XXIV.

Aus dem Laboratorium der medic. Klinik in Bonn.

Experimentelle Untersuchungen über Rückenmarkserschütterung.

Von

Dr. Gisbert Kirchgässer,

Assistenten der Klinik.

Auf Veranlassung meines Chefs, Prof. Fr. Schultze, habe ich im Laufe des letzten Jahres im Laboratorium der medicinischen Klinik eine Reihe von Versuchen angestellt, durch Erschütterungen der Wirbelsäule bei Kaninchen Rückenmarksveränderungen zu erzeugen. Im Grossen und Ganzen folgte ich der Versuchsanordnung von Schmaus: „Beiträge zur pathologischen Anatomie der Rückenmarkserschütterung.“ Archiv für patholog. Anatomie. XII. Folge. Bd. II.

Schmaus hielt dem senkrecht in die Luft gehaltenen Thiere ein starkes, etwa 2 Cm. dickes Brett an den Rücken und schlug auf dieses so lange mit dem Hammer, bis sich, meist nach 8–15 Schlägen, eine Wirkung zeigte. Dieselbe bestand manchmal zuerst in Krämpfen der unteren, seltener auch der oberen Extremitäten, worauf eine Lähmung oder mehr oder weniger starke Parese der Hinterbeine eintrat. Meist war die Lähmung von sehr kurzer Dauer, und nach 10–15 Secunden die normale Bewegungsfähigkeit wieder hergestellt. Die Erschütterungen wurden dann fortgesetzt, bis die Parese eine anhaltende wurde, wozu meist eine geringe Anzahl von Schlägen nöthig war. War die Parese am nächsten Tage verschwunden, so wurde der Versuch wiederholt.

Versuchsanordnung. Bei einem Vorversuch, bei welchem ich genau den Angaben von Schmaus folgte, gelang es mir nicht, deutlich erkennbare Paresen zu erzeugen, obschon ich öfters und mit aller Kraft gegen das Brett schlug. Das Versuchsthier war freilich ein alter kräftiger Kaninchenbock, der seit längerer Zeit zum Inventar des Laboratoriums gehörte und bereits mehreren anderen Versuchen gedient hatte. Es war dabei sehr schwierig, das sich gewaltig sträubende

Thier so ruhig frei in der Luft zu halten, dass das Brett der Rückenwirbelsäule entsprechend angedrückt gehalten werden konnte. Bei schwächeren Thieren und einiger Uebung wäre es mir wohl gelungen, wie es ja auch Schmaus vielfach gelungen ist. Aber ich änderte die Versuchsanordnung etwas, schon um eine doppelte Assistenz zu ersparen. An Stelle des Brettes liess ich eine 20 Cm. lange, 12 Cm. breite, $\frac{3}{4}$ Cm. dicke, weiche Kautschukplatte anfertigen, deren Ränder ringsum mit Löchern versehen wurden, um mittelst durchgezogener Stricke eine leichte Befestigung am Rücken des Versuchstieres zu ermöglichen. Sodann machte ich mir eine elastische Unterlage, indem ich über ein ungefähr 1 Quadratmeter grosses Holzgestell (eine gewöhnliche Kiste von entsprechender Grösse hätte auch genügt) ein Stück Segelleinwand straff gespannt festnagelte. Das Thier wurde mit dem Bauch nach unten auf den Rahmen gelegt; Vorder- und Hinterbeine wurden gestreckt festgehalten und die vorher mit Stricken genügend befestigte Kautschukplatte so zurecht gerückt, dass sie mitten auf der Wirbelsäule lag. Die Schläge wurden mit einem gewöhnlichen Holzhammer ausgeführt. Schon beim 1. Versuch bekam das Thier gleich nach dem zweiten festen Schlag einen Krampf in beiden Hinterbeinen, der einige Secunden andauerte.

Verletzungen der Wirbelsäule oder Blutungen in den Wirbelkanal oder in die Substanz des Rückenmarkes selbst haben sich bei den Sectionen niemals gefunden, wohl aber in einem Versuch, bei dem die Schläge wohl etwas fester ausfielen (II), geringe Blutaustritte innerhalb der Scheiden der langen Rückenmuskeln und rechts auch eine geringe Blutunterlaufung auf der vorderen Psoasfläche. Eine Verletzung der knöchernen Wirbelsäule oder Blutungen in den Rückenmarkskanal konnten auch hier trotz besonders sorgfältiger, daraufhin gerichteter Untersuchung bei der Section nicht festgestellt werden.

In den folgenden Versuchen habe ich die Schläge immer mehr abgeschwächt. Bei den beiden letzten habe ich das Holzgestell überhaupt nicht mehr angewandt. An Stelle dessen liess ich das Thier auf den Hinterbeinen sitzen, wobei ich mit der linken Hand die Brustgegend unterstützte, Zeigefinger und Daumen in die Achselhöhlen legte. Die ganz leichten Schläge wurden wiederum auf die Kautschukplatte geführt. Bei zwei eben ausgewachsenen Thieren — das schwerste wog 1793 Grm. — gelang es mir, bei dieser Versuchsanordnung Krampfanfälle zu erzeugen; bei einem älteren Kaninchen konnten auf diese Weise Krämpfe oder andere sichtbare Störungen der Bewegungsfähigkeit nicht festgestellt werden.

