

Ueber einen Unterschied in den reflectorischen Leistungen des verlängerten und des Rücken-Markes der Kaninchen.

Von

Dr. Ph. Owsjannikow.

Die lebhaften und ausgebreiteten Reflexbewegungen, welche in allen Gliedern des Kaninchens durch die Reizung seiner Pfoten hervorzubringen sind, nachdem die Hälfte des Markes innerhalb der oberen Halswirbel durchschnitten ist, stehen in einem auffallenden Gegensatz zu denjenigen nach vollständiger Durchschneidung des Halsmarkes. Dieser Unterschied lässt vermuthen, dass die in die Glieder des Säugethieres reflectirten Bewegungen zum grossen Theil in dem Gehirne ausgelöst werden. Obwohl diese Anschauung eine weit verbreitete genannt werden kann, so fehlte es doch bisher an einer durchgeführten Untersuchung, durch welche dieselbe auf ihren wahren Werth zurückgeführt wird. Aus diesem Bedürfniss entsprang eine Versuchsreihe die ich in dem Sommer des Jahres 1873 im physiologischen Laboratorium zu Leipzig unternommen habe. Da man schon wusste, dass eine Durchschneidung des verlängerten Markes unmittelbar hinter den Vierhügeln die nach den Gliedmaassen des Kaninchens reflectirten Bewegungen nicht merklich beeinträchtigt, so stellte ich meine Aufgabe genauer dahin: die Reflexe, welche von den Pfoten her erzeugt werden können, solange das verlängerte Mark erhalten ist, mit denjenigen zu vergleichen, die nach Abtragung des genannten Hirnthheiles erscheinen. Zur Erreichung meines Zieles bediente ich mich der folgenden Mittel.

Den Kaninchen, welche zum Versuche kamen, wurden die beiden Carotiden unterbunden und ihnen eine Luftröhrenfistel angelegt damit die Hirnblutung vermieden und nach Befinden die künstliche Athmung sogleich eingeleitet werden konnte. Hierauf wurde dem Thiere unter bekannten Handgriffen, namentlich aber mit möglichster Vermeidung jeden Blutverlustes, das kleine

Gehirn freigelegt und das verlängerte Mark aus seinen Verbindungen mit dem kleinen Gehirne und den Vierhügeln durch glatte Schnitte gelöst. War dieses vollendet, so wurde an den Maulkorb ein kleiner Apparat geschraubt, welcher zur Führung der Messerchen bestimmt war, durch welche das verlängerte Mark in beliebigen Zwischenräumen der Quere nach durchtrennt werden sollte. Dieser Apparat war dem nachgebildet, welchen *C. Dittmar*¹⁾ beschrieben hat. Er unterschied sich von demselben nur dadurch dass er, statt eines Spaltes, zehn solcher trug, die je 1 Millimeter von einander entfernt in eine starke Messingplatte eingeschnitten waren. Bei unverrückter Stellung der Platte über dem verlängerten Marke konnte also das letztere zehnmal hinter einander in je 1 Millimeter Abstand durchschnitten werden. Da das Messingstück ganz in derselben Weise wie der von *Dittmar* benutzte Spalt durch eine Schraube mit zugehöriger Führung vor dem Marke zu verschieben war, so konnte der Ausgangspunkt der Schnitte von jedem beliebigen Theile desselben genommen werden, und weil die Ebene der Platte parallel mit der Oberfläche des Körpers des Hinterhauptbeines stand, so durchschnitten die durch die Spalten geführten Messerchen das Mark senkrecht zu seiner Längenausdehnung. Die Messerchen selbst besaßen nur die halbe Breite des Spaltes in dessen Richtung von rechts nach links, so dass zur Ausführung eines vollkommenen Querschnittes durch das Mark 2 Messerchen in denselben Spalt gesteckt werden mussten. Hierdurch gewann die Ausführung des Schnittes an Sicherheit, zugleich war es möglich jede der beiden Hälften gesondert abzutrennen und endlich gelang es die Blutung, die sonst der Schnitt zu erzeugen pflegt, fast vollkommen zu vermeiden. Dieser wichtige Vortheil war bei der Anwendung zweier Messerchen dadurch zu erreichen, dass die beiden einander zugekehrten Kanten an dem Ende mit welchem sie auf den Knochen eintrafen, etwas abgeschrägt waren, wodurch, wenn beide neben einander standen, ein dreiseitiger Raum gebildet wurde, in dem die Basilararterie Platz fand. Auch die Verwendung der Platte mit ihren zehn Spalten, statt der früher gebrauchten einspaltigen Einrichtung, war in der Absicht die Blutung zu vermeiden gewählt worden. Mit ihr konnte das durch das Mark geführte Messerchen an seinem Orte gelassen werden, ohne die Möglich-

