



119, 211 6.

126.

Ueber doppelseitige  
**absteigende Degeneration**  
nach  
einseitigen Hirn- und Rückenmarksverletzungen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

**Doctors der Medicin**

verfasst und mit Genehmigung

Einer Hochverordneten Medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität  
zu Jurjew (Dorpat)

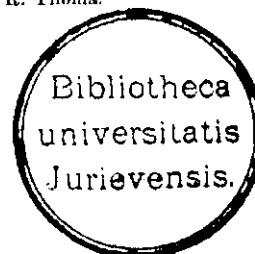
zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

**Wilhelm Vierhuff.**

Censores:

Prof. Dr. D. Barfurth — Prof. Dr. K. Dohio — Prof. Dr. R. Thoma.



Riga, 1894.

Ernst Plates Buchdruckerei, Lithographie und Schriftgiesserei,  
bei der Petri-Kirche, im eigenen Hause.

Печатано съ разрѣшеніи Медицинскаго Факультета Императорскаго Юрьевскаго  
Университета.

Юрьевъ, 19 марта 1884 г.  
№ 208.

Докладъ: С. Васильевъ.

*Д. М. Ч. 70*



Meinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.



Allen meinen akademischen Lehrern fühle ich mich zu tiefem Dank verpflichtet.

Die vorliegende Arbeit ist unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. Unverricht, jetzigen Director der Krankenanstalt zu Magdeburg-Sudenburg, entstanden. Ihm sage ich meinen wärmsten Dank für die Unterstützung bei meiner Arbeit und für die reiche wissenschaftliche Anregung, die er mir insbesondere zu der Zeit bot, wo ich sein Unterassistent zu sein die Ehre hatte.

Herrn Prof. Dr. Barfurth, in dessen Institut ich die histologischen Untersuchungen machte, bitte ich meinen Dank entgegennehmen zu wollen für das Interesse, das er meiner Arbeit entgegenbrachte.

Herrn Prof. Dr. Thoma danke ich verbindlichst für die Bereitwilligkeit, mit der er das Referat übernahm.

---



## Historisches.

---

Die secundäre Degeneration stellt einen Weg dar, auf welchem man den Faserverlauf im Centralnervensystem ergründen kann, daher hat sie seit längerer Zeit bereits die Forscher interessirt und ist in dieser Hinsicht vielfach verwerthet worden. Das Verdienst, als Erster den Werth der secundären Degeneration erkannt und darüber der wissenschaftlichen Welt Mittheilung gemacht zu haben, hat Türck sich erworben. Nach ihm hat sich eine grosse Anzahl von Autoren an die Bearbeitung dieses Gebietes gemacht, und ist es namentlich die Gegenwart, welche immer weitere Untersuchungen und Fortschritte producirt; aber dennoch sehen wir, dass trotz der vielen und werthvollen Untersuchungen, trotz vieler schon längst als richtig anerkannter und feststehender Befunde, es noch so manche offene Frage auf diesem Gebiete giebt. Insbesondere ist der Verlauf der verschiedenen Leitungsbahnen im Rückenmark Gegenstand einer mannigfachen Controverse, es differiren die Ansichten der Autoren

darüber nicht wenig. Namentlich wird die Frage nach dem Verhalten der cortico-musculären Leitungsbahnen noch nicht einheitlich beantwortet, indem sich im Gegensatz zu den bisher als Regel geltenden Ansichten, dass diese Bahnen einer einmaligen Kreuzung unterliegen, neue Anschauungen gebildet haben, welche dahin lauten, dass ein Theil der Bahnen einer doppelten Kreuzung unterliegt. Aus welchem Grunde diese Ansicht vertreten wird, werden wir weiter unten sehen, zunächst wollen wir versuchen, einen kurzen Ueberblick darüber zu geben, was bisher über die secundäre Degeneration und über das Verhalten der cortico-musculären Leitungsbahnen ermittelt worden ist.

Wie bereits erwähnt wurde, ist Türck (1) der Erste gewesen, welcher die secundäre Degeneration untersuchte. Er hatte eine Reihe von pathologischen Veränderungen im Rückenmark beobachtet, welche in Folge von Erkrankungen im Gehirn oder im Rückenmark selbst entstanden waren, es waren nämlich bestimmte Faserzüge der weissen Rückenmarksstränge entweder durch das ganze Rückenmark hindurch oder wenigstens durch den grössten Theil desselben mit zahlreichen „Körnchenzellen“ erfüllt, woraus er schloss, dass die mit Körnchenzellen erfüllten Stränge bestimmte Leitungsbahnen seien, zumal sie sich bis in die Medulla oblongata, zum Theil sogar bis in die Grosshirnschenkel hinein verfolgen liessen. Die Leitungsbahnen waren die von Türck nunmehr als Pyramidenbahnen bezeichneten. Türck theilte die Pyramidenbahnen in

die gekreuzt verlaufende Seitenstrangbahn und die nicht gekreuzte Vorderstrangbahn und bezeichnete sie als centrifugal leitende Bahnen. Ferner stellte Türck auf Grund von nach circumscribten Rückenmarkserkrankungen erhobenen Befunden centripetal leitende Bahnen in den Hintersträngen fest; auch fand er, dass sie im Gegensatz zu den centrifugal leitenden Bahnen oberhalb vom Herde im Rückenmark secundär degeneriren und bis zum Boden des IV. Ventrikels resp. zum Corpus rectiforme sich aufwärts verfolgen liessen. Unterhalb von der Compressionsstelle des Rückenmarks fand er nie eine Degeneration der Hinterstränge, wohl aber fand er eine solche in den Vorder- und Seitensträngen.

Obwohl diese von Türck gewonnenen Resultate von späteren Autoren bestätigt wurden und im Wesentlichen noch heute anerkannt werden, so scheinen sich doch bald einige Zweifel in Betreff der Türck'schen Gesetze über den Verlauf der Leitungsbahnen im Rückenmark erhoben zu haben, denn im Jahre 1857 stellte die medicinische Facultät zu Würzburg als Preisaufgabe das Thema: „ob und in welcher Weise das Rückenmark gekreuzte Wirkungen habe“. Diese Frage suchte v. Bezdold (2) zu lösen.

