

## XIV.

## Zur Lehre vom klonischen Krampf.

Von Dr. H. Nothnagel,  
Privatdocent an der Universität zu Berlin.

Schneidet man einem Warmblüter (Kaninchen, Katze, Hund) in einem Zuge den Kopf ab, so treten im Moment des Schneidens und unmittelbar nachher in dem Rumpf krampfartige Bewegungen auf. Am ausgesprochensten sind dieselben in den Extremitäten, weniger augenfällig in der Rumpfmusculatur. Vorder- und Hinterbeine werden in den heftigsten klonischen Zuckungen hin und her bewegt, Zuckungen die so vollständig denen bei einem epileptischen Anfall ähnlich sehen, dass man sagen würde, das Thier habe einen solchen, wenn ihm nicht der Kopf fehlte. In den Hinterbeinen stellen sich die Zuckungen am reinsten als abwechselnde Adduction und sehr energische Extension dar. Die Dauer derselben ist verschieden lang, in der Regel beträgt sie  $1\frac{1}{2}$ —2 Minuten, doch haben wir sie bei kräftigen Thieren auch bis zu 3 Minuten bisweilen anhaltend gefunden. Unmittelbar nach dem Schnitt sind sie am intensivsten, nehmen allmählich an Heftigkeit ab, und schliesslich erfolgen nur noch durch Intervalle von mehreren Secunden unterbrochen schwache Adductionen und Extensionen.

Für die Entstehung dieser Convulsionen können zwei Momente in Betracht kommen: einmal die directe Reizung des Rückenmarkes durch den Schnitt; dann die acute Anämie desselben, welche durch die Verblutung aus beiden Carotiden eintreten muss. Dass nur das erstere derselben von Bedeutung, das letztere unbeteiligt ist, haben schon Kussmaul und Tennen durch beweiskräftige Versuche gezeigt<sup>1)</sup>. Sie wiesen nach, dass, wenn das Rückenmark plötzlich der Zufuhr des arteriellen Blutes beraubt wird (durch Compression der Aorta), der Körper in den Zustand der Lähmung geräth ohne

<sup>1)</sup> Kussmaul und Tennen, Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen u. s. w. Moleschott's Untersuchungen. III. Bd. 1—124. (S. 59—67).

vorangehende Zuckungen. Ebenso hat in neuester Zeit Schiffer<sup>1)</sup> nachgewiesen, dass die beim Stenson'schen Versuch eintretende Lähmung, welche bekanntlich ohne eine Spur von Zuckungen erscheint, durch Anämie der Medulla spinalis erzeugt wird.

Ich kann mich diesem Resultat nach vielfachen Versuchen nur anschliessen. Am einfachsten anzustellen ist das beweisende Experiment in folgender Art: Man durchschneidet einem Kaninchen das Rückenmark zwischen 4.—6. Brustwirbel. Nachdem das Thier von den in Folge des Schnittes auftretenden Zuckungen zur Ruhe gekommen, eröffnet man beide Carotiden. Jetzt erscheinen im oberen Theil des Körpers und an den vorderen Extremitäten die bekannten fallsuchtähnlichen Convulsionen, während die hinteren ganz ruhig liegen. Bisweilen sieht man auch die Hinterbeine zucken, dann aber kann man sich bei der Section stets überzeugen, dass die Durchschneidung des Markes eine unvollständige, die Leitung vom Gehirn her erhalten war.

Die acute Anämie der Med. spin. als Ursache der in Rede stehenden Convulsionen ist also auszuschliessen; es bleibt demnach nur die directe Reizung durch den Schnitt. In der That treten bekanntlich Krämpfe nach der einfachen Markdurchschneidung auf, nur in den Hinterbeinen, so lange der Schnitt sich nicht höher binauf erstreckt, als bis zum obersten Brustmark, auch in den Vorderbeinen, wenn das Halsmark getrennt wird. Man könnte gegen die Auffassung, dass die Convulsionen direct durch Reizung des Rückenmarks entstehen, spinale seien, noch einen Einwand erheben; folgenden nehmlich: Es wäre ja möglich, dass dieselben einfach reflectorisch vom Gehirn her ausgelöst seien, indem die Reizung der sensiblen Wurzeln, sobald das Messer von hinten her die Medulla berührt, eine Erregung des „Krampfcentrums“ im Gehirn (im Pons, wie ich nachgewiesen zu haben glaube<sup>2)</sup>) setzt, welche die Krämpfe auslöst, indem der angeregte motorische Impuls sich noch vor vollständiger Trennung des Rückenmarks nach unten hin durch dasselbe verbreiten kann. Dieser Einwand lässt sich leicht durch folgenden Versuch widerlegen: man durchschneidet z. B. zwischen

<sup>1)</sup> Schiffer, Ueber die Bedeutung des Stenson'schen Versuchs. Centralblatt 1869. No. 37 u. 38.

<sup>2)</sup> Nothnagel, Die Entstehung allgemeiner Convulsionen u. s. w. Dieses Arch. Bd. XLIV. S. 1—12.

4.—5. Brustwirbel; wenn das Thier wieder in Ruhe ist, die hinteren Extremitäten nicht mehr zucken, trennt man von Neuem zwischen 5.—6. Wirbel: jetzt erscheinen dieselben Convulsionen in den Hinterbeinen, nur vielleicht nicht ganz so heftig; auch bei einer dritten tieferen Trennung können sie noch auftreten.

Unzweifelhaft also sind die Convulsionen die Folge der directen Reizung des Rückenmarks durch den mechanischen Eingriff des Schnittes. —

Den Eingangs beschriebenen Character: heftige klonische Zuckungen, den Act des Schneidens längere Zeit überdauernd — bietet das Phänomen dar, so lange man die Schnitte vom verlängerten Mark an beginnend bis zu einer bestimmten Tiefe abwärts macht, nehmlich bis zum Lendenmark hinab. Hier stellt sich dasselbe in einer anderen Form dar. Wir bemerken vorher noch, dass das Kaninchen 7 Lendenwirbel hat, und dass sich die graue Substanz bis in's Kreuzbein hinein erstreckt.

Durchschneidet man die Medulla auf der Höhe des 5. Lendenwirbels, so erfolgt im Moment des Schnittes eine kurze Extension der Hinterbeine von höchstens einigen Secunden Dauer, dann aber weiter nichts, namentlich keine Spur von klonischen Zuckungen, die Beine liegen ruhig, gelähmt da. Ab und zu sieht man wohl einmal, dass auf die Extension noch eine Beugung folgt, und dann erst die paralytische Ruhe, aber dies ist selten. Bei der Autopsie kann man sich überzeugen, dass das Mark auf der Schnittfläche noch graue Substanz enthält.