Die Versuchsthiere wurden nach 8—14 Tagen durch Eröffnen der

Halsschlagader getödtet und das Rückenmark sofort nach Eintritt des Todes herausgenommen und in Müller'sche Flüssigkeit gebracht. Im Ganzen habe ich 6 Präparate in allen Höhen untersucht und ausserdem zwei normale Präparate von gleich alten, in derselben Weise getödteten Thieren zu Controlfärbungen benutzt. Die drei ersten Präparate wurden nur nach Marchi behandelt, die übrigen, einschliesslich der Controlpräparate nach Marchi und Weigert gefärbt. Zur Untersuchung nach Marchi wurden die Präparate nach 14 Tagen in ungefähr 4 Mm. dicke Scheiben zerlegt und für 10 bis 14 Tage in eine Lösung — 1 proc. Osmiumsäure 1 Theil, Müller'sche Flüssigkeit 2 Theile — gebracht; Nachhärten in Alkohol von steigender Concentration, Celloidineinbettung u. s. w. Die Weigert-Präparate wurden nach der ursprünglichen Vorschrift als Blöcke gekupfert und die Schnitte nach dem Färben mit Hämatoxylin in der halbverdünnten Ferridcyanalilösung differenzirt.

Ich lasse die Mittheilung der einzelnen Versuche folgen.

I. Versuch.

12. August 1896 11 Uhr früh. Erschütterung in der oben beschriebenen Weise. Die Schläge treffen die Gegend der mittleren Rückenwirbelsäule, unterhalb der soweit wie möglich nach oben gezogenen Schulterblätter. Beim 2. Schlag tetanischer Krampf in beiden Hinterbeinen; derselbe dauert nur einige Secunden, dann zieht das Thier die Beine wieder an den Leib. Nach 20 Schlägen sind die unteren Extremitäten vollständig gelähmt; das Thier bewegt sich gar nicht. Nach einer halben Stunde kriecht es umher, wobei es die Hinterbeine scheinbar völlig gelähmt nachschleift.

13. August. Hinterbeine stark paretisch, werden noch immer nachgeschleift; Parese ist rechts stärker, als links. Kniereflexe sehr gesteigert, gekreuzter Reflex; Achillessehnenreflex nicht auszulösen. Beklopfen der Lendenwirbelsäule ruft starke Zuckungen der Lendenmuskulatur hervor, dabei richtet sich der Schwanz in die Höhe.

17. August. Die Parese ist langsam zurückgegangen; der Unterschied zwischen rechts und links bleibt deutlich. Kniereflexe immer noch sehr stark.

20. August. Das rechte Bein wird beim Laufen sehr geschont; links ist die Parese nur mehr angedeutet. Reflexe beiderseits immer noch stark. Rechts scheint eine geringe spastische Contractur nach passiven Bewegungen einzutreten.

20. August 4 Uhr Nachmittags. Das Thier wird durch Quertrennung der rechten Halsschlagader getödtet. Weder in der Muskulatur, noch beim Eröffnen des Wirbelkanales finden sich Blutaustritte. Die Wirbelknochen sind nicht verletzt. Das Rückenmark wird sofort in Müller'scher Flüssigkeit aufgehängt.

Das Präparat liess sich sehr schlecht schneiden, so dass ich nur wenige brauchbare Schnitte erhalten konnte; gefärbt waren die Blöcke

nach Marchi. Im Bereich des mittleren Dorsalmarkes ist der ganze Querschnitt mit zahlreichen grossen und kleinen schwarzen Punkten bedeckt; besonders in den Seitensträngen, aber auch in den Vordersträngen sind vielfach Fasern ausgefallen. Etwas weiter abwärts sind die Vorderstränge am stärksten verändert, in zweiter Linie die Gegend der Pyramidenseitenstränge und die Randzone. Auf der einen Seite (wahrscheinlich rechts) ist die Anhäufung von schwarzen Punkten deutlich grösser, wie auf der anderen. Auch im Bereich des Austrittes der vorderen Wurzeln sind viele schwarze Punkte vorhanden. Am wenigsten schwarz erscheinen die Hinterstränge, welche im unteren Theil der Lendenanschwellung ziemlich frei sind. Von der Halsanschwellung konnte ich keine brauchbaren Schnitte erhalten. Nach den Präparaten der folgenden Versuche lässt sich aber annehmen, dass eine aufsteigende Degeneration der Hinterstränge und Kleinhirnseitenstrangbahnen vorhanden war.

II. Versuch.

15. August. Gewicht 1055 Grm. Erschütterung durch 20 sehr leichte Schläge auf die Gegend der Wirbelsäule dicht unterhalb der soweit wie möglich nach oben gezogenen Schulterblätter. Beim 2. Schlag Tetanus der unteren Extremitäten; nach den in ziemlich schneller Folge geführten Schlägen bleibt eine leichte Parese beider Hinterbeine zurück; links vielleicht etwas stärker wie rechts. Die Kniereflexe sind im Vergleich mit der Prüfung vor dem Versuch deutlich verstärkt; gekreuzte Zuckungen.