Zu diesem Zwecke machte er halbseitige Durchschneidungen des Rückenmarks an Fröschen, Tauben, Meerschweinchen, Kaninchen und Hunden und beobachtete das Verhalten der operirten Thiere in Bezug auf Motilität, Sensibilität und auf die Thätigkeit der

vasomotorischen Fasern. Er kam zum Resultat, dass eine gekreuzte Leitung der willkürlichen Bewegung, wie auch der sensiblen Bahnen nicht vorhanden sei. Auch eine Kreuzung von vasomotorischen Fasern im Mark konnte er nicht nachweisen. Was seine Resultate bezüglich der sensiblen Bahnen betrifft, so glaubt er allerdings auf Grund seiner Experimente annehmen zu dürfen, dass sie bei Säugethieren, Vögeln und Amphibien im Rückenmark keiner Kreuzung unterliegen, er giebt jedoch zu, dass seine Versuche die Möglichkeit einer Kreuzung der sensiblen Bahnen im Rückenmark nicht ausschliessen.

Zu denselben Resultaten wie Türck gelangte im Wesentlichen mehr als ein Decennium später Bouchard (3).

Im Jahre 1869 veröffentlichte Barth (4) eine Reihe von Beobachtungen secundärer Degeneration bestimmter Faserzüge nach Herden im Gehirn und Rückenmark und gelangte zu denselben Resultaten wie Türck.

Der Erste, welcher durch experimentelle Rückenmarksverletzungen secundäre Degeneration hervorrief, war Westphal (5): er bohrte mit einem Drillbohrer bei Hunden in das Rückenmark hinein und tödtete die Thiere nach 2—3 Monaten, er fand aber im Gegensatz zu den Resultaten der früheren Forscher, dass die Hinterstränge auch noch eine Strecke unterhalb der Läsionsstelle und die Vorderstränge oberhalb derselben secundär degenerirt waren.

Im Jahre 1870 veröffentlichte Vulpian (6) seine an Hunden, Kaninchen und Meerschweinchen angestellten Experimente; auch er hatte nach experimentellen Rückenmarksverletzungen secundäre Degeneration gefunden.

Im folgenden Jahre theilte W. Müller (7) einen Fall von partieller Rückenmarksdurchschneidung beim Menschen mit darauffolgender secundärer Degeneration mit: auch er bestätigte die Türck'schen Resultate und fand ausserdem, dass, obwohl nur der eine Seitenstrang durchschnitten worden war, dennoch unterhalb der Läsionsstelle beide Seitenstränge secundäre Degeneration aufwiesen.

Dieser auffallende Befund, der ja für das Vorhandensein einer doppelten Kreuzung einzelner Fasern verwerthet werden könnte, wurde in dieser Hinsicht weder von Müller selbst noch von anderen Autoren genügend gewürdigt.

Einen wichtigen Beitrag zur Degenerationsfrage lieferte im Jahre 1876 Schiefferdecker (8). Er brachte einer grösseren Zahl von Hunden eine vollständige Rückenmarksdurchschneidung bei und beobachtete als Folge derselben stets ein und dieselben Veränderungen, nämlich eine totale Degeneration der Hinterstränge dicht über dem Läsionsorte, welche nach oben zu allmähig abnimmt und sich bis in die Medulla oblongata hinein verfolgen lässt. Diese beiden Faserzüge sind dieselben, welche Türck und Bouchard beschrieben, und werden von Schiefferdecker eben-

falls für rein centripetal erklärt, da sich an diesen Stellen unterhalb der Läsionsstelle nie eine secundäre Degeneration fand. Abwärts degenerirten stets die Pyramidenbahnen, und somit bestätigt auch Schiefferdecker die centrifugale Leitung derselben. Diese Bahnen liessen sich nach einem im untersten Brustmark gemachten Schnitt bis zum 5. oder 6. Lendenervenursprung nachweisen. Er hatte auch interessante Beobachtungen über den zeitlichen Verlauf der Degeneration gemacht: die ersten deutlichen Spuren derselben fand er nach ungefähr 14 Tagen, und zwar waren die Veränderungen bei der absteigenden Degeneration deutlicher entwickelt als bei der aufsteigenden, sie begannen mit dem Schwinden der Achsencylinder, worauf ein Zerfall der ganzen Fasern erfolgte. Bei der aufsteigenden Degeneration war der Achsencylinder immer noch erkennbar. Von diesem Zeitpunkt an beobachtete er ein constantes Fortschreiten des Degenerationsprocesses, bis derselbe nach ungefähr 5 Wochen sein characteristisches Aussehen darbot und sich in aufsteigender Richtung bis in die Medulla oblongata, in absteigender bis zum Ende des Lendenmarkes verfolgen liess.

Ausser der secundären Degeneration fand Schiefferdecker noch eine andere, von der secundären zu unterscheidende Degeneration, welche er als „traumatische“ bezeichnet. Diese trat oberhalb und unterhalb der Läsion constant in einer Ausdehnung von circa 4—6 mm auf und bestand in einer Bildung von

unregelmässigen kleinen Hohlräumen, die sowohl einzelnen Nervenfasern, als auch Bündeln von Nervenfasern entsprechen.

Im selben Jahre veröffentlichte Vulpian (9) die Resultate seiner an Hunden ausgeführten Experimente; er fand, dass die nach Verletzungen im Gehirn und Rückenmark des Hundes auftretenden Degenerationen dieselben histologischen Verhältnisse darboten, wie die Degeneration im menschlichen Centralnervensystem. An denjenigen Theilen, wo die Degeneration am deutlichsten ausgesprochen war, fand er die Nervenfasern zum grössten Theil verschwunden, und in einigen von denen, welche noch erkennbare Achsencylinder aufwiesen, waren dieselben bedeutend dicker, als unter normalen Verhältnissen.