Einmal begegnete es mir, dass ich bei der Trennung zwischen 5.—6. Lendenwirbel nicht, wie ich erwartete, eine bloss einmalige Streckung auftreten sah, sondern exquisite klonische Zuckungen, wie bei den Schnitten weiter oben. Die Section zeigte, dass etwa  $\frac{1}{3}$  der Marksubstanz (nach vorn zu) undurchtrennt geblieben war. — Das Resultat ist demnach, dass die Durchschneidung des mittleren und unteren Lendenmarkes bei Kaninchen keine klonische Zuckungen erregt, sondern nur eine einfache Streckung der Hinterbeine, mitunter noch gefolgt von einer Beugung. —

Bevor ich zur genaueren Besprechung dieser Versuche übergehe, stelle ich die Resultate der parallelen Versuche am Rückenmark des Frosches daneben. Die Erscheinungen, welche bei der schrittweisen Zerstörung und mechanischen Reizung desselben

beobachtet werden, sind zum Theil seit lange unter dem Namen des Engelhardt'schen Versuchs bekannt<sup>1)</sup>. Doch ist bei diesem ebenso interessanten wie einfachen Versuch die Aufmerksamkeit einmal überwiegend auf einen ganz anderen Punkt (das anscheinend antagonistische Verhältniss des oberen und unteren Rückenmarksabschnitts bezüglich der Beugung und Streckung der Extremitäten) gerichtet gewesen, als auf den uns hier interessirenden, und dann tritt das für uns Wichtige bei der gewöhnlichen Form des Engelhardt'schen Versuchs nicht anschaulich genug hervor. Ich verfuhr deshalb einfach so, dass ich, nachdem der Frosch decapitirt und die Rückenhaut in der Mittellinie getrennt war, mit einem scharfen Messerchen zwischen den Wirbeln in die Medulla eindrang und dieselbe durchschnitt. Der Frosch wird dabei frei schwebend in der Luft gehalten, damit man die Bewegungen der Extremitäten bequem beobachten kann. Es ergibt sich nun Folgendes: Beim Einschneiden oberhalb des 1. bis zum Ende des 2. Wirbels abwärts gerathen die oberen Extremitäten in eine starre tetanische Stellung, in der sie entweder gegen die Brust hin gebeugt oder in der charakteristischen Betbewegung gehalten werden. Die Hinterbeine werden stark gegen den Hals hin gebeugt und so entweder ununterbrochen eine kurze Zeit gehalten oder auch wohl ein wenig wieder zurückgezogen und wieder nach dem Hals zu flectirt — also eine kurze starre oder ein Paar Bewegungen. Vom 3. Wirbel ab hören die Bewegungen in den Vorderpfoten auf; bei Schnitten vom oberen Theil des 3. bis zum 5. Wirbel abwärts sieht man, dass die Hinterbeine einmal, oft zwei- bis dreimal gegen den Rumpf hin gebeugt werden, dass zwei- bis dreimal Contraction der Beuger mit nachfolgender Erschlaffung eintritt — eine Andeutung klonischer Zuckungen. Vom 5. Wirbel ab ruft dann jede Trennung des Markes das allbekannte Phänomen, die ausserordentlich starre Streckung der Hinterbeine hervor. Es sei bemerkt, dass dieselbe viel intensiver ausfällt, wenn man die Operation an einem unversehrten Frosch vornimmt, als wenn man, wie bei dem obigen Verfahren, das Rückenmark schon stückweise abgetragen hat. —

Beim Vergleich der Resultate der Rückenmarksdurchschneidungen bei Warmblütern (Kaninchen) und Fröschen zeigt sich unseres Er-

<sup>1)</sup> Müller's Archiv 1841.

achtens eine unverkennbare Analogie. Wir sehen bei der Trennung des obersten Abschnitts beim Frosch eine tonische Contraction in den Vorderbeinen, bis zu einer bestimmten Tiefe abwärts Andeutungen klonischer Zuckungen in den Hinterbeinen, und noch weiter abwärts wieder tonische Bewegungen in den letzteren. Beim Kaninchen habe ich wegen der technischen Schwierigkeit der Beobachtung die Resultate der Durchschneidung des obersten Rückenmarksabschnitts mit Rücksicht auf die Vorderbeine ausser Acht gelassen; die Hinterbeine gerathen immer in heftige klonische Zuckungen — bis zu einer bestimmten Tiefe abwärts, dann ruft die Medullartrennung in ihnen eine einfache kurze tonische Zuckung, mitunter nur noch mit einer zweiten nachfolgenden Bewegung hervor. Der Grundcharakter der Erscheinung ist also derselbe beim Kaninchen und Frosch, nur sind beim Warmblüter die klonischen Bewegungen stärker ausgeprägt, der starre Tonus mehr beim Kaltblüter. Ich bemerke hier schon, dass es vorläufig unmöglich erscheint, einen genügenden Erklärungsgrund für dieses differente Verhalten aufzufinden. —

Die allgemeinen Ergebnisse nun der obigen Versuche bezüglich der motorischen Phänomene sind folgende:

a) Bei der einfachen Durchschneidung des Rückenmarks treten als unmittelbarer Effect Bewegungen auf, welche nicht sofort mit dem Aufhören des Reizes (des Schnittes) verschwinden, sondern dieselben überdauern.

Diese Eigenthümlichkeit, das Nachdauern der Wirkung, ist schon vor Jahren von Volkmann, Ludwig u. A., gegenüber dem Verhalten der peripheren Nerven, hervorgehoben worden. Da dieselbe uns hier nicht unmittelbar interessirt, lassen wir sie ausser Discussion.

b) Die auftretenden Bewegungen haben (namentlich bei Warmblütern) den Character exquisiter klonischer Zuckungen. Bei der Durchschneidung an bestimmten Punkten indess erhält man keine klonische Zuckungen, sondern nur eine einfache Bewegung.

Wie erklärt sich zunächst dieses differente Verhalten? — Fassen wir die anatomischen Verhältnisse in's Auge, so findet sich, dass an den Rückenmarkspartien, von wo aus der Schnitt eine einfache Bewegung erzeugt, die Wurzeln der betreffenden motorischen Nerven

schon aus dem Mark sich ausgeschieden haben, dass dieselben hier direct, wie peripherie Nerven getroffen werden, dass die graue Substanz hier nicht mehr in Betracht kommt, ein zur Peripherie gehangender Reiz dieselbe nicht mehr zu durchsetzen hat. Wie die Durchschneidung eines peripheren Nerven keine klonischen Zuckungen erzeugt, so fehlen dieselben auch hier, wo die Nerven, trotzdem sie in der Markmasse zum Theil verlaufen, dennoch im Wesentlichen wie peripherie Nerven sich verhalten, indem sie noch nicht (oder eigentlich nicht mehr) mit Ganglienzellen in Verbindung getreten sind.

Anders sind die Verhältnisse an den Punkten, deren Verletzung klonische Zuckungen auslöst.

Es scheint nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen wohl ziemlich sicher, dass die vorderen Rückenmarksstränge (von den hinteren sehen wir hier ab) nur bewegungsleitend (kinesodisch), aber nicht selbst erregbar sind; dass sie direct erregbar nur überall da sind, wo die Wurzeln der Nerven, ehe sich dieselben in Ganglienzellen eingesenkt haben, sie durchsetzen, dass sie sonst aber nur auf dem Wege des Reflexes erregt werden können. Bekanntlich ist diese Behauptung schon von van Deen und Schiff aufgestellt und durch Versuche begründet. Wir können uns auf die weitere Discussion, welche diese Frage in der neuesten Zeit erfahren hat, indem Engelken (Fick) die directe Erregbarkeit der Vorderstränge wieder annahm, Guttmann, S. Meyer, Wislocki sie wieder in Abrede stellten, nicht ausführlich einlassen. Mehrfache Versuche, die ich in dieser Richtung angestellt, scheinen mir für Schiff und van Deen zu sprechen, und unwiderleglich scheint mir die Unerregbarkeit der Vorderstränge durch den Versuch van Deen's und Schiff's bewiesen, „dass man an Stellen, wo die Hinterstränge keine schmerzempfindenden stark reflectirenden Fasern besitzen, das Rückenmark mit einem scharfen Messer ohne Zuckungen des Hinterkörpers der Quere nach ganz durchschneiden kann.“

Daraus folgt, dass die klonischen Zuckungen, welche bei der Durchschneidung der Med. spin. auftreten, reflectorische sind. Der Reiz muss die graue Substanz durchsetzen.

Die Beständigkeit, mit welcher der verschiedene Effect der Durchschneidung je nach der verschiedenen Oertlichkeit auftritt — eine einfache kurze oder länger dauernde tonische Contraction, wenn

die Wurzeln direct getroffen werden, klonische Zuckungen, wenn der Reiz erst die Ganglienzellen passiren muss — kann wohl auf die Vermuthung führen, dass hier ein Verhältniss vorliegt, welches für die Entstehung der verschiedenen Krampfformen, der klonischen und der tonischen, von Bedeutung ist, uns einen Blick in den Mechanismus derselben eröffnet.