16. August. Parese nur mehr angedeutet.

17. August. Desgleichen.

19. August. Parese nicht mehr deutlich. Reflexe noch ziemlich stark.

20. August. Keine Parese; Reflexe deutlich, wohl kaum verstärkt. Nochmalige Erschütterung durch zwölf ziemlich starke Schläge etwas unterhalb der früheren Stelle. Beim 3. Schlag kurz andauernder Tetanus in den Hinterbeinen, beim 6. anhaltender Tetanus; bei und nach den letzten 3 Schlägen klonische Zuckungen (Beuge- und Streckbewegungen) der Hinterbeine. Nach dem Versuch liegt das Thier wie völlig gelähmt da. Nach 20 Minuten bewegt es sich wieder, beim Fortkriechen wird der Hintertheil auf einer Backe nachgeschleift. Kniereflexe deutlich schwächer wie vorher, besonders rechts. Das Thier erholt sich sehr schnell, zieht die Hinterbeine an den Leib, fällt aber beim Fortbewegen bald auf die rechte, bald auf die linke Hinterbacke. Reflexe bleiben schwach. Das Thier frisst, scheinbar mit Lust, gleich nachher ein Kohlblatt.

21. August. Ziemlich unverändert, schwache Reflexe.

22. August. Läuft etwas besser; fällt dabei immer noch bald auf die rechte, bald auf die linke Hinterbacke; Reflexe stärker.

23. August. Urin im Strahl entleert. Es macht den Eindruck, als wäre die Oberschenkel- und Lendenmuskulatur mehr paretisch, als die Unterschenkelmuskeln. Gang immer noch schwankend. Das linke Bein ist vielleicht etwas mehr paretisch. Reflexe stärker, wie gestern.

25. August. Gang etwas besser, Reflexe verstärkt.

26. August. Klopfen auf die rechte Patellarsehne bewirkt klonische Zuckungen im linken Unterschenkel; die Parese ist stärker geworden; Nachmittags auch Fussklonus links andauernd, rechts 2—3 Nachzuckungen.

27. August. Beiderseits andauernder Fussklonus; Parese nimmt weiter zu, links mehr wie rechts. Gegen 12 Uhr Mittags Krampfanfall, deutlicher Opisthotonus von wenigen Secunden Dauer. Die Krämpfe wiederholten sich Nachmittags in immer kleineren Pausen; in den Zwischenzeiten keine Starre; Cheyne-Stokes'sches Athmen, Tod (durch Respirationslähmung) gegen 6 Uhr Abends. Section rofort nach dem Eintritt des Todes. Es finden sich keine Verletzungen der knöchernen Wirbelsäule, keine Blutung im Wirbelkanal. In den Scheiden der langen Rückenmuskeln auf beiden Seiten, rechts auch auf der vorderen Fläche der Psoas geringe, offenbar von den Schlägen herrührende Blutaustritte. Makroskopisch keine sichtbaren Veränderungen am Rückenmark.

Die mikroskopische Untersuchung der nach Marchi gefärbten Präparate ergibt:

Oberhalb der Halsanschwellung eine umschriebene Strangdegeneration in den medialen Theilen der Hinterstränge (Goll'sche Stränge), ausserdem eine mässige Anhäufung von schwarzen Punkten in der Randzone, besonders entsprechend den Kleinhirnseitensträngen und den Austrittsstellen der hinteren Wurzeln. In den Vordersträngen sieht man vor Allem in den medialen Theilen einzelne zerstreute Punkte, während die übrigen Theile des Querschnittes ziemlich frei sind.

Im Bereiche der Halsanschwellung werden die Punkte an der vorderen Ecke der Vorderstränge, überhaupt im Bereich der Pyramidenvorderstränge, andeutungsweise auch im Bereich der Pyramidenseitenstränge ein wenig zahlreicher.

Etwas unterhalb der Halsanschwellung mehrten sich die Punkte auch im Bereiche des übrigen Seitenstranges. Die Degeneration der Goll'schen Stränge hebt sich aber immer noch scharf ab. Die graue Substanz zeigt ebenfalls vereinzelte schwarze Punkte.

Im mittleren Dorsaltheil ist der ganze Querschnitt ziemlich gleichmässig von schwarzen Punkten durchsetzt. Besonders stark degenerirt erscheinen die Vorderstränge, in welchen immer mehr vollständig ausgefallene Fasern gezählt werden. In den Pyramidenseitensträngen finden sich ebenfalls einzelne ausgefallene Fasern. Eine umschriebene Degeneration der Goll'schen Stränge tritt nicht mehr deutlich hervor.

Im unteren Dorsaltheil ändert sich das Bild allmählich, indem die graue Substanz freier wird, und auch die Hinter- und Seitenstränge deutlich weniger schwarze Punkte zeigen, während die Vorderstränge ziemlich unverändert bleiben.

Im Bereich der Lendenanschwellung sind die graue Substanz und die Hinterstränge ziemlich frei von schwarzen Punkten. Die Anhäufungen derselben beschränken sich je weiter abwärts, um so deutlicher und vollständiger auf die Vorderstränge und die Pyramidenseitenstränge.

Im Sakralmark finden sich im Vorderstrang noch eine kleine Anhäufung von schwarzen Punkten und ganz vereinzelte Punkte dem seitlichen Pyramidenstrangrest entsprechend. Die Hinterstränge und die graue Substanz sind vollständig frei.

Es besteht demnach eine Querschnittsmyelitis im Bereich des mittleren Dorsaltheiles, entsprechend der Einwirkungsstelle des Traumas, mit secundären auf- und absteigenden Strangdegenerationen.