Sehr umfassende Untersuchungen machte Flechsig (10) über die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Wenngleich er auch nicht in allen Stücken die Ansichten Türcks zu theilen vermochte, so bestätigte er doch das von diesem Forscher beschriebene Verhalten der Pyramidenbahnen. Seine Resultate bezüglich der anderen Bahnen zu schildern und mit Befunden anderer Autoren zu vergleichen, können wir nicht unternehmen, da das zu weit führen würde, zumal die motorischen Bahnen allein Gegenstand unserer Betrachtungen sind. Flechsig hatte eine neue Methode eingeführt, um die Eigenthümlichkeiten des Centralnervensystems zu erforschen, es war das die entwicklungsgeschichtliche Methode. Um nun

diese Methode mit der von Türck angebahnten zu vergleichen, untersuchte er auch Rückenmarke, welche Degenerationen aufwies; hierbei fand er eine völlige Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der auf dem Grunde der successiven Markscheidenbildung beruhenden entwicklungsgeschichtlichen Methode und der Degenerationsmethode.

Eine auffallende Beobachtung machte Pitres (11): er sah in einer Reihe von Fällen nach einseitigen Herden in der motorischen Zone des menschlichen Gehirns eine doppelseitige secundäre Degeneration der Seitenstränge, und zwar begann dieselbe unmittelbar unterhalb der Pyramidenkreuzung und war in einem Theil der Fälle in beiden Seitensträngen gleich stark ausgeprägt, in einem andern Theil der Fälle dagegen in der der Läsion entgegengesetzten Seite stärker.

Durch spätere Untersuchungen brachte Flechsig (12) eine weitere Förderung der Frage über den Verlauf der Pyramidenbahnen, er fand nämlich, dass nach Zerstörungen im Bereiche der Centralwindungen die Pyramidenbahnen in ihrer ganzen Länge bis zu den untersten Abschnitten des Rückenmarkes degenerirten; hieraus zog er den Schluss, dass die Centren der Pyramidenbahnen hauptsächlich in den Centralwindungen localisirt seien. Zu ähnlichen Resultaten kamen auch Charcot und Gudden. Binswanger (13) dagegen vertrat einen andern Standpunkt, welchen er dadurch begründete, dass er nach Zerstörungen von

analogen Rindenpartien beim Hunde weder eine Degeneration in den Pyramidenvorderstrangbahnen noch in den Seitenstrangbahnen fand.

Aehnliche Resultate wie Schiefferdecker fand Homén (14) in Bezug auf die Degeneration der Pyramidenbahnen. Es handelte sich um Herde im Gehirn, welche die absteigende Degeneration veranlassten. Homén bestätigte im Allgemeinen durch seine Untersuchungen die Beobachtungen früherer Forscher, namentlich Schiefferdecker's. So betont auch er, dass vom Degenerationsprocess zuerst die Achsencylinder betroffen werden, was sich in Schwellung und einem körnigen Zerfall derselben äussert, erst im späteren Stadium verschwinden die Markscheiden, und es finden sich grössere Mengen von Kernen und Corpora amylacea. In vorgeschrittenen Fällen fehlen die Nervenfasern ganz, nie aber findet sich eine alleinige Veränderung der Markscheide, es geht immer erst ein Zerfall des Achsencylinders voraus.

Eine Beobachtung machte Homén aber, welche von besonderem Interesse ist: es fand sich nach einer Erweichung im rechten Hirnmantel neben der Degeneration der linken Pyramidenseitenstrangbahn eine solche auch in der rechten. Freilich zeigte letztere einen geringeren Grad als erstere. Da sich nirgends ein Herd fand, welcher diesen auffallenden Befund erklären konnte, so schloss Homén daraus, dass vereinzelt Fasern der Pyramidenbahnen im Rückenmark einer zweiten

Kreuzung unterliegen, welchen Vorgang er sich in der Weise dachte, dass einzelne Fasern von dem einen Seitenstrange durch die vordere Commissur in den anderen hinübergehen. Wie wir sehen, wird hier zum ersten Mal eine doppelte Kreuzung cerebros spinaler Fasern erwähnt.

Dieselben Resultate, wie in der erwähnten Arbeit gewann Homén (15) einige Jahre später durch experimentelle Untersuchungen, namentlich aber machte er auch hier wieder Beobachtungen, aus welchen er einen Schluss auf eine doppelte Kreuzung motorischer Fasern zog, es traten nämlich nach einer halbseitigen Durchschneidung des Rückenmarkes bei Hunden Paralysen beider hinteren Extremitäten ein.

Eingehende Untersuchungen über secundäre Degeneration machte ferner Löwenthal (16), und zwar führte er Hirn- und Rückenmarksläsionen aus. Letztere machte er hauptsächlich im Cervicalmark und fand, dass die darnach auftretende secundäre Degeneration im Verlaufe des ganzen Rückenmarkes eine weitaus bedeutendere Ausdehnung zeige, als die nach Wegnahme des Gyrus sigmoides auftretende, eine Beobachtung, welche er auch schon früher gemacht und mitgetheilt hatte (17). Was die Hirnläsion betrifft, so ist zunächst zu erwähnen, dass Abtragungen aus dem Gebiete des Parietal- und Occipitalhirns keine absteigende Degeneration im Rückenmark hervorriefen, während eine solche nach Entfernung des Gyrus sigmoides wohl zu constatiren war und sich bis in das Lenden-

mark verfolgen liess. Diese Beobachtungen lassen sich in Einklang bringen mit den oben beschriebenen Beobachtungen von Flechsig, Charcot und Gudden, während sie der Binswanger'schen Ansicht — dass nach Zerstörung der Centralwindungen keine secundäre Degeneration in den Pyramidenbahnen auftrate — widerspricht. Besonders interessant ist aber an Löwenthal's Untersuchungen, dass nach einseitigen Abtragungen im Vorderhirn eine bilaterale secundäre Degeneration im Rückenmark auftrat. Und ebenso wie in der von Homén beschriebenen (s. oben) bilateralen Degeneration nach einem Erweichungsherde im rechten Hirnmantel der Degenerationsprocess in der rechten Rückenmarkshälfte einen geringeren Umfang zeigte als in der linken, ist auch hier die Degeneration auf der gekreuzten Seite des Rückenmarkes viel deutlicher ausgesprochen, als auf der mit der Hirnläsion gleichseitigen Rückenmarkshälfte.