Setschenow hat gezeigt<sup>1)</sup>), dass, wenn man mit mittelstarken Inductionsströmen das centrale Ischiadicusende eines decapitirten Frosches reizt, (ausser anderen hier zu übergehenden Erscheinungen) eine Reihe von intermittirenden Bewegungen mit regellosem Character in den vorderen Extremitäten, resp. dass wenn man das Rückenmark zwischen 3. und 4. Wirbel getrennt hat und ebenso reizt, in dem Bein der anderen Seite eine ganze Reihe von periodisch wiederkehrenden Flexionen und Extensionen auftritt. Die Bewegungen sind unzweifelhaft reflectorische. Dieselben tragen, wie man sich sofort überzeugt, ganz den Character ausgeprägter klonischer Krämpfe. Was uns an denselben besonders interessirt, ist folgender Punkt. Wird ein peripherer motorischer oder gemischter Nerv mit einem Inductionsstrom gereizt, so entsteht in den zugehörigen Muskeln eine tetanische Contraction, ein tonischer Krampf. Hier aber erscheint bei demselben Reizungsmodus, der sonst eine continuirliche, ununterbrochene Contraction auslöst, eine Reihe von intermittirenden Zuckungen, mit klonischem Character. Es drängt sich natürlich sofort die Vermuthung auf, dass dieses abweichende Verhalten durch die veränderten anatomischen Verhältnisse bedingt ist, die der Art sind, dass der Reiz nicht direct die motorischen Fasern trifft, sondern erst von den sensiblen Fasern aus die Ganglienzellen des Rückenmarks passiren muss. Es liegt die Annahme nahe, dass das Zwischenschieben der grauen Substanz derartig wirkt, dass der continuirliche Reiz auf jener Seite nur einen intermittirenden Bewegungsvorgang auslöst.

Ehe wir indess zur Erörterung der Frage übergehen, in welcher Weise dieser genannte Effect zu Stande kommen kann, schicke ich eine Schilderung des Thatsächlichen selbst voran, da ich bei

<sup>1)</sup> Ueber die elektrische und chemische Reizung der sensiblen Rückenmarksnerven des Frosches. Graz 1868.

Wiederholung der Setschenow'schen Versuche zu einigen abweichenden Resultaten gekommen bin<sup>1)</sup>). Die Vorbereitungen zu denselben betreffend, so habe ich nicht, wie Setschenow, auch die vorderen, sondern nur die hinteren Extremitäten berücksichtigt. Zuerst wurde die Arteria femoralis, und zwar ausnahmslos der linken Seite (der äusseren Gleichmässigkeit wegen) hoch oben unterbunden, dann der Nervus ischiadicus präparirt, mit einem Faden umschlungen und in der Kniekehle durchschnitten: der Nerv konnte so bequem für die electrische Reizung durch Emporheben isolirt und hinterher wieder in die Musculatur zurückgelegt werden, so dass er ein Paar Tage lang erregbar blieb; von einem Tag zum anderen nähte ich die Haut zusammen. Nach der Isolirung des Nerven wurde dann sofort das Rückenmark durchschnitten, meist mit einem kräftigen Scheerenschnitt, nachdem vorher ein kleiner Hautschnitt angelegt war. Die beträchtliche Blutung stand alsbald, wenn Watte auf die Schnittstelle gelegt und die Haut darüber zusammengenäht wurde. Die Trennung geschah in dem Bereich vom 2. bis abwärts zum oberen Theil des 5. Wirbels. Nach diesen Vorbereitungen liess ich die Thiere sich einige Zeit erholen, bis eine deutlich ausgesprochene erhöhte Reflexerregbarkeit da war. Dann wurde der (also stets durchschnittene) linke Ischiadicus auf die Electroden eines Inductionsapparates gelegt und nun der Effect an dem (unversehrten) rechten Bein beobachtet. Die Erscheinungen an der Musculatur des linken Oberschenkels habe ich, als für meine Zwecke un wesentlich, ausser Beobachtung gelassen. Der Inductionsapparat, dessen secundäre Spirale 5060 Windungen hat, wurde durch ein kräftiges Daniell'sches Element getrieben. — Die Ausdrücke schwach, mittelstark und stark habe ich in demselben Sinne gebraucht wie Setschenow<sup>2)</sup>). Ich bemerke noch, dass die Mehrzahl der Experimente im November 1868, und im Januar, Februar, März 1869, also mit Winterfröschen angestellt ist. Es sind, ohne nennenswerthen Unterschied im Erfolg, R. temporaria und esculenta, kleine und grosse Exemplare zur Anwendung gekommen.

Wenden wir uns jetzt zu den Versuchen, von denen ich einige als Beispiele anführe. Bei dieser ersten Versuchsreihe verfuhr ich

<sup>1)</sup> Eine vorläufige Mittheilung der folgenden Versuchsergebnisse habe ich bereits im Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1869. No. 14 gegeben.

<sup>2)</sup> s. a. a. O. S. 15.

in der Weise, dass ich den Fröschen das Rückenmark durchschnitt und sie dann 24 Stunden aufbewahrte; am anderen Tage erst wurde das eigentliche Experiment vorgenommen: dies aus dem Grunde, weil mir die Reflexerregbarkeit am nächsten Tage eine viel lebhafte zu sein schien. Wir werden unten sehen, worauf dieses Verhältniss zurückzuführen ist.

**Versuch I.** Einer kleinen *R. temporaria* wird am 30. November Mittags die Med. zwischen 3.—4. Wirbel durchschnitten; am 1. Dezember Mittags besteht starke Reflexerregbarkeit, so dass beim leisesten Berühren der Hinterextremitäten sofort die heftigsten Bewegungen derselben erscheinen. Der linke Ischiadicus präparirt. Jetzt Reizung des linken Ischiadicus mit einem (schwach-) mittel-starken Strom, der an der Zungenspitze eben fühlbar ist. Im Moment des Auflegens des Nerven auf die Electroden erfolgt eine vorübergehende leichte Adduction des rechten Unterschenkels mit gleichzeitiger geringer Hebung des Oberschenkels; diese Bewegung hört alsbald wieder auf; nach der kurzen Pause wieder schnelle Adduction, an diese unmittelbar sich anschliessend ziemlich heftige Streckung des Beines und dann sofort in schneller Aufeinanderfolge circa 8 exquisite klonische Zuckungen (Beugung und Streckung). Während dieses ganzen Vorganges ist der linke Ischiadicus unverrückt auf den Electroden gehalten worden. Nach den klonischen Zuckungen blieb das Bein trotz der noch durch  $\frac{1}{2}$  Minute fortgesetzten Reizung schlaff liegen. Die Electroden werden entfernt. — Nach 10 Minuten und dann wieder 10 Minuten wird die Reizung wieder und jedesmal mit demselben Erfolg vorgenommen.

**Versuch II.** *R. temporaria*, Med. am 4. December getrennt. Am 5. December starke Reflexerregbarkeit. Es wird ein ganz schwacher Strom genommen, der an der Zungenspitze keine Empfindung verursacht. Beim Auflegen des linken Ischiadicus erfolgt im rechten Bein eine leichte Bewegung, die halb Adduction, halb Extension ist, dann einige unvollkommene klonische Zuckungen; darauf eine stärkere Adduction mit sofort nachfolgender starrer etwas länger dauernder Extension und auf diese unmittelbar eine Reihe exquisiter klonischer Zuckungen. Während der ganzen Zeit ist der linke Ischiadicus wieder unverrückt auf den Electroden gehalten.