III. Versuch.

1. September. Gewicht 1710 Grm. Erschütterung durch fünf mittelstarke Schläge ruft Tetanus in den Hinterbeinen hervor; darauf werden noch zwanzig leichte Schläge gegeben. Einwirkungsstelle der Schläge wiederum die Mitte der Rückenwirbelsäule. Nachher sind die Reflexe nicht wahrnehmbar gesteigert. Das Thier zieht die Hinterbeine an den Leib, es kriecht, den Bauch am Boden schleifend, die Hinterbeine jedesmal wie eine Heuschrecke an sich ziehend, ziemlich langsam voran. Es macht den Eindruck, als wolle das Thier hauptsächlich die Rückenmuskeln schonen.

2. September. Das Thier läuft wie ein gesundes umher. Zwei feste Schläge auf dieselbe Gegend. Schon beim 1. Schlag mehrere Secunden dauernder Tetanus. Nachher Lähmung der Hinterbeine, rechts etwas mehr wie links. Reflexe nicht gesteigert.

3. September. Reflexe gleich, nicht verstärkt; Schwanzreflex deutlich. Das Thier fällt beim Kriechen immer auf die rechte Hinterbacke und weicht nach derselben Seite ab.

4. September. Beide Hinterbeine noch stark paretisch; das rechte Bein wird meist an den Bauch gezogen gehalten und beim Laufen geschont.

11. September. Die Parese ist bedeutend zurückgegangen; das normale Nachziehen der Hinterbeine beim Vorwärtslaufen ist aber deutlich ein wenig langsamer, schleppender, als beim gesunden. Reflexe gleich, nicht verstärkt. Ein Unterschied zwischen rechts und links besteht nicht mehr. Durchschneidung der Carotis. Die Section ergiebt keine Verletzung der Knochen, keine Blutungen in der Musculatur, keine Blutung in den Wirbelkanal.

Die mikroskopische Untersuchung des nach Marchi gefärbten Präparates ergiebt einen ähnlichen Befund wie beim 2. Versuch.

Oberhalb der Halsanschwellung findet sich umschriebene Strangdegeneration in den medialen Theilen der Hinterstränge (Goll'sche Stränge) und Randdegeneration im Bereich der Seitenstränge, die hier noch deutlicher, wie beim II. Versuch, vor allem die Kleinhirnseitenstrangbahnen betrifft; nach vorn zu (Gowers'sches Bündel) reichen die schwarzen Punkte weniger weit nach innen und sind überhaupt weniger. — Also eine aufsteigende Degeneration in 3 Strangsystemen.

In den Vordersträngen finden sich ganz vereinzelte, zerstreute schwarze Pünktchen, noch weniger in den übrigen Theilen des Querschnittes.

Die Halsanschwellung zeigt dasselbe Bild; hier finden sich auch im Bereich des Austrittes der vorderen Wurzeln einige Punkte; in den Vordersträngen sind vielleicht etwas mehr vereinzelte Pünktchen vorhanden, wie oben. Abwärts von der Halsanschwellung werden die Punkte im Ganzen allmählich mehr; es treten auch in der Gegend der Pyramidenseitenstrangbahnen etwas mehr Punkte auf. Die Degeneration der Goll'schen Stränge hebt sich hier besonders schön ab.

Im mittleren Dorsaltheil nimmt das Schwarze immer mehr zu, zuerst in den Seitensträngen, dann in den seitlichen Theilen der Hinterstränge, so dass in den Schnitten von 2 Blöcken die Vorderstränge am wenigsten degenerirt erscheinen.

Weiter abwärts, im unteren Dorsalmark ist, der ganze Querschnitt einschliesslich der grauen Substanz ziemlich gleichmässig mit zahlreichen schwarzen Punkten durchsetzt. Es fällt auf, dass die Pünktchen in der grauen Substanz viel kleiner sind; beim Versuch II trat dies nicht so schön hervor. In den Vorder- und Seitensträngen sieht man zahlreiche Fasern ausgefallen.

Dicht oberhalb der Lendenanschwellung beginnt sich das Schwarze allmählich zu lichten. Vor Allem fällt ein Freierwerden der medialen Theile der Hinterstränge (Goll'sche) auf.

Im Beginn der Lendenanschwellung zeigt sich bereits eine nach abwärts immer deutlicher werdende Beschränkung der stärksten Degeneration auf Pyramiden-, Vorder- und Seitenstränge.

Im untersten Theil der Lendenanschwellung besteht ausser an diesen Stellen nur noch eine geringe Ansammlung von schwarzen Punkten in der Randzone der Seitenstränge.

Im Sakralmark finden sich im Seitenstrang nur ganz wenige, im Vorderstrang eine kleine Anhäufung von schwarzen Punkten. Der übrige Querschnitt ist vollständig frei.

IV. Versuch.

16. Januar 1897. Gewicht 1320. Fünf leichte Schläge auf die mittlere Rückengegend. Das Thier liegt wie bei den früheren Versuchen auf dem Gestell. Beim 3. Schlag Tetanus in den Hinterbeinen, der $\frac{1}{4}$ Minute dauert. Nachher bewegt sich das Thier, wie wenn es kreuzlahm wäre, und schleift die Hinterbeine etwas langsam nach. Kniereflexe mässig verstärkt.

18. Januar. Das Thier läuft etwas besser, schleift aber die Beine immer noch nach, im Vergleich zu einem gesunden. Reflexe unverändert.