Gleichzeitig mit Löwenthal experimentirten andere Autoren und bestätigten die Befunde Türck's und Schiefferdeckers sowohl hinsichtlich der histologischen Erscheinungen beim Degenerationsprocess als auch der Thatsache, dass die sensiblen Fasern in aufsteigender, die motorischen dagegen in absteigender Richtung degeneriren. Von diesbezüglichen Arbeiten erwähne ich diejenigen von Herzen (18) und Codeluppi (19), allerdings findet sich in ihren Arbeiten nichts, was für eine doppelte Kreuzung sprechen könnte. Wohl aber lässt auf eine solche der von Hadden (20)

erhobene Befund schliessen. Er fand nämlich, dass in Folge eines  $1\frac{1}{2}$  Zoll langen hämorrhagischen Herdes in dem motorischen Theil der inneren Kapsel zwischen Corpus striatum und Linsenkern secundäre Degenerationen in der linken Pyramide und in einem schmalen Abschnitt der rechten Pyramide ventral und medial neben der grauen Masse des Kerns der Fibrae arciformes, im Cervicaltheil des Rückenmarkes, beiderseits in den hinteren zwei Dritteln der Seitenstränge und im inneren Theil der Vorderstränge aufgetreten waren. Und zwar war rechts die Degeneration im Seitenstrange ausgeprägter als links im Vorderstrange. Die bilaterale Degeneration war auch im Lendenmark noch vollständig deutlich ausgeprägt.

Zu ähnlichen Resultaten kommt Bianchi (21) auf Grund von an Hunden und Katzen ausgeführten Experimenten, während Marchi und Algeri (22), welche an Hunden und Affen experimentirten, keine totale Kreuzung sensibler oder motorischer Fasern annehmen, sondern der Ansicht sind, dass ein, wenn auch nur sehr kleiner Theil derselben direct verläuft.

In neuerer Zeit hat Rud. Volkmann (23) eingehendere Studien über secundäre Degeneration gemacht, doch erwähnt auch er nichts von einer doppelten Kreuzung cortico-musculärer Leitungsbahnen, sondern bestätigt, was das Verhalten des Achsencylinders und der Markscheide bei dem Degenerationsprocesse betrifft, die von Schiefferdecker und Homén erhobenen Befunde.

Zur selben Zeit erschien eine Arbeit von Lenhossék (24), welche zwar nicht direct in das von mir zu bearbeitende Gebiet hineinschlägt, aber aus anderen Gründen von so grossem Interesse ist, dass ich sie zu erwähnen nicht unterlassen möchte. Er untersuchte die Pyramidenbahnen von embryonalen Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen und Katzen und fand, dass dieselben bei diesen Thieren einer „vollständigen Kreuzung“ unterliegen, d. h. dass ausser den Pyramidenseitenstrangbahnen auch die Pyramidenvorderstrangbahnen einer Kreuzung unterliegen, welche Anschauung auch Kölliker (25) vertritt. Nach Lenhossék und Zacharewsky (26) verlaufen die Pyramidenbahnen bei der Maus und den Meerschweinchen in den Hintersträngen, bei Kaninchen und Katzen in den Seitensträngen, und zwar gehen sie bei den zuerst genannten Thieren nach der Kreuzung in der Medulla oblongata von vorn direct in die contralateralen Hinterstränge, wobei sie ihre Lage im vordersten Theil der Hinterstränge durch ihren ganzen Verlauf beibehalten. Ferner erwähnt Lenhossék auch die Thatsache, dass bei gewissen Thierclassen die Pyramidenvorderstrangbahnen fehlen, was Bechterew (27 u. 35) für Hund, Katze und Kaninchen bestätigt. Bei diesen Thieren verlaufen die Pyramidenbahnen nur in den Seitensträngen und die Pyramidenvorderstränge fehlen ganz. Ansserdem hebt Bechterew hervor, dass die Entwicklung der Pyramidenbahnen bei den verschiedenen Wirbelthierclassen sehr starken Schwankungen unter-

worfen ist, indem einzelne Tierclassen, wie z. B. Hasen und Kaninchen wenig entwickelte, andere dagegen stark entwickelte Pyramidenbahnen haben, eine Thatsache, auf die auch Flechsig vor längerer Zeit schon aufmerksam machte.

Sherrington (28) beschrieb, wie nach einseitiger Verletzung der Hirnrinde beim Hunde und Affen eine doppelseitige Degeneration der Pyramidenseitenstrangbahn erfolgte. Er zog daraus den Schluss, dass aus der betreffenden Bahn fortwährend Zweige nach der anderen Seite gehen. Diese Zweige nannte er „zurückgekrenzte Züge.“

In neuerer Zeit machte Unverricht die interessante Beobachtung, dass beim Hunde gewisse Muskeln von derselben Hemisphäre aus innervirt werden. Es gilt dies nach seinen Erfahrungen für das *Platysma myoides* und für die Rumpfmusculatur, soweit sie die Seitwärtsbewegung der Wirbelsäule hervorruft.

Dieser Befund liess nur zwei Deutungen zu: entweder die eines ungekreuzten Verlaufes der zu diesen Muskelgruppen gehenden Fasern oder die einer doppelten Kreuzung derselben.

Um diese Frage betreffs der Rumpfmusculatur zu entscheiden, stellte Kusiick (29) in Gemeinschaft und auf Anregung von Herrn Prof. Unverricht experimentelle Versuche an Hunden an. Er beobachtete nach Auslöfungen des *Gyr. sigmoides* ein normales Verhalten der der Läsion entgegengesetzten Rumpfhälfte, während die der Hirnläsion gleichnamige Rumpf-

hälfte paretisch war. Ebenso fand er nach halbseitigen Durchschneidungen des Rückenmarkes lähmungsartige Zustände nicht in der gleichseitigen, sondern in der entgegengesetzten Rumpfmusculatur. Hieraus zieht er den Schluss, dass die „Leitungsbahnen zu den Rumpfmuskeln in der gegenüberliegenden Rückenmarkshälfte verlaufen und deshalb eine doppelte Kreuzung der Fasern angenommen werden muss.“

Unverricht (30) nimmt an, dass die Kreuzung cortico-musculärer Leitungsbahnen in der Weise geschieht, dass die Fasern nach Ueberschreitung der Mittellinie in der Pyramidenkreuzung dann weiter unten, wahrscheinlich nach Art der sensiblen Bahnen, auf ganz verschiedenen Querschnitten wieder zur anderen Seite hinübergehen.