**Versuch III.** Rückenmark am 7. December getrennt. Am 8. December stark erhöhte Reflexerregbarkeit. Anwendung eines starken Stromes, so stark, dass er an der Zungenspitze vollständig unerträglich ist. Beim Auflegen des linken Ischiadicus entsteht im rechten Bein eine schnell vorübergehende Adduction, dann folgen sofort etwa 8 exquisite klonische Zuckungen (Beugung und Streckung); danach bleibt das Bein trotz fortgesetzter Reizung ruhig liegen. — Nach 10 Minuten ergibt eine neue Application der Electroden dasselbe Resultat.

Diese Versuche, von denen ich 3, mit verschiedenen Stromstärken vorgenommen, als Beispiele mitgetheilt habe, sind sehr oft mit dem gleichen Resultat wiederholt — wenige ausgenommen, auf

die ich noch zurückkomme. Es lag mir nicht daran, das verschiedene Verhalten der einzelnen Muskelgruppen, die Beteiligung der Heber, der Beuger u. s. w. zu studiren, sondern nur den allgemeinen Typus der Bewegungerscheinungen. Wie aus den angeführten Versuchen schon hervorgeht, bestand derselbe darin, dass im Moment der Application der Electroden eine kurze Bewegung erfolgte, meist eine Adduction des Beines gegen den Rumpf hin, dann eine kleine Pause, und nun eine ganze Reihe intermittirender Bewegungen, die das ausgeprägte Bild klonischer Krämpfe darboten. Ob der Strom ganz schwach war oder durch die verschiedensten Grade hindurch bis zur höchsten Intensität (Uebereinanderschieben der Spiralen) gesteigert, war ohne Bedeutung (abweichend von den Resultaten Setschenow's); mitunter schien es, als wären die Zuckungen bei einer Einzelreizung mit starken Strömen weniger zahlreich als bei den schwachen, doch war dies nicht constant; nur konnte im ersten Falle die Reizung nicht so oft wiederholt werden wie im letzteren. Die Zahl der Flexionen und Extensionen variierte von 3—15.

Dieses Resultat erhielt ich bisweilen an demselben Frosch bis zum 4. Tage, in einem Fall sogar noch am 6. Tage; oft aber schon am 3. Tage nicht mehr.

Von den Varianten des Versuches sei hervorgehoben, dass mitunter, aber durchaus nicht immer, die klonischen Bewegungen in einen Endtetanus, und zwar eine Extension der Extremität, ausgingen, sehr selten bei den ganz schwachen Strömen, etwas öfter bei den mittelstarken und starken. Die Anfangsbewegung (Moment der Application der Electroden) war auch nicht constant dieselbe, ohne dass ich indess eine bestimmte Gesetzmässigkeit bezüglich der Ursachen dieser Differenz finden konnte. In der Mehrzahl der Fälle bestand sie in einer Beugung des Beines gegen den Rumpf hin, mitunter war es eine Bewegung, welche halb Extension, halb Flexion war, und in einigen Fällen wieder eine vollständige Streckung. Es schien mir, als trate die letztgenannte Modification um so reiner und ausgeprägter hervor, je tiefer gegen den 5. Wirbel zu das Mark durchschnitten war. —

Wir wissen, dass das eigenthümliche Bild klonischer Zuckungen hinsichtlich des Vorganges der Muskelthätigkeit in zweierlei Weise hervorgebracht werden kann: entweder in der Art, dass eine be-

stimmte Muskelgruppe in Contraction geräth, wieder erschlafft, wieder sich contrahirt u. s. w.; oder in der Art, dass antagonistische Muskelgruppen abwechselnd in Contraction gerathen, resp. abwechselnd die eine das Uebergewicht über die andere erlangt. Bei den obigen Versuchen hatte es nun allerdings den Anschein, als ob der klonische Character der Bewegungen in letztergenannter Weise entstünde, doch wollte ich mich davon noch direct durch den Versuch überzeugen. Dass die Streckung das Product activer Muskelthätigkeit sei, war klar zu sehen, es musste dasselbe also nur für die Beugung nachgewiesen werden. Dies geschah in folgender Weise. Als alle Versuchsvorbereitungen getroffen waren, band ich ein Gewicht (5 Grammstück) oberhalb der Zehen eines kleinen Frosches fest, und stellte dann das Brett, auf welchem das Thier befestigt war, ganz senkrecht auf, so dass das Bein durch die Schwere des Gewichts nach unten gezogen war. Als ich dann reizte, erfolgte zuerst eine Streckung, und dann eine heftige Adduction, bei welcher das mit dem Gewicht beschwerte Bein in die Höhe gezogen wurde, und so eine Reihe von Zuckungen. Ich wiederholte das Experiment mehrere Male mit demselben Erfolg. Es lehrt, dass auch die Adductionen activ sind, nicht blos durch einen Nachlass der Streckung zu Stande kommen. —

Wie ist es nun zu erklären, dass durch einen Reiz, der doch (wie der Inductionsstrom) an peripheren Nerven eine continuirliche, tetanische Contraction hervorbringt, die reflectorischen Bewegungen am Rückenmark einen unterbrochenen intermittirenden Character erhalten? Wir sagten schon oben, dass die Passage des Erregungsvorganges durch die graue Substanz diesen Effect bedingen müsse. Aber in welcher Weise?

Man weiss, dass die Fortleitung eines Erregungsvorganges durch die graue Substanz eine vermehrte Zeit in Anspruch nimmt und vermuthet, dass durch den Uebergang von den sensiblen Fasern auf die Ganglienzellen und von diesen wieder auf die motorischen Fasern, vielleicht auch dass bei der Fortleitung in den Ganglienzellen selbst Widerstände gegeben werden, welche die Verlangsamung bedingen. Andere Umstände, auf deren nähere Erörterung wir hier nicht eingehen können, bestätigen bekanntlich diese Vermuthung.

Mit Rücksicht auf das eben angedeutete Verhältniss, die Vermehrung der Widerstände in der grauen Substanz, könnte man sich

die Auslösung des rhythmischen Effectes durch den continuirlichen Reiz (oder in diesem Fall vielmehr durch einen Reiz, der sonst eine continuirliche Bewegung erzeugt) zu erklären suchen. Diese Erklärung ist in der That für andere rhythmische Bewegungsvorgänge angenommen, so für die Athembewegungen. Man glaubt bekanntlich die Periodicität derselben trotz des continuirlichen Reizes in der Weise deuten zu können, dass der Reiz erst allmählich eine bestimmte Intensität erlangen muss, um die Widerstände in der grauen Substanz des Athmungscentrum zu überwinden. Der Reiz wächst immer allmählich, und löst dann von Zeit zu Zeit, wenn er zu einer bestimmten Höhe gewachsen, eine in regelmässigen Intervallen wiederkehrende Bewegung aus. In derselben Weise könnte man sich nun vorstellen, dass der Erregungsvorgang, welcher durch die Reizung des sensiblen Nerven mittelst des Stromes erzeugt ist, den Widerstand, welcher durch das Zwischenschieben der grauen Substanz gegeben wird, immer nur erst zu durchbrechen vermag, wenn er zu einer bestimmten Höhe angewachsen ist, dass also die Bewegung nicht eine ununterbrochene (tonisch), sondern intermittrend (klonisch) wird.

Es ist möglich, dass diese Auffassung zum Theil richtig ist. Keinesfalls aber kann sie allein zur Erklärung der Thatsachen ausreichen; folgende Gründe sprechen dagegen.

Müsste der Reiz erst immer zu einer bestimmten Grösse anschwellen, so wird dieses nothwendige Maximum natürlich um so langsamer erreicht werden, je schwächer der ursprüngliche Reiz ist, um so weiter müssten also die erfolgenden Bewegungen aus einander liegen. Dies ist nun aber in Wirklichkeit durchaus nicht der Fall, die Zuckungen erfolgen bei den verschiedenen Stromstärken immer in gleicher Schnelligkeit auf einander; im Gegentheil habe ich in einigen Versuchen beobachtet, dass gerade bei den stärksten Strömen die Zuckungen träger erfolgten, es schien, als müssten die betreffenden Muskeln bei jeder Contraction erst den Widerstand der Antagonisten überwinden.