19. Januar. Die Bewegungsfähigkeit ist heute ziemlich normal. Das Thier wird auf die Hinterbeine gesetzt und in der oben beschriebenen Weise unterstützt, aufrecht gehalten; alsdann erhält es zwei leichte Schläge auf die Kautschukplatte. Beim 2. Schlag erfolgt ein 1 Minute lang dauernder klonischer Krampf der unteren Extremitäten, dabei auch einzelne Zuckungen in den Vorderbeinen. Nachher kriecht es umher, indem es die Hinterbeine zwar nicht eigentlich nachschleift, aber auch nicht richtig anzieht. Es rutscht vielmehr auf den Knien. Kniereflex rechts etwas verstärkt, mehrere Nachzuckungen; kein Fussklonus.

22. Januar. Läuft noch etwas lahm umher; Reflexe normal. Zwecks Demonstration vor einigen Collegen wird die Erschütterung wiederholt. Es gelingt mehrere Male, durch einen mässig starken Schlag in der aufgerichteten Stellung kurzdauernde Krämpfe der Hinterbeine hervorzurufen; schliesslich werden 20 ganz leichte, schnell hintereinander folgende Schläge verabfolgt, ohne dass ein Krampf eintritt. Die Kniereflexe sind nachher eher schwächer, wie vorher, besonders rechts. Das Thier rutscht auf dem Bauch und den Knien fort, kann aber die Hinterbeine im Liegen ganz an den Leib ziehen.

29. Januar. Gang immer noch etwas paretisch; Reflexe nicht verstärkt. Durchschneidung der Carotis. Section ohne Befund.

Nachdem das Präparat 14 Tage in Müller gelegen, wird es

in 4 Mm. dicke Scheiben zerlegt, und die einzelnen Stücke abwechselnd entweder in Marchi- oder zurück in Müller'sche Flüssigkeit gebracht; die letzteren wurden später nach Weigert gefärbt.

Die mikroskopische Untersuchung ergab: Im untersten Theil des verlängerten Markes sieht man in den nach Marchi gefärbten Schnitten eine umschriebene Degeneration der Goll'schen Stränge und in den Seitensträngen eine ebenso scharf abgegrenzte Degeneration der Kleinhirnseitenstrangbahnen. In dem übrigen Theil der Vorderseitenstränge finden sich nur ganz vereinzelte Punkte, welche an der äusseren Peripherie (nach vorn von den Kleinhirnseitensträngen) ein wenig reichlicher sind. Der übrige Querschnitt ist ziemlich frei. Im Weigert-Präparat kann man die beiden Strangdegenerationen durch einen etwas helleren Farbenton erkennen; sehr deutlich ist der Unterschied freilich nicht.

Im Halsmark ist die Randdegeneration im Bereich des Gowers'schen Bündels etwas mehr und reicht auch ein wenig mehr einwärts. Es finden sich auch in den lateralen Theilen der Hinterstränge einige Punkte.

Im Bereich der Halsanschwellung treten die Degenerationen in den Goll'schen und Kleinhirnseitensträngen sehr scharf hervor, ebenso auch die Randdegeneration, besonders an dem Gowers'schen Bündel. Am Ende der Halsanschwellung treten auch vereinzelte Punkte im Bereich der Vorderstranggrundbündel, ganz wenige auch in den Pyramidenseitensträngen auf. Mit Immersion erkennt man die Degeneration auch im Weigert-Präparat, während bei schwacher Vergrösserung kein deutlicher Unterschied zu erkennen ist.

Im oberen Dorsaltheil beginnt bereits eine langsam zunehmende Ausbreitung der schwarzen Punkte über den ganzen Querschnitt, doch heben sich die schon oberhalb degenerirten Stellen noch deutlich durch ein Mehr von Schwarz ab.

In der Mitte des Dorsaltheiles erreicht die Veränderung des ganzen Querschnittes bereits ihren Höhepunkt. Die aufsteigenden Bahnen heben sich nicht mehr ab. Hier sieht man auch am Weigert-Schnitt einen im Allgemeinen mehr bräunlichen Farbenton.

Im unteren Dorsaltheil beginnt die Degeneration in den Vordersträngen zu überwiegen, was auch im Weigert-Präparat zu erkennen ist. Im Beginn der Lendenanschwellung ist die Betheiligung des ganzen Querschnittes bereits deutlich in Abnahme begriffen, während die Pyramiden-, Vorder- und Seitenstränge unverändert schwarz bleiben und zahlreiche Lücken von ausgefallenen Fasern zeigen. Auf der Höhe der Lendenanschwellung ist ausser der jetzt deutlich abgegrenzten Pyramiden- und geringer Randdegeneration der übrige Querschnitt ziemlich frei, die Hinterstränge ganz frei. Weigert-Schnitte lassen hier keine Veränderung mehr erkennen.

Im Sacralmark findet sich die umschriebene Degeneration nur im Vorderstrang. An der Stelle des Restes der seitlichen Pyramidenbahnen ist nur mehr eine geringe Anhäufung von schwarzen Punkten vorhanden; der übrige Querschnitt ist ganz frei.

V. Versuch.

4. März. 1793 Grm. Das aufgerichtete, in der beschriebenen Weise unterstützte Thier erhält drei ziemlich leichte Schläge auf die Kautschuk-

platte entsprechend der Mitte der Wirbelsäule. Beim zweiten Schlag kurzer klonischer Krampf, vor allem im rechten Hinterbein; beim dritten Schlag allgemeiner Krampf, der $\frac{1}{4}$ Minute dauert. Nach 10 Minuten läuft das Thier wieder umher, scheint aber im Kreuz leicht paretisch. Nach einer halben Stunde erhält es noch 3 Schläge, die jedesmal einen vollständigen Krampfanfall auslösen, mit schnarchender Athmung und anscheinender Bewusstlosigkeit; Dauer höchstens $\frac{1}{2}$ Minute. Gleich darauf ist das Thier ganz munter, läuft umher, kaum merklich paretisch im Kreuz. Kniereflexe vor und nach den Versuchen schwach, aber deutlich auslösbar.

