisch fassbare Verschiedenheiten der Elemente beider antagonistischen Muskelschichten nicht beobachtet worden sind.

Leider lässt sich, wie schon erwähnt, der Einfluss der in der Darmwand reichlich vorhandenen Nerven und Ganglien nicht mit Sicherheit ausschliessen, so dass immerhin noch die Möglichkeit vorliegt, dass das geschilderte Verhalten der antagonistischen Darmmuskeln wenigstens zum Theil durch functionell verschiedene Nerven bedingt wird. Zu Gunsten dieser Anschauung liessen sich sogar gewisse Beobachtungen geltend machen, welche von anderer Seite mitgetheilt wurden und sich auf das Vorkommen antagonistischer Nerven für die Längs- und Ringmuskeln gewisser Abschnitte des Verdauungstractes beziehen. So hat Fellner<sup>1)</sup> zu beweisen gesucht, dass die N. erigentes motorische (d. h. die Contraction anregende) Fasern für die Längsmuskeln und hemmende (d. h. die Contraction oder den Tonus herabsetzende) Fasern für die Ringmuskeln des Rectum enthalten. Die N. hypogastrici würden dagegen motorische Fasern für die Ringmuskeln und Hemmungsfasern für die Längsmuskeln desselben Darmabschnittes enthalten. Wenngleich durch die betreffenden Versuche noch kaum eine endgültige Entscheidung der Frage gegeben erscheint, so kann doch anderseits an der Möglichkeit einer derartig complicirten Innerva-

1) Wiener med. Jahrb. 1883.

tion um so weniger gezweifelt werden, als analoge Verhältnisse auch bei quergestreiften antagonistischen Muskeln in einem Falle wenigstens sicher nachgewiesen sind<sup>1)</sup>. Freilich macht sich hier ein gegensinniges Verhalten der functionell verschiedenen Nervenfasern gerade in Bezug auf die polare Erregung durch den elektrischen Strom nicht bemerkbar; vielmehr gilt das Pflüger'sche Gesetz für dieselben in voller Strenge. Bei der Unmöglichkeit die Frage, ob es sich bei dem hier geschilderten Verhalten der antagonistischen Darmmuskeln um eine Verschiedenheit der Muskelemente selbst oder ihrer Nerven handelt, am Darne selbst zu entscheiden, schien es von Interesse noch ein anderes, glattmuskeliges Organ in das Bereich der Untersuchung zu ziehen, welches ähnlich wie der Darm gebaut, überdies auch schon Gegenstand sehr eingehender physiologischer und histologischer Untersuchungen insbesondere von Seite Engelmann's gewesen ist.

Wenn, wie dieser Forscher annimmt, der Ureter, um den es sich hier handelt, wirklich frei von Ganglienzellen und Nervenfasern sein sollte, so würde sich derselbe offenbar in ausgezeichneter Weise zur Entscheidung der oben angeregten Frage eignen. Etwaige Verschiedenheiten des physiologischen Verhaltens liessen sich dann mit einer gewissen Berechtigung auf die Verschiedenheiten des histologischen Aufbaues beziehen. In der That stehen nun die mitgetheilten Resultate der elektrischen Reizversuche am Darne in einem auffallenden Widerspruch mit den bekannten Angaben Engelmann's über das Verhalten des Kaninchenureter unter analogen Bedingungen. Durfte man doch gerade diese letzteren Beobachtungen bisher mit zu den wichtigsten Stützen der Annahme zählen, dass das Pflüger'sche Erregungsgesetz nicht nur für Nerven und quergestreifte Muskeln, sondern für alle contractilen Elemente überhaupt Geltung besitzt. An der Richtigkeit der Engelmann'schen Beobachtungen konnte natürlich von vorneherein nicht gezweifelt werden. Um so überraschender erschien daher zunächst die Thatsache, dass, so lange sich nur der Ureter in situ befindet, der Erfolg der elektrischen Reizung sich gerade entgegengesetzt gestaltet, als es nach Engelmann's Untersuchungen zu erwarten war.