Ferner, wenn man einen Reiz anwenden kann, dessen gradweise Steigerung man so in der Hand hat, wie den inducirten Strom, und wenn bei diesem schon bei ganz schwachen Strömen klonische Zuckungen erfolgen: so sollte man meinen, dass man endlich zu einer Reizstärke kommen würde, welche bedeutend genug ist, den

Widerstand von vornherein zu durchbrechen, ohne erst noch gleichsam sich anzuhäufen, dass man also bei hohen Stromstärken einen gleichmässigen, ununterbrochenen Bewegungseffect, einen Tetanus, erhalten würde. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, immer, selbst bei den stärksten Strömen, erhält man nur klonische Zuckungen. (Ich habe allerdings in etwa 5 Experimenten — von circa 70 — einen Tetanus erhalten, aber nicht nur bei starken, sondern auch schon bei ganz schwachen Strömen, und unter besonderen Bedingungen, auf die ich später noch zurückkomme.)

Diese Gründe scheinen mir schon genügend, die Annahme zu widerlegen, dass das Vorhandensein von Leitungswiderständen, gegeben durch die graue Substanz, überhaupt oder wenigstens allein die Umsetzung des tonischen Bewegungsvorganges in den klonischen bedinge. Es kommen aber noch andere Momente hinzu, wie sich weiter unten ergeben wird. —

Im Verlauf der Experimente war es mir aufgefallen, dass das oben beschriebene Resultat der Ischiadicusreizung — klonische Zuckungen im anderen Bein — durchaus nicht constant aufzutreten schien, bald war es ausgeprägter Weise vorhanden, bald fehlte überhaupt jede Bewegung bis auf eine unbedeutende Streckung oder Beugung im Moment des Anlegens der Electroden. Anfänglich war es mir unmöglich, einen Grund dieser Unregelmässigkeit aufzufinden; ich meinte dieselbe auf eine grössere oder geringere Erregbarkeit der verschiedenen Froschexemplare zurückführen zu müssen. Mit der zunehmenden Versuchszahl aber stellte es sich heraus, dass eine bestimmte Gesetzmässigkeit hinter dieser anscheinenden Unregelmässigkeit verborgen war. Das Resultat des Versuches war nähmlich ein ganz verschiedenes, wenn die Reizung des Ischiadicus an einem frischoperirten Thier und wenn sie erst am nächsten Tage vorgenommen wurde.

Die Vorbereitungen und das Verfahren bei diesen weiteren Versuchen waren ebenso wie bei den obigen; der Unterschied bestand darin, dass die Reizung nicht erst am anderen Tage nach der Trennung des Rückenmarkes, sondern sofort vorgenommen wurde, d. h. wenn der Frosch sich von der unmittelbar der Durchschneidung folgenden allgemeinen Depression erholt hatte, was nach 10—15 Minuten der Fall ist und sich in dem Auftreten lebhafter Reflexbewegungen kund gibt.

Reizt man nun unter diesen Bedingungen den linken Ischiadicus mit einem starken Strom (von den schwachen und mittelstarken wird unten die Rede sein), so beobachtet man Folgendes. Im Moment der Application der Electroden erfolgt im rechten Bein eine momentane, schnell vorübergehende Adduction oder Extension, oder nur ein augenblickliches Zusammenfahren, bei dem kein Bewegungsmodus deutlich ausgesprochen ist. Dann verharrt, so lange man auch den Strom durchgehen lässt, das Bein in absoluter Ruhe, die auffallend gegen die sonst erscheinenden klonischen Zuckungen contrastirt. Man kann sich durch Anfassen des Beines überzeugen, dass diese Ruhe durchaus wirklich ist, nicht eine scheinbare, bedingt durch einen Krampf antagonistischer Muskelgruppen: man kann ohne jeden Widerstand das Bein in Extension oder in irgend eine Lage sonst bringen — es verharrt in derselben. Ich habe den Strom mitunter bis 3 Minuten lang durchgehen lassen, immer diese Ruhe. Entfernt man nun die Electroden, so sieht man in nicht seltenen Fällen, dass 2—3 klonische Zuckungen erfolgen, deren erste entweder zusammenfällt mit dem Moment der Entfernung oder auch einige Secunden später erscheint. In anderen Fällen bleibt das Bein auch jetzt ebenso unbeweglich, wie während der Reizung, und erst nach  $\frac{1}{2}$ —1 Minute wird es, wenn es gestreckt oder sonst in einer abnormalen Lage war, in die gewöhnliche Adductionsstellung der Hinterbeine angezogen.

Ein ebenso merkwürdiges Verhalten zeigt die Sensibilität. Vor der Reizung ruft schon die leiseste Berührung des rechten Fusses die lebhaftesten Reflexbewegungen hervor. Dagegen ist, so lange der Strom durchgeht, die Reflexerregbarkeit in den ausgeprägtesten Fällen vollständig aufgehoben: man kann die Zehen, die Haut des Ober- und Unterschenkels berühren, stechen, kneifen, man kann 1, 2, 3 Zehen mit der Pincette fast platt quetschen, nichts verräth eine Spur von Empfindung, nicht die leiseste Bewegung erfolgt. Diese Unempfindlichkeit hält nach dem Abnehmen der Electroden in der Regel noch einige Secunden, mitunter in abnehmender Intensität bis zu 1 Minute an, dann ist die frühere lebhafte Reflexerregbarkeit wieder vorhanden. Bisweilen aber kann man sich auch überzeugen, dass die Unempfindlichkeit in demselben Moment verschwindet, in welchem man den Strom entfernt. Wenn man nehmlich während dessen Dauer die Zehen erfolglos mit einer

Pincette berührt hatte, so sieht man, indem man die Pincette unverrückt festhält, unmittelbar nach der Abnahme des Stromes die heftigsten Reflexbewegungen erfolgen.

Diese (scheinbare) Unterdrückung der Hautsensibilität, welche schon Setschenow und Herzen beobachtet haben — wir werden unten darauf zurückkommen — ist nun nicht immer eine so hochgradige, wie wir sie eben geschildert. In vielen Fällen ist sie der Art, dass nur stärkere Reize, wie heftiges Kneifen der Zehen, Reflexbewegungen, aber auch dann meist nur schwache, auszulösen vermögen, während leichtere Berührungen dazu ungenügend sind. —

Wendet man mittelstarke Ströme an, so sieht man in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle genau denselben Effect, wie bei den starken, nur selten erscheint eine Abweichung in der gleich zu nennenden Weise.

Bei schwachen Strömen, solchen die an der Zungenspitze ganz unfühlbar sind bis 3—4 Zoll Rollenabstand, treten auch oft ganz dieselben Erscheinungen auf: Unbeweglichkeit des Beines und Unterdrückung der Sensibilität, ebenso hochgradig wie bei starken Strömen. Mitunter ist die Sensibilität nur mehr oder weniger abgeschwächt, und als motorischer Effect erfolgt eine langsame Abduction, Extension, und nochmals Adduction und Extension. In noch anderen Fällen endlich sieht man bei derartigen schwachen Strömen die Sensibilität nur ein Minimum verringert, und daneben die bekannten klonischen Zuckungen ausbrechen — doch ist dies das Seltene. Diese beiden eben angegebenen Modificationen der Erscheinung sind es auch, die man bisweilen bei mittelstarken Strömen beobachtet.