15. März. Gang unverändert. Durchschneidung der Carotis. Section ohne positiven Befund. Das Rückenmark wird, wie im vorigen Versuch nach Marchi und Weigert gefärbt.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt: Im oberen Halsmark sieht man im Marchi-Präparat nur eine Anhäufung von schwarzen Punkten an der Peripherie der Seiten-, in geringerem Grade auch der Vorderstränge. Am stärksten ist die Gegend der Gowers'schen Bündel befallen. Da der übrige Querschnitt auch von kleinsten, schwarzen Pünktchen fast völlig frei ist, tritt die Veränderung der Randzone sehr scharf hervor. Die Hinterstränge sind frei.

Dicht oberhalb der Halsanschwellung treten vereinzelte Punkte in den Vordersträngen auf, ganz wenige auch in den Hintersträngen. Wo die Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln getroffen ist, sieht man eine deutliche Anhäufung von allerdings kleinsten, schwarzen Punkten an der Stelle, wo der Nerv eben eingetreten ist. Dies ist noch deutlicher in der Halsanschwellung zu sehen. Die Anhäufung begrenzt sich beiderseits gleichmässig und reicht nicht über die Randzone hinaus.

Im Verlauf der Halsanschwellung bemerkt man überhaupt eine wenn auch sehr geringe Zunahme der schwarzen Punkte an den beschriebenen Stellen. Jedoch zählt man auch hier vergleichsweise mehr Punkte in den Vorder-, als in den Hintersträngen.

Im oberen Dorsalmark lässt sich eine weitere, ganz allmähliche Zunahme feststellen; es treten einige grössere Punkte in den Seitenstranggrundbündeln, an den Austrittsstellen der vorderen Wurzeln, ganz wenige auch in den Pyramidenseitensträngen auf.

Im mittleren Dorsalmark überwiegt die Anhäufung von Schwarz deutlich in den Vordersträngen und den vorderen Theilen der Seitenstränge, und zwar scheint einseitig (rechts?) etwas mehr Schwarz zu sein. Die Veränderungen in den Hintersträngen nehmen eher ab wie zu. An den Eintrittsstellen der hinteren Wurzeln sind an Stelle der oben beschriebenen Anhäufung nur mehr wenig zahlreiche, einzelne Punkte vorhanden. Im unteren Theil des Dorsalmarkes nimmt die Degeneration besonders in den Vordersträngen, aber auch in den Seitensträngen noch zu. Das Weigert-Präparat zeigt an den entsprechenden Stellen, vor allem in den Vordersträngen, deutlich einen etwas helleren Farbenton.

Oberhalb der Lendenanschwellung erreicht die Degeneration der Vorderstränge ihren Höhepunkt; dieselben sind bis in die hintersten Partien mit grossen, schwarzen Punkten durchsetzt und zeigen auch vielfach Lücken von ausgefallenen Fasern. Im Weigert-Präparat fällt

ein Unterschied schon bei ganz schwacher Vergrösserung auf. In den Seitensträngen macht sich bereits eine gewisse Abnahme geltend.

Durch die Lendenanschwellung hindurch bleibt die Degeneration der Vorderstränge bei Weitem im Vordergrund. In den Seitensträngen zeigt die Gegend der Pyramiden ein geringes Mehr von Schwarz; die Hinterstränge sind fast vollständig frei.

Im Sacralmark findet sich eine stärkere Anhäufung von schwarzen Punkten nur mehr in den vorderen, medialen Theilen der Vorderstränge; ausserdem sieht man an Stelle der Pyramidenseitenstrangreste noch eine geringe Anzahl von schwarzen Punkten, während der übrige Querschnitt ganz frei ist.

Bei diesem Versuche sind also die durch die Erschütterung hervorgerufenen Veränderungen hauptsächlich auf die vordere Hälfte des Querschnittes beschränkt geblieben. Damit stimmt überein sowohl das Fehlen einer aufsteigenden Degeneration der Goll'schen Stränge, als auch das Verhalten der Pyramidenbahnen. Dieselben sind erst abwärts von der Stelle der stärksten Degeneration mehr als die vorderen Theile der Seitenstränge ergriffen, und weiter nach abwärts, im Sacralmark, ist die Degeneration ausschliesslich auf dieselben beschränkt.

VI. Versuch.

17. Mai 1897. Gewicht 1430 Gramm. Das Thier erhält in derselben Weise, wie im letzten Versuch, sechs leichte Schläge auf die Mitte der Rückenwirbelsäule. Beim letzten Schlag kurzer, allgemeiner Krampfanfall. Nachher keine Parese; Kniereflexe rechts vielleicht etwas stärker, wie vor dem Versuch.

25. Mai. Keine Veränderung. Durchschneidung der Carotis. Section ohne positiven Befund.

Die mikroskopische Untersuchung ergibt, wie zu erwarten war, bezüglich ausgesprochen pathologischer Veränderungen keinen an sich zweifellos positiven Befund. Trotzdem will ich die Präparate in derselben Weise wie vorher beschreiben.