1) Diese Berichte Jahrgang 1873. p. 452. .

keit einer fortschreitenden Zergliederung aufzuheben. Somit verstopfte jedes in dem Spalt beziehungsweise in dem Mark gelassene Messer die Quellen der Blutung, die es selbst eröffnet hatte. Die Voraussicht, unter welcher die messerführende Platte bestellt war, bewies sich in der That als eine zutreffende, denn es konnten mit dem Apparate 40 Querschnitte des Markes sicher und reinlich hintereinander ausgeführt werden. Die Platte war nun ursprünglich entweder so gestellt, dass der oberste Spalt unmittelbar über der hinteren Grenze der Vierhügel, oder der unterste unmittelbar über der Spitze des *calamus scriptorius* stand.

Der oben ausgesprochenen Absicht gemäss sollten die Reize auf die empfindlichen Flächen der Pfoten wirken. Damit dieses in allen Graden der Stärke und Dauer geschehen konnte, schien es angezeigt den Inductionsstrom zu benutzen. Dieses geschah in der indess von *Woroschiloff*¹⁾ beschriebenen Weise, die sich hier um so mehr eignete, als das Thier durch die Behandlung seines Gehirnes im Gebrauche seiner Gliedmaassen beschränkt war. Da das letztere wegen der vorausgegangenen Operation sowohl wie auch in Folge der ruhigen Lage bedeutend abkühlte, so legte ich dasselbe meistens in einen Wärmekasten, dessen Wasser eine Temperatur von einigen und 30° C. besass. Mit diesen Mitteln ist es mir immer gelungen nach Wunsch schwache und starke Reflexe auszulösen. Selbstverständlich wurde zwischen je zwei aufeinander folgenden Reizen ein Zeitraum von 2 bis 5 Minuten eingeschaltet.

Bei der Beobachtung der Bewegungen habe ich mich auf die der Gliedmaassen beschränkt; hiebei würde eine graphische Darstellung derselben sehr hilfreich gewesen sein. Leider ist es mir nicht gelungen diesen Wunsch in Erfüllung zu bringen. Um mich unter diesen Umständen von willkürlichen Schätzungen unabhängig zu machen, zog ich nur die Grenzfälle in Betracht, ob nämlich eine Bewegung in irgend einer Gliedmaasse erschien oder ausblieb.

Wenn das Thier nicht mehr selbstständig athmete, so wurde augenblicklich die Trachealcannüle mit dem Blasebalg in Verbindung gesetzt, so dass das Blut bis zum Schluss des Versuches keinen Mangel an Sauerstoff litt.

1) Diese Berichte 1874. p. 256.