Die eben geschilderten Effecte der Reizung kann man nun in seltenen Fällen noch am nächsten Tage beobachten; 2 oder 3 Male ist es mir sogar noch nach 48 Stunden gelungen. Doch sind dies Ausnahmen. In der überwiegenden Mehrzahl erscheinen, untersucht man die in Wasser bis zum nächsten Tage aufbewahrten Frösche, bei den verschiedenen Stromstärken die motorischen Phänomene, welche ich schon oben geschildert — nehmlich klonische Zuckungen. Ebenso ist die Unterdrückung der Hautsensibilität (während der Reizung) am nächsten Tage entweder gar nicht mehr oder nur in unverhältnismässig geringem Grade vorhanden.

Wie lange nach der Durchschneidung des Markes jener ursprüng-

liche erste Erfolg — Unbeweglichkeit und Unempfindlichkeit — herverufen werden kann, vermag ich nicht anzugeben. Die äusseren Verhältnisse, unter denen ich arbeitete, brachten es mit sich, dass ich die Thiere erst immer wieder am nächsten Mittag, nach Verlauf von 24 Stunden, vornehmen konnte; nur 1 Mal habe ich einen Frosch am Abend, nach 10 Stunden untersucht, und fand noch dasselbe Verhalten wie unmittelbar nach der Durchschneidung, während am nächsten Mittag, nach weiteren 16 Stunden, die gewöhnlichen klonischen Zuckungen schon da waren. —

Oben bereits habe ich angedeutet, dass ich in etwa 5 Experimenten — von circa 70 — bei der Reizung am nächsten Tage keine klonischen Zuckungen erhielt, sondern einen exquisiten Tetanus, und zwar in Form der Streckung; die Stromstärken waren dabei gleichgültig, ob ich ganz schwache oder starke nahm. Entweder trat dieser Tetanus sofort mit Beginn der Reizung auf, oder erst nachdem einige klonische Zuckungen vorhergegangen waren. In einem Falle hielt derselbe 3 Minuten hindurch — so lange wurde die Reizung fortgesetzt — an. Diese 5 Fälle boten das Eigenthümliche, dass schon am 1. Tage, alsbald nach der Trennung der Med., eine sehr starke Reflexerregbarkeit bestand, dass am 1. Tage schon die sonst eintretende Unterdrückung der Bewegung und Sensibilität fast ganz ausblieb, es traten schon nach der Durchschneidung bei der Reizung klonische Zuckungen auf. Ferner war in diesen Fällen die Erregbarkeit so gross, dass das einfache Berühren der Haut des rechten (unversehrten) Schenkels mehrmals genügte, den Tetanus auszulösen — kurz die Thiere boten ganz das Bild einer Strychninvergiftung. —

Soweit vorläufig die Thatsachen. Ehe ich indess eine Erklärung derselben versuche, will ich an dieser Stelle einige historische Bemerkungen einfügen. Herzen<sup>1)</sup> hat schon gefunden, dass „jede mechanische oder chemische Reizung der Med. spin. in ihrer unteren Partie eine beträchtliche Depression der Reflexaction im vorderen Theil des Körpers hervorbringt“; ferner dass, wenn man nach Zerstörung des Gehirns und Rückenmarks bis zu den Wurzeln des Plexus bracch. hinab den einen Ischiadicus mechanisch oder che-

<sup>1)</sup> A. Herzen, *Expériences sur les centres modérateurs de l'action réflexe.* — Turin 1864.

misch (durch Auflegen eines Stückchens Pottasche) reizt, die Reflexerregbarkeit des anderen Beines ganz oder fast ganz unterdrückt wird. Hervorzuheben ist, dass Herzen alle hierher gehörigen Experimente an frischoperirten Fröschen vornahm, nur in einem Experiment (XXV.) wurde dasselbe Thier auch am folgenden Tage noch verwendet; indess wichen die Verhältnisse hierbei insfern von denen unserer Versuche ab, als das Rückenmark mit dem Gehirn in Verbindung war. In einer experimentellen Kritik der Herzenschen Arbeit konnte Setschenow (S. und Paschutin, Neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches, Berlin 1865.) dessen Resultate, die Reflexdepression durch chemische Reizung eines peripheren Nerven, nur theilweise bestätigen, indem er fand, dass bei einer stärkeren Concentration der zur Auslösung der Reflexe (am intacten Bein) verwendeten Säurelösung eher eine Steigerung derselben eintrat, und dass ferner selbst bei schwachen Lösungen der Depression oft eine vorübergehende Steigerung voranging.

In seiner letzten Arbeit (1868) ist Setschenow, indem er in derselben Weise operirte, wie ich in meinen Versuchen, schon zu Resultaten gelangt, mit denen die meinigen znm Theil übereinstimmen, zum Theil nicht. Wenn das Rückenmark zwischen dem 3. und 4. Wirbel durchschnitten war, so bewirkte die schwächste Reizung des N. ischiad. der anderen Seite gewöhnlich nur eine einzige Streckung des Beines; die mittelstarke eine Reihe periodisch wiederkehrender Flexionen und Extensionen, starke Reizung anfängliche Unterdrückung der Bewegung, zuletzt mitunter ein Endtetanus. Bei der starken Reizung des sensiblen Nerven zeigte sich ausserdem eine beträchtliche Depression der Hautempfindlichkeit (der Pfoten gegen Kneifen).

Ich glaube es nicht nöthig zu haben, die Unterschiede in den Resultaten Setschenow's und in meinen Versuchen noch einmal besonders hervorzuheben. Woher diese Differenz kommt, vermag ich nicht anzugeben. Ich ersehe nicht mit Evidenz, in welcher Jahreszeit Setschenow gearbeitet und ob dies vielleicht von Einfluss gewesen sein kann. Ferner scheint Setschenow, einer Aeusserung nach zu schliessen (S. 6), sowohl an frischoperirten Thieren wie nach 24 Stunden experimentirt zu haben, und die Versuchsresultate gleichzustellen — während ich gerade auf diese zeitliche Verschiedenheit Gewicht legen muss. —

Wenden wir uns jetzt zu der schwierigen Frage: wie sind die geschilderten Versuchsresultate zu deuten?

Betrachten wir zunächst die Erscheinungen an frischoperirten Fröschen: Wir sehen bei diesen unter Verhältnissen, wo die Reflexerregbarkeit sonst ungemein erhöht ist (Durchschneidung des Markes), bei Reizung des einen Ischiadicus die Reflexbewegungen im anderen Bein vollständig ausbleiben. Dieses eigenthümliche Phänomen könnte a priori auf verschiedene Weise ausgelegt werden. Einmal nehmlich könnte man an eine Unterdrückung der Bewegung durch Ueberreizung denken. Setschenow schon hat die gegen eine solche Auffassung sprechenden Gründe angegeben; meine Versuche, glaube ich, widerlegen dieselbe noch überzeugender, indem hier die Unterdrückung der Bewegung und Abschwächung der Sensibilität nicht nur bei starken Strömen eintrat, sondern schon bei mittelstarken und schwachen.

Eine andere Deutung, dass nehmlich die Ruhe eine scheinbare sei, bedingt durch einen sich das Gleichgewicht haltenden Krampf der Antagonisten, haben wir schon oben zurückzuweisen Gelegenheit gehabt.

Wie Setschenow muss ich zu dem Schlusse gelangen, dass es sich um eine wirkliche Unterdrückung, eine Hemmung der Bewegung handelt. Indess kann ich dieses Ergebniss nicht auf die starke Reizung allein beschränken, sondern muss es auch auf die mittelstarke und schwache ausdehnen. Für die Berechtigung einer solchen Hypothese scheinen mir, ausser dem Exclusionsverfahren, noch einige in den Erscheinungen selbst gelegene Umstände zu sprechen. Zunächst das ziemlich oft zu beobachtende Phänomen, dass unmittelbar nach dem Abnehmen der Electroden, im Moment des Aufhörens des Reizes, noch einige, 2, 3 Zuckungen auftreten, gleichsam als Nachwirkung eines Erregungsvorganges, der bis dahin sich nicht geltend machen konnte. Dann aber spricht die Verschiedenheit der Erscheinungen je nach der Verschiedenheit der Zeit für diese Hypothese der Hemmung — inwiefern werde ich alshald berühren.