Sandmeyer (31) exstirpirte 13 Hunden die Extremitätencentra und einem Theil der Versuchsthiere auch noch das Centrum des Facialisgebietes, die Thiere wurden 4 Tage bis 3 $\frac{1}{2}$  Monate nach der Operation am Leben erhalten und nachher eine Untersuchung des Centralnervensystems vorgenommen, bei welcher sich folgende Resultate ergaben:

- „1. Bei Thieren, welche vier oder fünf Tage nach der Operation gelebt hatten, liess sich mit dem Marchi'schen Reagens nichts von den Degenerationserscheinungen nachweisen.
2. Auf einseitige Exstirpation motorischer Centra des Hundes folgt oft, aber nicht

regelmässig, auch gleichseitige Degeneration im Rückenmarke.

3. Mit Marchi'schem Reagens ist die gekreuzte wie gleichseitige Degeneration bereits am neunten Tage nachweisbar; es kann also gleichseitige Degeneration bereits am neunten Tage vorkommen.
4. Das directe Pyramidenbündel degenerirt nicht beim Hunde.
5. Olivenzwichenschicht und Schleifenschicht, die Kerne der Goll'schen und Burdach'schen Stränge, die Ganglienzellen der grauen Substanz, sowie die vorderen Wurzeln sind nicht von secundärer Degeneration ergriffen.“ — —

Rossolimo (32) machte halbseitige Durchschneidungen des Rückenmarks in verschiedenen Höhen und beobachtete, dass bei seinen Versuchsthieren, welche er längere Zeit am Leben erhielt, die gelähmten Glieder allmählig wieder bewegbar wurden; er schloss daraus, dass sich im Rückenmark Pyramidenfasern in der Höhe der einzelnen Wurzelaustritte kreuzen müssten.

Neuerdings hat Herz (33) doppelseitige Degeneration in der Pyramidenseitenstrangbahn nach Auslöflung der motorischen Zone der rechten Hemisphäre beobachtet, doch lässt er die Frage, woher die Degeneration in dem auf der operirten Seite gelegenen Seitenstrang stammt, offen. —

Fassen wir das bisher Gesagte kurz zusammen, so ergiebt sich folgendes: Was zunächst die histo-

logischen Veränderungen betrifft, welche die sekundäre Degeneration characterisiren, so äussern sie sich im ersten Stadium als Schwellung und körniger Zerfall der Achsencylinder (Schiefferdecker, Homén), darauf erfolgt eine Veränderung der Markscheide, dieselbe quillt auf und gerinnt, mittlerweile schwindet dann der Achsencylinder, es bilden sich grössere Mengen von Kernen und corpora amylacea (Homén) und in weiteren Stadien kommt es dann zum Ausfall ganzer Nervenfasern, woraus ein auffallend deutliches Hervortreten der Glia resultirt.

Was den zeitlichen Verlauf der Degeneration betrifft, so sind die ersten Veränderungen nach ungefähr 9—14 Tagen deutlich sichtbar, von da an nimmt dieselbe immer mehr zu und hat nach 5 Wochen ihr characteristisches Aussehen erreicht.

Sehen wir nun zu, welche Schlüsse aus der absteigenden Degeneration auf den Verlauf der Leitungsbahnen im Rückenmark gezogen werden, so gilt es schon längst als Regel, dass die motorischen Fasern sich im verlängerten Mark in der sogenannten Pyramidenkreuzung zum grössten Theil kreuzen, wodurch die Pyramidenseitenstrangbahn zu Stande kommt, während ein Theil der motorischen Bahnen — die Pyramidenvorderstrangbahn — direct verläuft. Wie wir aber sahen, hat ein Theil der Autoren Beobachtungen gemacht, welche für ein anderes Verhalten der Fasern sprechen. Und zwar hat man auf dem Wege des Experimentes an lebenden Thieren sowohl, als auch auf

dem Wege der Untersuchung der absteigenden Degeneration den Schluss gezogen, dass ein Theil der cerebro-spinalen Fasern im Rückenmark einer zweiten Kreuzung unterliegt.

Pitres dagegen deutet denselben Befund in dem Sinne, dass ein Theil der Fasern in den Pyramidenseitenstrangbahnen direct verläuft.

Man kann in der That aus einer doppelseitigen Degeneration der Pyramidenseitenstrangbahn nach einseitiger Hirnläsion keine doppelte Kreuzung cortico-musculärer Leitungsbahnen beweisen, ebensowenig kann man dadurch beweisen, dass ein Theil der Fasern direct verläuft, kommt aber zu diesem Nachweis noch der einer doppelseitigen Degeneration nach halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen hinzu, so scheint mir die Verbindung dieser Befunde kaum eine andere Deutung zuzulassen, als die einer doppelten Kreuzung eines Theiles der Seitenstrangbahnen. Zwar hat W. Müller bereits am Menschen eine doppelseitige Degeneration nach einer einseitigen Läsion des Rückenmarkes beschrieben, aber dieselbe nicht für den Verlauf der Leitungsbahnen verwerthet.

Nach dieser Richtung hin waren also die bis jetzt in der Literatur vorliegenden Beobachtungen zu ergänzen, und es ist deshalb in der vorliegenden Arbeit ein besonderes Interesse verwendet worden auf die Beobachtung der Seitenstränge nach halbseitiger Rückenmarksdurchschneidung.

---

Bevor ich an die Beschreibung meiner Untersuchungen gehe, erlaube ich mir, einige Worte über die angewandten Methoden vorzuschicken.

Die Hirn- und Rückenmarksläsionen wurden in derselben Weise ausgeführt, wie Kusick (29) sie beschrieb. Obwohl ich unter strenger Asepsis operirte, konnte ich in mehreren Fällen eine Eiterung nicht ganz vermeiden, in meiner Versuchsreihe habe ich aber nur von denjenigen Thieren die Rückenmarke verwerthet, wo eine etwaige Eitersecretion nur oberflächlich war, d. h. wo sie lediglich aus den oberflächlichen Muskeln kam und das Rückenmark vollständig intact liess, während in den Fällen, wo die Möglichkeit vorlag, dass die Eiterung einen Einfluss auf das histologische Bild des Rückenmarkes ausüben könnte, — das betreffende Rückenmark nicht zur Untersuchung benutzt wurde.