In den Versuchen, deren Verfahren ich soeben geschildert, gelangte ich zu dem Resultat, dass von einer jeden Pfote aus Zuckungen in allen übrigen herbeizuführen sind, solange die Rautengrube nirgends verletzt ist, während niemals von den hintern Pfoten aus eine Zuckung in den Armen oder von den vordern Pfoten aus eine Zuckung in den Beinen zu erhalten war, wenn in der Höhe des *calamus scriptorius* das Rückenmark von dem verlängerten getrennt gewesen. Der Kürze wegen mag der Reflex der allgemeine heissen, welcher von den vordern zu den hintern Extremitäten und in umgekehrter Richtung geht, derjenige aber der örtliche, welcher von den hintern aus nur zu diesen und dem Schwanze und von den Vorderpfoten aus nur zu den Armen geht. Es lässt sich also aus meinen Versuchen vorläufig der Schluss ziehen, dass die allgemeinen Reflexe nur im verlängerten Marke, die örtlichen aber im Rückenmarke zu Stande kommen. — Damit jedoch die allgemeinen Reflexe noch möglich seien, ist es nicht nöthig, dass der ganze Boden der Rautengrube erhalten geblieben sei. Wenn nur etwas mehr als ein Drittel seiner Länge — diese von der Spitze des *calamus scriptorius* an bis zum Eingang des *aquaeductus* gerechnet — noch unversehrt und mit dem Rückenmark in Verbindung geblieben ist, so können die allgemeinen Reflexe auch durch eine mässig starke Reizung erzielt werden. Die Möglichkeit hierzu verschwindet jedoch wenn nur noch etwas weniger als ein Drittel der *medulla oblongata* mit dem Rückenmarke zusammenhängt. Unter Berücksichtigung des Umstandes dass die Länge der Rautengrube von der Spitze des *calamus scriptorius* bis in den Eingang der Wasserleitung bei einem mittelgrossen Kaninchen der kleinern Rasse etwa anderthalb Centimeter beträgt, würde aus dem oben gewählten Ausdrucke folgen, dass die allgemeinen Reflexe noch bestehen, wenn das verlängerte Mark 6 Mm. oberhalb der Spitze des *calamus scriptorius* seiner ganzen Quere nach durchschnitten ist, dass sie dagegen verschwunden sind, wenn die Messerchen 5 Mm. von dem genannten Orte entfernt das Mark der Quere nach durchtrennt haben. Von dieser auffallenden Thatsache, nach welcher sich die Möglichkeit zur allgemeinen Reflexübertragung an ein so beschränktes Stück der *medulla oblongata* knüpft, habe ich mich durch sehr zahlreiche ausnahmslos übereinstimmende Versuche überzeugt. — Nach

einer allerdings geringeren Zahl von Beobachtungen scheint es sogar als ob die allgemeinen Reflexe noch vorhanden wären, wenn einerseits der Schnitt um 5 Mm., anderseits aber um 6 Mm. von der Spitze der Rautengrube entfernt bis zur Mittellinie geführt worden; demgemäss würde die Erhaltung eines Stückes von nur 4 Mm. Länge auf einer einzigen Seite ausreichen um die allgemeinen Reflexe zu ermöglichen. Bei einseitiger Erhaltung des betreffenden Stückes erfolgte jedoch die Uebertragung nicht nach allen Richtungen hin mit gleicher Energie. War z. B. auf der linken Seite der *medulla* der Schnitt tiefer gelegt als auf der rechten, so konnten vom linken Beine aus zwar die beiden Arme in Bewegung gebracht werden, aber der rechte zuckte stärker als der linke.

Beiläufig glaube ich mich auch davon überzeugt zu haben, dass der Ort der allgemeinen Reflexe nicht unmittelbar an die Mittellinie der Rautengrube grenzt. Wiederholt ist es mir gelungen aus der Mitte des verlängerten Markes einen schmalen Streifen bis auf eine Entfernung von nur 3 Mm. über der Spitze des *calamus* auszuschneiden, ohne dass hiernach die allgemeinen Reflexe verschwunden wären. Meine Methode ist jedoch wenig zu einer Zergliederung des Markes in der Richtung von rechts nach links geeignet; aus diesem Grunde enthalte ich mich weiterer Angaben über die seitliche Ausbreitung des reflectirenden Werkzeuges.

Auch ohne meine Aufmerksamkeit dem Gegenstande besonders zuzuwenden, sammelte ich einige Erfahrungen über das Lagenverhältniss zwischen den Orten der allgemeinen Gliederreflexe und dem des sogenannten Athmungscentrums. Beide verbreiten sich der Länge des Markes nach über ungefähr dieselben Stellen, es scheint jedoch als ob das erstere etwas tiefer als das letztere gegen den *calamus* herabreiche. Fast jedesmal wenn sich der Schnitt bis auf 6 Mm. dem genannten Punkte genähert hatte, folgten sich die Athembewegungen so selten, dass die künstliche Respiration eingeleitet werden musste. Bei dieser Lage des Schnittes hatte sich aber, wie schon erwähnt, die Befähigung zum allgemeinen Reflex noch erhalten. Sowie ein solcher durch den electrischen Reiz auf die Hinterpfote veranlasst war, gesellte sich zu den Zuckungen in den Armen auch eine Inspiration. Demgemäss kam dem Markreste noch die Befähigung

zu, die Muskeln des Brustkorbes zu einer Athembewegung zusammen zu fügen.