Durch diese Hemmung des Reflexvorganges lässt sich auch die Unterdrückung der Hautsensibilität erklären und beide Erscheinungen können so unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt gebracht werden. Setschenow leitet dieselbe von einer Erregung der re-

flexhemmenden Centren im Gehirn ab. Diese Deutung muss bei unserem Versuch natürlich wegfallen. Dann könnte man folgende Erklärung geben: so lange ein so starker Reiz, wie der durch den electrischen Strom im Ischiadicus angeregte, auf die Ganglienzellen sich fortpflanzt, wird ein so schwacher, wie das Kneifen der Haut, gar nicht zugleich zur Geltung kommen können. Gegen diese Erklärung lässt sich *a priori* nichts einwenden. Doch scheint mir, als Gesamtauffassung der Phänomene, folgende Deutung annehmbarer: ebensowenig wie die Reizung des linken Ischiadicus eine Bewegung im rechten Bein auszulösen vermag wegen der gleichzeitigen Thätigkeit hemmender Einflüsse, wird eine Reizung des rechten Beins dazu im Stande sein: die Unterdrückung der Hautsensibilität wäre demnach keine wirkliche, sondern nur eine scheinbare. —

In welcher Weise man sich den Mechanismus dieser hemmenden Vorrichtungen vorstellen soll, das ist schwer zu sagen. Wir verlieren uns hier auf das Gebiet blosser Hypothesen. Dass durch die electrische Reizung des sensiblen Nerven in denselben Ganglienzellen, welche die anatomische Bahn des Reflexes bilden, neben dem Erregungsvorgang zugleich diesem selbst entgegenwirkende Vorgänge (hemmende) ausgelöst werden, ist schwer denkbar, und wir haben keine Analogie dafür. Eher denkbar wäre es, dass ausser in den reflexvermittelnden Ganglienzellen gleichzeitig in anderen noch eine auf den Reflexvorgang hemmend einwirkende Erregung gesetzt wird: mit dieser Annahme erklären sich, glaube ich, am besten alle die Eigenthümlichkeiten in den Versuchen.

Goltz<sup>1)</sup> hat ganz neuerlichst, ausgehend von der Analyse seines Quak- und Klopftests, eine allgemeine Auffassung zur Deutung der Hemmung von Reflexerscheinungen gegeben (l. c. S. 39—51). Dieselbe basirt auf der Voraussetzung, „dass ein Centrum, welches einen bestimmten Reflexact vermittelt, an Erregbarkeit für diesen einbüsst, wenn es gleichzeitig von irgend welchen anderen Nervenbahnen aus, die an jenem Reflexact nicht betheiligt sind, in Erregung versetzt wird.“ Ich halte diese Auffassung meines Freundes Goltz, so richtig und zutreffend sie mir für viele

<sup>1)</sup> F. Goltz, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869.

Fälle von Reflexhemmung erscheint, zur Erklärung unserer Experimente nicht für ausreichend. Zunächst vom Gehirn her können den Rückenmarksganglienzellen keine Erregungen zuströmen, welche die Erregbarkeit für die in ihnen abspielenden Reflexacte vermindern — denn das Gehirn ist in unseren Experimenten abgetrennt. Die Bewegung ferner wird unterdrückt durch die Reizung des N. ischiad. allein, es ist kein gleichzeitiger zweiter stärkerer Reiz vorhanden. Man könnte hier allerdings einwenden, dass durch die Reizung des Nervenstamms so viele verschiedene Erregungen zu den Ganglienzellen gelangen, dass die normale Abspielung des Reflexvorganges unmöglich gemacht wird. Aber dies selbst zugegeben, wie will man dann die Thatsache erklären, dass am 2., 3. Tage bei derselben Reizungsmethode wieder Reflexbewegungen zu Stande kommen?

Graide diese eben berührte Differenz in dem Verhalten frisch-operirter Thiere und solcher vom 2., 3. Tage, wie sie einerseits nur durch die Annahme besonderer reflexhemmender Vorrichtungen erklärt werden kann, trägt umgekehrt andererseits dazu bei, diese Annahme wahrscheinlich zu machen. Ich muss hier zunächst einem naheliegenden Einwande begegnen. Man könnte meinen, die Reflexunterdrückung bei eben operirten Thieren sei die directe Folge des mächtigen Eingriffes der Trennung der Medulla. Dieser Einwand wird einmal durch die Thatsache widerlegt, dass wenige Minuten nachher, oft schon nach 4—5, die Reflexbewegungen bei den gewöhnlichen leichten Hautreizen ganz exquisit erfolgen (und ich wartete immer 10—15 Minuten bis zur ersten Reizung); dann aber noch direct durch folgenden Versuch: Die Medulla wurde im 2. Wirbel durchschnitten, hinterher die gewöhnliche Reflexunterdrückung bei der Reizung. Am nächsten Tage lebhafte klonische Zuckungen. Jetzt wurde die Medulla wieder etwas tiefer durchschnitten — nichtsdestoweniger ebenso lebhafte klonische Zuckungen. Dieser Versuch, der selbstverständlich öfter angestellt wurde, beweist evident, dass die Folgen des Eingriffes des Schnittes selbst nicht die Ursache für das Ausbleiben sein können.

Ich sehe vorläufig keine Möglichkeit, die Differenz je nach der verschiedenen Zeit zu erklären, als nur durch die Annahme von zwei antagonistisch wirkenden Vorrichtungen. Wir müssen dann supponiren, dass die Erregbarkeit der einen, nehmlich der hem-

mend einwirkenden, früher abzunehmen beginnt als die der andern, der reflexvermittelnden. Für eine derartige Hypothese lassen sich wohl Analogien auffinden: so sehen wir meist sub finem vitae eine Pulsbeschleunigung eintreten, wenn nicht gerade Momente vorhanden sind, welche direct erregend auf das regulatorische Herz-nervensystem einwirken (z. B. Kohlensäureanhäufung) — wie mir scheint, ein Beweis dafür, dass das hemmende Centrum eher an Erregbarkeit verliert als die bewegungsauslösenden Ganglienzellen. — Am ersten Tage, so lange die Leistungsfähigkeit der reflexhemmenden Apparate noch normal ist, verhindert ihre durch die Reizung des Ischiadicus hervorgerufene Thätigkeit die Uebertragung des bewegungsauslösenden Erregungsvorganges; nimmt dieselbe ab, so kann der Impuls zeitweilig (sei es nach dem Erreichen einer gewissen Summe von Spannkräften' oder wie man es sonst sich vorstellen mag) den Widerstand der Hemmung durchbrechen, daher die unterbrochenen Bewegungen, die klonischen Krämpfe.

Man könnte sagen, die klonischen Zuckungen seien das einfache Product einer abwechselnd stärkeren Erregung der antagonistischen Beuger und Strecken. Dass eine solche stattfinden muss, habe ich selbst oben gezeigt, indem der Versuch lehrt, dass es sich nicht um ein blosses abwechselndes Spiel von Muskelcontraction und Erschlaffung handelt. Aber nichtsdestoweniger wird man die Hemmungshypothese nicht entbehren können. Denn wie will man sonst die gänzliche Unterdrückung der Bewegung am ersten Tage erklären, wie die Erscheinung, dass trotz des continuirlichen Reizes mitunter die Beugungen und Streckungen nicht schnell auf einander folgen, sondern in ziemlich getrennten Intervallen?