Wir fanden Meerschweinchen zu diesen Versuchen viel geeigneter als Kaninchen oder gar Hunde, da einerseits der Fettgehalt

1) Biedermann, Wiener akad. Sitzungsberichte Bd. XCV und XCVII. (Ueber die Innervation der Krebscheere.)

des umgebenden Gewebes hier in den meisten Fällen ein viel geringerer ist, während andererseits auch die Resistenzfähigkeit des Ureter bei Meerschweinchen durchschnittlich grösser zu sein scheint als bei Kaninchen.

Die ersten Versuche wurden nach Analogie der Darmversuche an dem in situ befindlichen Ureter entweder derart gemacht, dass nach Beiseiteschieben der Eingeweide des mit Chloralhydrat nicht zu tief narcotisirten Thieres die eine Elektrode an den Magen gelegt wurde, während die andere nacheinander verschiedene Punkte des Ureter berührte; oder es wurden beide Elektroden gleichzeitig an zwei verschiedene Stellen in der Continuität des Harnleiters angelegt. Um die spontanen peristaltischen Contractionen des letzteren von vorneherein auszuschliessen, wurde das Nierenende stets abgequetscht.

Bei dieser Versuchsanordnung sieht man nun die Schliessungserregung, bestehend in einer vom Orte ihrer Entstehung peristaltisch fortschreitenden Contractionswelle, stets von der Anode ausgehen. Niemals lässt sich unter diesen Bedingungen, wie es bei Engelmann's Versuchen ausnahmslose Regel war, kathodische Schliessungs- oder anodische Oeffnungserregung wahrnehmen. Von den schwächsten, eben wirksamen Strömen angefangen, bis zu den stärksten, die man berechtigterweise anwenden kann, sowie unabhängig von der Lage der Elektroden und der Richtung des Stromes, schnürt sich der Ureter bei Schliessung des Kreises stets zuerst an der Anode zusammen, worauf sich die Welle ganz in der von Engelmann geschilderten Weise in der Regel nach beiden Seiten hin fortpflanzt. Dasselbe gilt bezüglich der Oeffnungserregung, welche, wie zu erwarten war, bei Anwendung genügend starker Ströme nach längerer Schliessungsdauer an der Kathode entsteht. Die Art der Contraction lässt es nicht zweifelhaft erscheinen, dass es sich in beiden Fällen um örtliche Erregung der Ringmuskeln handelt; ob und in welchem Grade auch die Längsmuskeln betheiligert erscheinen, ist freilich schwer zu entscheiden. Die Kleinheit des Objectes macht es auch sehr schwierig eine etwaige locale Contraction der letzteren an der Kathode sicher zu erkennen und selbst bei Lupenvergrösserung vermochten wir bezüglich dieses Punktes nicht ganz ins Klare zu kommen. Es muss fraglich bleiben, ob eine locale Verdickung und weissliche Trübung des Ureter an der betreffenden Stelle ausschliesslich in diesem Sinne zu deuten ist. Das aber dürfte

wohl kaum zu bezweifeln sein, dass man es bei der anodischen Schliessungs- beziehungsweise kathodischen Oeffnungserregung am Ureter mit Erscheinungen zu thun hat, welche eine vollkommene Analogie bilden zu den entsprechenden auf die Ringmuskulatur beschränkten Reizerfolgen am Darne.

Da Engelmann stets an dem von der Unterlage vollständig frei präparirtem Ureter experimentirte, während unsere Versuche an dem in situ befindlichen Organ angestellt wurden, so war daran zu denken, ob nicht gerade in diesem Umstande die Ursache der beobachteten Verschiedenheit zu suchen ist.