Meine Versuchsthiere liess ich nach der Operation 27—37 Tage leben, und zwar wählte ich gerade diese Zeitdauer aus dem Grunde, weil Schiefferdecker angiebt, dass der experimentell erzeugte Degenerationsprocess nach 5 Wochen sein charakteristisches Aussehen erreicht und dann am günstigsten zu beobachten ist.

Zwei Rückenmarke, welche Herr Dr. Kusick mir überlassen hat, stammen von Hunden, welche nach der Operation 2½ Monate gelebt hatten.

Die Rückenmarke wurden 6—8 Wochen in Müller'scher Härteflüssigkeit gehärtet, darauf in Alkohol entwässert (im dunkeln Zimmer), und zwar

wurde zuerst in 45%igem Alkohol entwässert und allmählig, in steigender Concentration zu absolutem Alkohol übergegangen. Eingebettet wurden die Objecte in Celloidin, die Einbettung in Paraffin erwies sich trotz wiederholt angestellter Versuche als unzuverlässig. Gefärbt wurde theils nach der Weigert'schen Methode, theils nach der von Wolters angegebenen Modification derselben. Ein Theil der Schnitte wurde mit Borax-Carmin gefärbt. Die Dicke der Schnitte beträgt 10  $\mu$ .

---

## V e r s u c h e.

### **I. Halbseitige Durchschneidung des Rückenmarkes auf der linken Seite in der Höhe des 5. Brustwirbels.**

18. März 1891. Operirt wird an einer kleinen, ausgewachsenen Hündin, welche 0,06 Morphin. hydrochlor. subcutan erhält. Es wird ein Schnitt auf die Processus spinosi der obersten Brustwirbelsäule geführt und dieselben, sowie ein kleiner Theil des Wirbelkörpers frei präparirt. Die Dornfortsätze des 5. und 6. Brustwirbels werden mit einer Zange abgebrochen und der Wirbelcanal eröffnet, bis das Rückenmark in einer Ausdehnung von ca.  $\frac{3}{4}$  cm blossgelegt ist. Dasselbe wird nach Stillstehen der nicht sehr starken Blutung links zur Hälfte durchschnitten. Nachdem die Blutung aufgehört hat, wird die Wunde jodoformirt und wird nach Anlegung von Muskel- und Hautnähten ein Verband angelegt und das Thier weich gelagert.

19. März. Das gegen Berührung des Rumpfes sehr empfindliche Thier zeigt ein Verhalten, als ob beide hinteren Extremitäten gelähmt wären; es sucht jede Bewegung zu vermeiden.

20. März. Die Empfindlichkeit gegen Berührung hat aufgehört, auch erscheint die rechte Hinterpfote wieder normal, während die linke paralytisch ist. Auf die Erde gestellt, senkt sich das Thier langsam auf die linke Seite, ist aber zum Gehen nicht zu bringen.

21 März. Das Thier fängt langsam an sich auf drei Beinen fortzubewegen.

22. März. Wenn man das Thier mit seiner linken Thoraxhälfte auf die Tischkante legt, so sinkt der Rumpf hinunter, dagegen bleibt er in der Horizontalebene, wenn man das Thier mit der rechten Seite aufstützt, und sieht man dabei deutlich, wie es mit Erfolg seine linksseitige Rumpfmusculatur braucht, um sich in der Horizontalen zu halten.

29. März. Wenn man dem Thiere von der rechten Seite ein Stück Brod hinhält, so dreht es nach dieser Seite nur den Kopf, während der Rumpf nicht gebeugt wird. Dagegen folgt es dem von der linken Seite hingehaltenen Stück Brod und dreht auch den Rumpf nach dieser Seite. Auf mässigen Druck der linken hinteren Extremität reagirt das Thier ziemlich lebhaft, wenn man aber die rechte Extremität drückt oder kneift, so reagirt das Thier nicht.

31. März. Die Wunde ist verheilt.

2. April. Das Thier ist sehr munter und läuft rasch auf drei Beinen umher, wobei der Rumpf gerade gehalten wird. Der oben beschriebene Versuch zur Prüfung der Rumpfmusculatur gelingt in sehr exacter Weise.

13. April. Die Sehnenreflexe sind in der linken hinteren Extremität erhöht, in der rechten herabgesetzt.

24. April. Das Thier, welches in seinem Verhalten keine weiteren Veränderungen zeigt, wird durch Chloroform getödtet.

Autopsie: Das Rückenmark ist in der Gegend des 5. Brustwirbels auf der linken Seite durchschnitten.

#### Histologischer Befund.

Das Rückenmark wird unterhalb der Durchschneidungsstelle in 13 Theile zerlegt und aus jedem derselben wird eine Schnittserie angefertigt. Auf dem Querschnitt des in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Organs sieht man in der Gegend der linken Pyramidenstrangbahn eine hellgefärbte Zone.

Bei Betrachtung der mikroskopischen Präparate mit schwacher Vergrößerung (Reichert, 4<sup>b</sup>) sieht man eine starke Veränderung in der linken Pyramidenstrangbahn. Es fehlen viele Nervenfasern, an ihre Stelle sieht man zahlreiche, dunkelblau gefärbte, kugelartige Gebilde getreten und tritt ausserdem eine hellgelb gefärbte Masse deutlich in den Vordergrund. — Untersucht man mit starker Vergrößerung (Reichert 8<sup>a</sup>), so sieht man in der linken Pyramidenstrangbahn gequollene Nervenfasern und geronnenes Mark, auch das Fehlen der Achsencylinder ist in vielen Nervenfasern nachweisbar; an einzelnen Stellen finden sich jedoch Nervenfasern, welche einen geringeren Grad von Zerfall aufweisen, indem sie

nämlich Markscheiden enthalten, welche noch nicht oder nur theilweise geronnen sind, was sich in einer unregelmässigen Form der Markscheide documentirt.