Mit dieser Hypothese lassen sich auch die oben erwähnten Ausnahmefälle in Einklang bringen, dass nehmlich einige wenige Male am 2. oder 3. Tage statt der klonischen Zuckungen ein Tetanus (in Extension) eintrat, und zwar bei Thieren, bei denen schon am 1. Tage die Unterdrückung der Motilität und Sensibilität keine recht evidente gewesen war. Es ist denkbar, dass bei diesen Thieren von vornherein ein pathologischer Zustand der Medulla bestand, eine krankhaft erhöhte Reflexerregbarkeit, wie eine solche bei gefangenen Fröschen bekanntlich mitunter beobachtet wird, indem dieselben an Tetanus leiden. Nach unserer Vorstellung ist dies aber nicht eine einfache erhöhte Reflexerregbarkeit, analog der nach

Trennung des Markes vom Gehirn auftretenden: denn bekanntlich löst in diesem Falle eine leichte Berührung der Haut keinen Tetanus aus, und dies geschah bei unseren Thieren mitunter; sondern es müsste sich dabei um eine Aufhebung der Leistungsfähigkeit, um eine Lähmung der reflexhemmenden Vorrichtungen im Rückenmark handeln, so dass ein Reiz continuirlich, ohne hemmende Widerstände, von den sensiblen Nerven durch die Ganglienbahnen zu den motorischen Nerven gelangen kann.

Es liegt — nebenbei bemerkt — die Frage nahe, ob man sich nicht in dieser Weise auch den pathologischen Tetanus beim Menschen, die Einwirkung des Strychnin auf das Rückenmark erklären könne. —

Die Annahme reflexhemmender Vorrichtungen im Rückenmark, zu der wir gelangt sind, wird durch eine kürzlich erschienene Arbeit von Lewisson<sup>1)</sup> wesentlich unterstützt. Derselbe, von einem ganz anderen Untersuchungsplane ausgehend, fand, dass man nach Durchschneidung der Medulla des Frosches unterhalb der cerebralen Reflexhemmungscentren (Setschenow's) durch starke mechanische Reizung der Vorderbeine (z. B. Umschuüren derselben) die Reflexbewegungen der Hinterextremitäten vollständig aufheben kann; er wies ferner nach, dass diese reflectorische Lähmung nicht abhängt von einer Lähmung der motorischen Nerven, ferner dass es gerade die Reizung der sensiblen Nerven ist, welche den erwähnten Effect hervorbringt, und endlich dass das Phänomen nicht als eine „Erschöpfung nach Ueberreizung“ anzusehen ist. Wie er sich diese „Hemmung der Thätigkeit der Reflexcentra durch starke Reizung sensibler Nerven entstanden“ denkt, darüber äussert sich Lewisson nicht.

---

An Säugethieren habe ich in derselben Weise experimentirt wie an Fröschen. Allerdings habe ich — durch äussere Umstände gehindert — nur sehr wenige Versuche anstellen können (im Ganzen an 6 Kaninchen und 2 Meerschweinchen), doch ergeben dieselben ein analoges Resultat. Reizte ich unmittelbar (d. h. etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde) nach der Durchschneidung, so erfolgte nur im Moment

<sup>1)</sup> Lewisson, Ueber Hemmung der Thätigkeit der motorischen Nervencentren durch Reizung sensibler Nerven. — Reichert — du Bois' Archiv 1869. S. 255—266.

des Auflegens des Nerven eine kurze Bewegung, meist als schnell vorübergehende Streckung sich darstellend, und dann nichts weiter. Am anderen Tage dagegen traten bei 5 von diesen 8 Thieren bei der Reizung evidente klonische Zuckungen auf; bei 3 war gar kein motorischer Effect ausser einer geringen Bewegung im Moment des Anlegens. Bei einem von diesen 3 letzteren Thieren erschienen dann am 3. Tage klonische Zuckungen; die beiden anderen waren zu dieser Zeit schon todt.

Säugetiere eignen sich bekanntlich überhaupt schlecht zu Versuchen über die Reflexerregbarkeit; und aus den wenigen von mir angestellten allein will ich keine Schlüsse ziehen. Doch sprechen die Ergebnisse Lewisson's, der an Kaninchen durch Quetschung der Niere, des Uterus, einer Darmschlinge, der Blase eine paraplegische Reflexlähmung der Hinterbeine erzeugen konnte, dafür, dass auch das Rückenmark der Warmblüter sich dem der Frösche analog verhält, dass auch in ihm reflexhemmende Vorrichtungen existieren.

---

Zu den obigen Experimenten wurde ich veranlasst durch die Frage: In welcher Weise kommt die Form des klonischen Krampfes zu Stande?

Unsere Kenntnisse hierüber sind bekanntlich recht mangelhaft. Positiv wissen wir, dass durch Reizung peripherer (motorischer oder gemischter) Nerven nur dann Muskelcontraktionen mit intermittirendem Charakter ausgelöst werden können, wenn ein Reiz in ziemlich entfernten Intervallen wiederkehrt oder an Intensität plötzlich wechselt, so dass der Muskel jedesmal erst wieder erschlaffen kann. Für die Pathologie ist dieser an sich klare Fall ziemlich bedeutungslos, da diese Form der Reizung kaum je vorkommt. Sonst treten klonische Zuckungen durch directe Erregung peripherer Nerven nur unter ganz besonderen Bedingungen ein: so stellt sich der Rittersche Tetanus bisweilen unter der Form des Clonus dar.

Bei fast allen in der Pathologie uns interessirenden klonischen Krämpfen sind die Centralorgane betheiligt: entweder werden die Krämpfe durch eine (scheinbar) directe Reizung derselben angeregt, oder die Erregung muss als Reflexvorgang die graue Substanz passiren. Mitunter aber erscheinen die Krämpfe auch, wenn sie die Ganglienzellen passiren, unter der Form des Tetanus. Für diese Ver-

schiedenheiten nun und für das Zustandekommen klonischer Bewegungen überhaupt von den Centralorganen resp. im Speciellen vom Rückenmark aus glaube ich durch die oben dargelegten Versuche und ihre Ergebnisse vielleicht eine Möglichkeit der Erklärung gewonnen zu haben.

---

## XV.

### Kleinere Mittheilungen.

---

#### 1.

#### Die Stellung des weichen Gaumens beim Tode durch Erhängen.

Von Prof. Ecker in Freiburg i. Br.

(Hierzu Taf. VII. Fig. 2.)

---

Während des sehr starken Frostes im Februar dieses Jahres kam die Leiche eines etwa 40 Jahre alten Mannes, der sich im Walde an einem Baum erhängt hatte, auf die hiesige Anatomie. Dieselbe war so ungemein hart gefroren, dass sich Durchschnitte mit der Säge mit der grössten Leichtigkeit machen liessen und ich verwendete daher die ganze Leiche zur Anfertigung solcher. Als ich die Schnithälften des median durchsägten Kopfes mit Wasser abgespült hatte, fiel mir die von der gewöhnlichen sehr abweichende Stellung des weichen Gaumens sofort auf. Derselbe war, was die beistehende Zeichnung deutlicher als jede Beschreibung machen wird, so in das Schlundgewölbe hinauf gekrümmmt, dass er dieses vollkommen erfüllte und die Choanen vollständig verstopfte. Dabei war das ganze Velum offenbar angeschwollen und erfüllte daher den Hohlraum noch vollkommener. Was noch an Raum in der Concavität des umgebogenen Gaumensegels, zwischen diesem und der Schlundwand, sowie der Zunge, übrig geblieben war —, es waren dies fast nur spaltenförmige Räume, die sich erst beim Aufthauen etwas vergrösserten —, erschien von einem zähen, glasartigen Schleim erfüllt. Es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass diese Stellung des weichen Gaumens in erster Reihe durch das von dem Strick bedingte Hinaufdrücken des Zungengrundes veranlasst ist; dass dies aber die einzige Ursache sei, möchte ich nicht behaupten. Sicher ist, dass durch die vollständige Verstopfung der Choanen der Atemweg durch die Nase sehr rasch und vollständig abgeschlossen wurde.

---