Die oben erwähnte Thatsache, dass ausgeschnittene, nicht mehr durchblutete Darmstücke unter Umständen ausserordentlich lange überleben, schien zu der Erwartung zu berechtigen, dass auch der ausgeschnittene Ureter genügend lange erregbar bleiben würde, um an demselben unter gleichen Bedingungen wie an dem Darne Reizversuche anstellen zu können. In der That stellte sich diese Vermuthung als eine durchaus begründete heraus, indem der Ureter, selbst wenn er lange Zeit in kalter physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt oder einem stundenlang vorher getödteten Thier entnommen wurde und ohne weitere Vorbereitung auch bei stärkster Reizung keine Spur von Erregungserscheinungen zeigt, wieder vollkommen reizbar wird, wenn man ihn auf Körpertemperatur erwärmt. Die Methode war in diesem Falle ganz dieselbe, wie sie oben für ausgeschnittene Darmstücke als zweckmässig beschrieben wurde. Um allzu rasches Austrocknen zu verhüten und zugleich der Verschiebung bei der Contraction einen grösseren Widerstand entgegen zu setzen, empfiehlt es sich, den an beiden Enden abgeschnittenen oder wohl auch mit Niere und Blase noch zusammenhängenden Ureter nicht direct auf die erwärmte Glasplatte zu bringen, sondern ein Blatt mit physiologischer Kochsalzlösung getränkten Fliesspapiers zwischenzuschalten.

Bei allen derartigen Versuchen stellte sich nun das unerwartete und sehr auffallende Resultat heraus, dass die polaren Erregungserscheinungen in Bezug auf ihre Localisation sich am ausgeschnittenen Ureter gerade entgegengesetzt verhielten, wie an dem noch in situ befindlichen. Während hier, wie schon erwähnt, die Schliessungscontraction stets von der Anode, die Oeffnungscontraction dagegen von der Kathode ausgeht, verhält sich in der Regel Alles gerade umgekehrt bei Reizung des ausgeschnittenen künstlich erwärmten Organes. Es besteht also in die-

sem letzteren Falle volle Uebereinstimmung mit den Angaben von Engelmann. Mit aller nur wünschenswerthen Deutlichkeit sieht man, wie immer auch die Elektroden angelegt werden, den schlaff auf der Unterlage liegenden Ureter im Augenblick der Schliessung an Stelle der Kathode sich zusammenschnüren, worauf die Contraction sich wellenförmig entweder nur in einer oder in beiden Richtungen fortpflanzt. Genau dasselbe erfolgt bei Anwendung stärkerer Ströme und längerer Schliessungsdauer an der Anode im Momente der Oeffnung des Reizkreises. Es wurde schon oben auf die Schwierigkeit hingedeutet, welche sich bei elektrischer Reizung des Ureter bezüglich der sicheren Unterscheidung einer isolirten Contraction der Ring- oder Längsmuskeln ergibt. Auch an dem ausgeschnittenen Organe ist es kaum möglich den Antheil festzustellen, welchen die Contraction der einen oder anderen an dem Zustandekommen der fortschreitenden Welle besitzt. Die Schlängelung und in anderen Fällen die Verkürzung unter gleichzeitiger Verdickung des röhrenförmigen Gebildes scheint allerdings zu Gunsten einer vorwiegenden Betheiligung der Längsmuskelschicht zu sprechen.

Was nun die Deutung der auffallenden Umkehr der Polwirkungen am ausgeschnittenen oder auch nur frei präparirten Organe anlangt, für welche am Darne nach unseren Erfahrungen keine Analogie besteht, so sind wir zur Zeit leider nicht in der Lage, eine befriedigende Erklärung geben zu können. Es scheint jedoch aus den Versuchen hervorzugehen, dass nicht, wie man auf den ersten Blick glauben könnte, die Art der Vertheilung und die Intensität des Stromes allein von Einfluss ist, sondern dass vor Allem auch Erregbarkeitsänderungen des Organes selbst, die ihrerseits theils durch das langsame fortschreitende Absterben, theils durch die jeweils herrschende Temperatur bedingt sein dürften, eine ganz wesentliche Rolle spielen. Hierfür ist der Umstand entscheidend, dass unmittelbar nach dem Ausschneiden des Ureter oft noch anodische Schliessungserregung erfolgt, während wenig später nur kathodische Reizerfolge hervortreten. Es muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, den Antheil festzustellen, welchen jedes einzelne der erwähnten Momente an dem Zustandekommen der geschilderten Umkehr der Polwirkungen besitzt, die vielleicht in Analogie zu bringen sein dürfte mit den mehrfach beobachteten gegensinnigen Reizerfolgen an absterbenden oder pathologisch veränderten quergestreiften Muskeln.