Ausser diesen Veränderungen findet man noch ein starkes Hervortreten der Glia. Es finden sich aber auch noch einige gesunde Nervenfasern gleich unterhalb der Durchschneidungsstelle sowohl, als auch in den übrigen Querschnitten.

Auch die rechte Pyramidenseitenstrangbahn zeigt kein normales Aussehen, sondern man gewinnt bei Betrachtung mit schwacher Vergrösserung schon den Eindruck, dass sie pathologisch verändert sei, indem sie sich als etwas heller gefärbte Zone von den übrigen Bahnen der rechten Hälfte des Querschnittes abhebt. Betrachtet man mit starker Vergrösserung, so erscheinen die Nervenfasern zum Theil leicht gequollen, auch ist es nicht zu verkennen, dass die Markscheide in mehreren Nervenfasern ihre Gestalt verändert hat und die Tendenz zeigt zu gerinnen. Die Achsencylinder sind aber noch mit wenigen Ausnahmen erhalten, die Glia dagegen tritt etwas deutlicher hervor, als es unter normalen Verhältnissen der Fall ist.

Es ist aber eine bedeutende Differenz hinsichtlich des Grades der degenerativen Veränderungen zwischen den beiden Pyramidenseitenstrangbahnen vorhanden, indem die Zahl der degenerirten Nervenfasern in der linken Pyramidenseitenstrangbahn im Verhältniss zur rechten stark überwiegt.

Die Degeneration bleibt sich durch das ganze Dorsalmark hindurch gleich, im Lendenmark scheint in der rechten Pyramidenseitenstrangbahn die Glia etwas stärker hervorzutreten, als im Dorsalmark; in der linken Pyramidenseitenstrangbahn scheinen im Lendenmark mehr gesunde Fasern zu sein, als im Dorsalmark.

In der Pyramidenvorderstrangbahn liegen die Nervenfasern, in denen überall der Achsencylinder und die Markscheide deutlich zu erkennen und von normalem Aussehen sind, dicht zusammen, ein deutliches Hervortreten der Neuroglia ist nicht constatirbar. Es ist hieraus zu ersehen, dass die Vorderstränge normal sind. Dasselbe lässt sich von den Hintersträngen sagen. Ventral- und lateralwärts von der linken Pyramidenseitenstrangbahn finden sich hin und wieder leicht geronnene Markscheiden, doch nimmt diese Erscheinung nach unten zu ab und hört schliesslich auf.

Sonst lassen sich keine abnormen Erscheinungen nachweisen.

## **II. Halbseitige Durchschneidung des Rückenmarkes links in der Höhe des 6. Brustwirbels.**

Die Operation wird ebenso wie im vorigen Fall ausgeführt. Am Tage nach der Operation benutzt der Hund beide hinteren Extremitäten nicht, desgleichen ist auch die passive Beweglichkeit des linken Kniegelenks aufgehoben. Am zweiten Tage benutzt das Thier wieder seine rechte Hinterpfote, während die

linke vollständig gelähmt ist und beim Laufen nachgeschleppt wird. Wenn man das Thier mit der operirten Rumpfseite auf die flache Hand oder den Tischrand stützt, so sinkt der Hinterkörper sofort nach unten, legt man es dagegen mit der nicht operirten Seite auf, so hält es sich kurze Zeit in der Horizontalen. Die linke Hinterpfote zeigt leichte Spasmen, in der rechten sind die Sehnenreflexe normal. Die Sensibilität ist in der rechten hinteren Extremität fast ganz erloschen, in der linken scheint sie keine deutlichen Veränderungen darzubieten.

Das Thier wird einen Monat nach der Operation getödtet.

#### Histologischer Befund.

Auf dem Querschnitt des gehärteten und in Celloidin eingebetteten Organs hebt sich eine hellgefärbte, circumscripte Zone in der Gegend der linken Pyramidenseitenstrangbahn ab. Eine ähnliche, aber nicht so deutliche Verfärbung zeigen die peripheren Partien mit Ausnahme der vorderen Fläche in den zur Operationsstelle näher gelegenen Querschnitten. Je mehr distalwärts die Stücke unterhalb der Operationsstelle entnommen werden, desto mehr lässt die zuletzt beschriebene Farbenveränderung nach, um schliesslich ganz aufzuhören.

In der Gegend der rechten Pyramidenseitenstrangbahn findet sich eine Hellfärbung leicht angedeutet.

Abgesehen davon, dass sie im Verhältniss zur linken Seite verschwindend gering ist, ist sie diffuser als in derselben. Bei microscopischer Betrachtung findet man die Nervenfasern in der linken Pyramidenseitenstrangbahn zum grössten Theil zu Grunde gegangen, namentlich in den medialen Partien derselben findet man kaum noch gesunde Fasern, die Markscheide ist geronnen, normale Achsencylinder erblickt man in geringer Zahl, theilweise fehlen sie sogar, die Glia ist vermehrt. Je mehr man zur Peripherie des Seitenstranges gelangt, desto grösser wird die Zahl der gesunden Nervenfasern, es überwiegen aber auch hier die kranken.

Die rechte Pyramidenseitenstrangbahn zeigt ebenfalls kein normales Aussehen: die Markscheide ist hin und wieder leicht geronnen, auch sind einzelne Achsencylinder gequollen und in einigen Nervenfasern bereits zerfallen; die Glia scheint vermehrt. Es ist jedoch zu betonen, dass die pathologischen Veränderungen der linken Pyramidenseitenstrangbahn bedeutend mehr ausgebreitet sind als in der rechten: während sie dort den ganzen Strang einnehmen und nur wenige Fasern intact lassen, beschränken sie sich hier nur auf einen kleinen Theil der Nervenfasern.

Was die anderen Bahnen der linken Querschnittshälfte betrifft, so zeigen die Kleinhirnseitenstrangbahn und die Hinterstränge ein normales Verhalten, während von den übrigen Fasern einzelne leicht aufgequollen und manche auch ganz ausgefallen sind. Die Pyrami-

denvorderstrangbahn zeigt kein abnormes Verhalten, die Fasern liegen dicht zusammen und enthalten normale Achsencylinder und Markscheiden.