Aus den vorstehenden Mittheilungen ergibt sich also, dass die obere Grenze der Werkzeuge, durch welche alle Glieder des Kaninchens zu geordneten Reflexbewegungen verknüpfbar sind, um ein wenig über das untere Drittel des verlängerten Markes hinaufreicht. Fraglicher könnte es scheinen, ob auch die untere Grenze der genannten Organe genau bestimmt sei; mit andern Worten ob der Beweis auch dafür geliefert sei, dass sich die reflectorische Leistungsfähigkeit des Rückenmarkes darauf beschränke, die Erregung der sensiblen Flächen eines Beines nur auf die Muskeln eines oder beider Beine und des Schwanzes, und die Erregung der sensiblen Flächen eines Armes nur auf die Muskeln eines oder beider Arme zu übertragen.

An der Richtigkeit dieser so eng gefassten Befähigung des Rückenmarkes der Säugethiere könnte man durch die Erscheinungen irre werden, welche das Strychnin hervorzurufen vermag. — Während der Wirkungsdauer dieses Giftes bedingt, wie bekannt, die Reizung jedes sensiblen Ortes in allen Muskeln des Thieres einen Tetanus, auch noch dann, nachdem das Mark unterhalb des *calamus scriptorius* durchschnitten war. Diese ihm vorher fehlende Eigenschaft tetanische Reflexe zu erzeugen empfängt aber das Rückenmark viel zu kurze Zeit nach der Einführung des Giftes, als dass indess eine Umformung seiner anatomischen Structur hätte stattfinden können. Somit ist die Veranlassung für das Auftreten der neuen Function nur in einer chemischen Aenderung zu suchen. Weil nun aber anderseits das Strychnin nur die Nerven zur krampfhaften Erregung anzufachen weiss, welche in das Rückenmark ausmünden, so folgt dass das Gift zur Entfaltung seiner Kräfte des letztern bedarf. Fügt man, was allerdings erlaubt scheint, hinzu dass das Rückenmark nur wegen der Eigenthümlichkeiten seines Baues der Strychninwirkung anheimfallen könne, so ist man zu dem Schlusse berechtigt: dass in dem Rückenmarke ein reflectirendes Werkzeug liegt, welches durch einen Zusatz von Strychnin aus einem latenten Zustande geweckt werden kann, in dem es sich während seiner Berührung mit gesundem Blute befindet. — Ist aber diese Folgerung begründet, so ergibt sich aus ihr, dass dem normalen Rückenmarke die Auslösung allgemeiner Reflexe

versagt sei, da zum Erscheinen der letztern noch der Hinzutritt einer neuen Bedingung gehört, die dem gesunden Rückenmarke abgeht. Aber aus der Vergleichung der Reflexe, welche vom Rückenmarke vor und während seiner Vergiftung ausgelöst werden, ergibt sich noch ein Weiteres. Während der Strychninwirkung bedingt die kleinste Erregung jedes beliebigen sensiblen Nerven gleichzeitig und überall einen heftigen motorischen Ausbruch. Wie verschieden sind hiervon die Reflexe, welche das unvergiftete Mark ausschickt! An ihm stuft sich in geregelter Mannigfaltigkeit mit dem Ort, der Stärke und der Dauer der sensiblen Reizung auch die Bewegung ab. Insofern man also den Reflex von der anatomischen Structur abhängig macht, würde man bei der vollkommenen Verschiedenheit der geordneten und der Strychninreflexe für jeden von beiden eine besondere, keinesfalls aber eine für beide identische Einrichtung anzunehmen haben. Somit lässt sich, wie mir scheint, mit Hilfe des Strychnins kein Beweis dafür liefern, dass im Rückenmark ein Apparat vorhanden sei durch welchen alle Gliedmaassen des Thieres zu geordneten Reflexbewegungen verknüpft werden.