Im oberen Halsmark sieht man mit starker Vergrösserung überall in der weissen Substanz einzeln liegende, kleinste schwarze Pünktchen in geringer Anzahl, wie man sie auch in normalen Präparaten gewöhnlich findet. Etwas mehr, wie in dem übrigen Querschnitt, finden sich solche an der medialen, vorderen Ecke der Vorderstränge. Eine relative Vermehrung derselben in der übrigen Randzone ist nicht vorhanden.

In der Halsanschwellung derselbe Befund; vielleicht sind hier etwas mehr Pünktchen in den Hintersträngen, aber keineswegs ausschliesslich in den Goll'schen Strängen, sondern gleichmässig über die ganzen Hinterstränge vertheilt. Wo die Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln getroffen ist, findet sich eine ähnliche Ansammlung von kleinsten Pünktchen, wie sie beim vorigen Versuch beschrieben ist.

Im oberen Dorsalmark beginnt eine geringe Zunahme der Pünktchen im Allgemeinen.

Im mittleren Dorsalmark derselbe Befund; eine weitere Zunahme ist nicht zu erkennen.

Dagegen sind im unteren Dorsalmark in der vorderen Hälfte des

Querschnittes deutlich mehr schwarze Punkte vorhanden, wie in der hinteren.

In der Lendenanschwellung tritt dies noch mehr hervor. An der Eintrittsstelle der hinteren Wurzeln findet sich derselbe Befund von kleinsten Pünktchen wie oben an der Halsanschwellung.

Im Sacralmark sind die meisten Punkte entsprechend den Pyramidenvordersträngen, etwas weniger in den seitlichen Pyramidenstrangresten vorhanden, aber auch ganz wenige kleinste Pünktchen in den Hintersträngen. Die Weigert-Präparate zeigen keine Veränderungen.

Es liegt mir fern, diesen Befund ohne Weiteres für pathologisch zu erklären. Auffallend bleibt aber trotz alledem eine unverkennbare Ähnlichkeit mit dem Befund bei dem V. Versuch.

Fassen wir das Ergebniss der mikroskopischen Untersuchung kurz zusammen, so zeigt sich eine vollständige Uebereinstimmung der Befunde in den vier ersten Versuchen. Entsprechend der Einwirkungsstelle der erschütternden Gewalt findet man in der unteren Hälfte des Dorsalmarkes eine durch Zerfall der Markscheiden und Ausfall ganzer Fasern deutlich als solche erkennbare Erkrankung des ganzen Querschnittes, an welche sich eine secundäre auf- und absteigende Degeneration in typischer Weise anschliesst. Beim V. Versuch, bei welchem das Thier nur zweimal drei leichte Schläge erhielt, ohne dass nachher eine deutliche Parese vorhanden war, sind die Veränderungen an sich geringer und beschränken sich hauptsächlich auf die vordere Hälfte des Querschnittes. Dementsprechend ist eine secundäre Degeneration nur in den absteigenden Bahnen vorhanden. Beim VI. Versuch, der nach dem ersten kurzen Krampfanfall abgebrochen wurde, finden sich nur geringe, an der Grenze des Normalen stehende Veränderungen, die ebenfalls in der vorderen Hälfte des Querschnittes etwas stärker ausgeprägt sind. Es besteht also zweifellos eine unmittelbare Abhängigkeit der Stärke der Veränderungen der Rückenmarkssubstanz von der Stärke und Anzahl der Erschütterungen und der Stärke der klinischen Erscheinungen.

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle noch einige kurze Bemerkungen über die Marchi'sche Methode anzufügen, zu welchen ich durch Controluntersuchungen veranlasst wurde.

Um passende Vergleichspräparate zu bekommen, habe ich zwei gleichaltrige Kaninchen auf dieselbe Weise, wie die Versuchsthiere getödtet. Von dem einen habe ich das Rückenmark genau so, wie die früheren behandelt und sowohl nach Marchi, wie nach Weigert gefärbt. Bei dem 2. Präparat liess ich die Scheiben verschieden lange in der Marchi-Lösung liegen, und zwar nahm ich jedesmal 4 Scheiben aus verschiedenen Höhen, die ersten bereits nach 3, die

nächsten nach 4—5 u. s. w., die letzten am 19. Tag aus der Osmiumsäurelösung heraus. Dabei ging ich von der Vermuthung aus, dass sich vielleicht je nach der Länge der Einwirkung der Osmiumsäure eine verschieden grosse Anzahl der kleinsten schwarzen Pünktchen, wie sie in allen normalen Präparaten sich finden, entständen. Das Ergebniss dieser Versuchsreihe entsprach nicht meinen Erwartungen. Im Gegentheil, schon bei den ersten Präparaten fanden sich an den Stellen, wo die Osmiumsäure überhaupt hingedrungen war, ebenso viele Pünktchen, wie in den späteren Präparaten. Dagegen fiel mir bei denen, welche am längsten in der Lösung gelegen, eine immer stärker werdende Brüchigkeit auf, so dass ich von diesen — was freilich bei Marchi-Präparaten nicht unbedingt erforderlich ist — höchstens Schnitte von 20—25 Mikra erhalten konnte, während ich sonst meist von allen Blöcken bequem 10 Mikra schneiden konnte. Dieselben Versuche sind übrigens, wie ich später erfuhr, bereits früher von Herrn Privatdocent E. Schultze in Bonn mit einem ähnlichen Ergebniss angestellt, aber nicht veröffentlicht worden.