Den Unterschied welchen die Reflexe vor und nach dem Schnitt durch das obere Ende des Halsmarkes aufzeigen, könnte man auch einer Lähmung zuschreiben, welche die Reflexmechanismen in Folge des geschwächten Blutlaufes erlitten haben, indem man die örtlichen Reflexe für einen niederen Grad der allgemeinen erklärte. Aber auch hierzu liefern die Thatsachen keine Berechtigung. Verursachte der geringe Druck des Blutstromes das Ausbleiben der allgemeinen Reflexe, so müssten dieselben auch schon geschwunden sein, nachdem etwas mehr als das untere Drittel des verlängerten Markes aus seiner Verbindung mit den oberen Abschnitten desselben gelöst war. Denn wenn das letztere geschehen, so ist der arterielle Blutdruck schon so tief wie nach dem Schnitt an der obern Grenze des untern Drittels gesunken. Zudem kann, wie *Woroschiloff* gezeigt hat, der örtliche nicht in den allgemeinen Reflex umgewandelt werden, wenn nach der Zerschneidung des Halsmarkes unter dem *calamus* der Blutdruck durch Reizung der *n. splanchnici* dauernd erhöht wird.

Auch von einem andern, den bisherigen gerade entgegengesetzten Gesichtspunkte aus könnte man zu der Behauptung gelangen, dass der Ausfall der allgemeinen Reflexe nach Durchschneidung des Halsmarkes künstlich herbeigeführt sei; man könnte

sich zu dem Ende auf die Annahme eines Werkzeuges stützen, welches unterhalb des letzten Drittels des verlängerten Markes gelegen und befähigt sei, während seiner Erregung die Auslösung von Reflexen im Rückenmark zu hemmen. Diesem hypothetischen Apparate müsste man ausserdem noch die Eigenschaft zutheilen, in Folge seiner Durchschneidung zu einem Tetanus veranlasst zu werden, welcher die Reizbarkeit des Rückenmarkes zu überdauern vermöchte. Gründe für diese Hypothese kenne ich keine, wohl aber Thatsachen die mit derselben nicht in Einklang zu bringen sind. Von vorneherein ist es schon unwahrscheinlich, dass die durch einen Schnitt herbeigeführte Erregung stundenlang bestehen könnte; wir kennen im Rückenmark allerdings Theile die durch einen vorübergehenden Druck tetanisch erregt werden. Hierher gehören z. B. die nächsten Umgebungen des Ursprunges aller motorischen Wurzeln. Jeder noch so vorübergehende Nadelstich, welcher die genannten Theile trifft, erzeugt einen Tetanus in den Muskeln die von den betroffenen Nervenwurzeln versorgt werden, aber dieser dauert auch in den günstigsten Fällen nur wenige Minuten hindurch. — Wollte man aber auch von dieser Schwierigkeit absehen, so würden sich andere erheben, die durch die Lagerungsverhältnisse des hemmenden Werkzeuges geschaffen würden. Dieses letztere müsste sich nämlich tief in das Rückenmark hinein erstrecken, denn die Ausbreitung der Reflexe wächst nicht, wenn auch der Querschnitt durch jenes selbst gelegt wird. Hier aber müssten ihm ganz besondere Eigenthümlichkeiten zugeschrieben werden, damit trotz seiner Anwesenheit die gekreuzte Hyperästhesie erklärlich bliebe, welche nach halbseitiger Durchschneidung auf jeder beliebigen Höhe des Rückenmarkes einzutreten pflegt. Nach alle diesem dürfte es entschuldigt sein, wenn ich die weitere Discussion der Hemmungshypothese unterlasse.

Solange also keine andern als die gegenwärtig bekannten Gründe dafür vorliegen, dass das Rückenmark durch den Schnitt an seinem obern Ende neue Eigenschaften empfangt und früher besessene verliert, wird man annehmen müssen, dass in ihm nur örtliche, im verlängerten Marke dagegen die allgemeinen Reflexe vermittelt werden. Wie es aber geschehen könne, dass in einem so kleinen Raume des verlängerten Markes so zahlreiche Nerven in so mannigfachen Abstufungen und Verbindungen erregt werden können, dürfte uns noch lange räthselhaft bleiben.