Durch diese auch in normalen Präparaten regelmässig vorkommenden schwarzen Pünktchen ist nun die Beurtheilung der Marchi-Präparate in der That sehr erschwert. Wenn die Veränderungen freilich so stark sind, wie in meinen fünf ersten Versuchen, dass man dieselben selbst nach Weigert in einzelnen Schnitten erkennen kann, dann dürfte die Entscheidung, ob es sich wirklich um pathologische Verhältnisse handelt, nicht schwer fallen. Für feinere Untersuchungen bleibt es immerhin eine missliche Sache, aus einem Plus oder Minus an Quantität oder Qualität der schwarzen Punkte zu entscheiden, ob es sich um pathologische Veränderungen handelt oder nicht. So habe ich auch in meinen normalen Präparaten sowohl doppelt conturirte, grosse schwarze Punkte an Stelle einer Nervenfaser gefunden, als auch, freilich nur ganz vereinzelt, eine reihenförmige Anordnung von schwarzen Punkten in Längsschnitten, während ich auf der anderen Seite an einzelnen Präparaten meiner Versuchsthiere an ganz offenkundig degenerirten Stellen keine, häufiger allerdings verhältnissmässig wenige doppelconturirte Punkte gefunden habe.

Ebensowenig, wie ich überzeugt bin, in diesen kurzen Bemerkungen etwas Neues zu bringen, ebensowenig will ich durch dieselbe den Werth der Marchi'schen Methode herabzusetzen versuchen. Denn sie bleibt doch viel feiner und giebt vor Allem da noch viel deutlichere Bilder, wo die Weigert'sche Färbung bereits versagt. Das aber möchte ich trotzdem wiederholen, dass die

Marchi'sche Färbung, so klare und so deutliche Bilder sie auch giebt, immer doch nur verhältnissmässig grobe Veränderungen sichtbar macht. Sind nur wenige Fasern degenerirt, dann hängt zu viel von der subjectiven Beurtheilung des Beschauers ab.

Noch möchte ich kurz erwähnen, dass ich mit bewusster Absicht die Thiere sofort nach Eintritt des Todes secirt habe. Die Vorschrift, welche u. A. z. B. auch Pollack in seiner kürzlich erschienenen Färbetechnik des Nervensystems angiebt, die Leichen erst 24 Stunden liegen zu lassen, bevor man das Gehirn und Rückenmark zwecks Färbung nach Marchi herausnimmt, steht mit dem sonst allgemein anerkannten und geübten Grundsatz, die Leichentheile möglichst frisch zu verarbeiten, im Widerspruch. Und diese alte Regel dürfte wohl um so weniger zu vernachlässigen sein, wo es sich, wie hier, um den Nachweis feinsten Veränderungen des Nervensystems handelt.

Es erübrigt noch, kurz die Ergebnisse meiner Versuche mit denen von Schmaus zu vergleichen. Die stärksten Veränderungen fand Schmaus ebenfalls am Orte der Einwirkung der erschütternden Gewalt; es fanden sich ferner auch ober- und unterhalb dieser Stelle Veränderungen an den Achsencylindern, die Schmaus nicht als secundäre Veränderungen ansieht. Berücksichtigt man, dass er Veränderungen der Markscheiden bei seiner Färbemethode nicht darstellen konnte, so ergibt sich eigentlich eine vollständige Uebereinstimmung seiner Befunde mit den meinigen. Für mich ist kein Zweifel, dass seine Präparate, wenn sie nach Marchi gefärbt worden wären, ebenfalls secundäre Degenerationen gezeigt hätten. Auch in meinen Präparaten finden sich die stärksten Veränderungen der Achsencylinder (Ausfall von ganzen Fasern) nicht nur an der Stelle der stärksten Querschnittserkrankung, sondern zumal in Vorder- und Seitensträngen auch ober- und unterhalb dieser Stelle. Andererseits sind in den entfernter gelegenen Theilen sowohl Degenerationen vorhanden, welche sich schon durch ihre Localisation mit Bestimmtheit als secundäre erweisen, als auch solche Veränderungen, z. B. in den Seitenstranggrundbündeln, an den Eintrittsstellen der hinteren Wurzeln u. s. w., welche, wenn sie überhaupt pathologisch sind, vielleicht ebenfalls primär durch die Erschütterung entstanden sind.

Mit Sicherheit lässt sich diese Frage mittelst der Marchi'schen Färbung überhaupt nicht entscheiden. Vielleicht wird es sich durch die Nissl'sche Methode ermöglichen lassen, bei solchen feinsten Veränderungen, wie sie in meinem VI. Versuch vorliegen, eine primäre Schädigung der Ganglienzellen auch an entfernteren Stellen

nachzuweisen. Es wäre dies jedenfalls eine dankbare Aufgabe für weitere Versuche.

Jedenfalls ist auch schon jetzt unzweifelhaft der experimentelle, pathologisch-anatomische Beweis erbracht, dass eine selbst ziemlich hochgradige organische Erkrankung des Rückenmarkes durch blosse Erschütterung zu Stande kommen kann, ohne dass irgend eine Verletzung der knöchernen Theile oder eine Blutung in den Rückenmarkskanal oder in die Substanz des Rückenmarkes selbst, ja selbst irgend eine stärkere Weichtheilquetschung vorhanden zu sein braucht.