In der Pyramidenseitenstrangbahn lässt sich die Degeneration sowohl links als auch rechts durch das ganze Rückenmark hindurch verfolgen und ist auch im Lendenmark deutlich zu erkennen, wenngleich sie hier abnimmt, während sie im Dorsalmark sich stets gleich bleibt.

### III. Halbseitige Durchschneidung des Rückenmarkes auf der linken Seite.

Die Durchschneidung wird in der bei den vorigen Versuchen beschriebenen Weise ausgeführt. Ebenso wie die beiden vorigen Versuchsthiere benutzt auch dies Thier an dem ersten Tage nach der Operation beide hinteren Extremitäten nicht, sondern lässt dieselben schlaff herabhängen. Vom 2. Tage an benutzt es wieder die rechte Hinterpfote und läuft am 3. Tage schon munter umher, indem es die paralytische linke hintere Extremität nachschleppt. Beim Laufen hält das Thier den Rumpf gerade, beim Wenden nach rechts krümmt es aber den Rumpf weniger, als bei Wendungen nach links und stürzt dabei nicht selten hin. Wenn man das Thier an den Vorderpfoten aufhebt, so krümmt sich der Rumpf deutlich concav nach links, auch vermag es sich in der Horizontalen zu halten, wenn man es mit der rechten

Rumpfseite auf die flache Hand stützt, während derselbe Versuch mit der anderen Seite negativ ausfällt.

Das Thier wird einen Monat nach der Operation getödtet. — Nach der Härtung des Rückenmarkes sieht man auf dem Querschnitt desselben eine circumscribte Hellfärbung in der Gegend der linken Pyramidenseitenstrangbahn, auch in der rechten findet sich eine derartige Hellfärbung, nur ist sie von geringerer Intensität als links.

#### Histologischer Befund.

In der linken Pyramidenseitenstrangbahn erblickt man nur sehr wenige Nervenfasern von normaler Beschaffenheit, die weitaus grösste Mehrzahl derselben ist degenerirt. Es finden sich verschiedene Degenerationsstadien: Aufquellung der Achsencylinder, vollständiges Fehlen derselben, so dass man entweder nur eine mehr oder weniger geronnene Markscheide sieht, oder es sind bereits ganze Nervenfasern zu Grunde gegangen, so dass man die einzelnen Bestandtheile derselben nicht unterscheiden kann. Die Glia tritt deutlich hervor.

Dieselben Veränderungen sind auch in der rechten Pyramidenseitenstrangbahn zu finden, aber mit dem Unterschiede, dass die Zahl der degenerirten oder in Degeneration begriffenen Nervenfasern hier eine viel geringere ist als in jener.

Die Pyramidenvorderstrangbahn, die Kleinhirnsseitenstrangbahn und die Hinterstränge zeigen durchweg

normales Verhalten. In den aus unmittelbar unterhalb der Durchschneidungsstelle gelegenen Theilen entnommenen Präparaten finden sich central und lateral von der linken Pyramidenseitenstrangbahn gequollene Fasern.

Die Degeneration ist bis in das unterste Dorsalmark in beiden Pyramidenseitenstrangbahnen deutlich zu verfolgen, in der Lendenanschwellung hat die Degeneration in der linken Pyramidenseitenstrangbahn bereits stark abgenommen, in der rechten lässt sie sich nicht mehr mit Sicherheit nachweisen.

#### IV. Auslöfflung des rechten Gyrus sigmoides.

Einem mittelgrossen Hunde wird der Schädel trepanirt und nachdem die Knochenöffnung mit Hilfe einer feinen Knochenzange erweitert worden ist, wird die Dura gespalten, so dass der rechte Gyrus sigmoides vollständig blossgelegt ist. Es wird derselbe ausgelöffelt. Das Thier wird vier Wochen hindurch beobachtet und dann getödtet. Nach der Operation zeigen die linksseitigen Extremitäten eine ausgesprochene Lähmung, so dass dieselben in den ersten Tagen gar nicht benutzt werden; allmählich geht die Lähmung aber zurück, und nach acht Tagen läuft das Thier munter umher, indem es alle Extremitäten benutzt. Die Rumpfmusculatur zeigt folgendes Verhalten: Beim Liegen und beim Laufen wird der Rumpf gerade gehalten, auch wenn das Thier an den Vorderpfoten aufgehoben wird, lässt sich keine deutliche Rumpfkrümmung bemerken. Legt

man das Thier auf die rechte Seite, so richtet es sich auf, wobei vorübergehend eine Concavkrümmung des Rumpfes nach links zu Stande kommt, dasselbe ist auch der Fall, wenn man es mit herunterhängendem Hinterkörper auf den Tisch legt. Während das Thier im Stande ist, seine linksseitige Rumpfmusculatur in normaler Weise zu gebrauchen, fallen bei Prüfung der rechten Rumpfmuskeln alle Versuche negativ aus.

#### Histologischer Befund.

Die Pyramidenseitenstrangbahnen zeigen auch hier ein pathologisches Verhalten, und zwar sind die Degenerationserscheinungen ebenso, wie es bisher beschrieben worden ist, characterisirt. Die Degeneration ist in der linken Pyramidenseitenstrangbahn bedeutend stärker und umfangreicher als in der rechten, sie hat in letzterer nur eine kleine Anzahl von Nervenfasern befallen. Die Glia tritt deutlich hervor und ist in den mit Boraxcarmin gefärbten Schnitten durch einen etwas intensiveren Farbenton gekennzeichnet. Die Degeneration ist bis zum untersten Dorsalmark deutlich zu verfolgen, in der linken Pyramidenseitenstrangbahn kann man sie, wenngleich nur in geringem Grade, auch in der Lendenanschwellung noch finden, während sie in der rechten nicht mit Sicherheit nachzuweisen ist.

Die Vorderstränge, sowie die übrigen Bahnen, zeichnen sich durch ein normales Verhalten aus.

### V. Auslöfflung des rechten Gyrus sigmoides.

Nachdem der rechte Gyrus sigmoides in der bekannten Weise ausgelöffelt worden ist, wird der Hund einen Monat nach der Operation am Leben erhalten und dann getödtet. Auch hier wird das Verhalten der Rumpfmusculatur beobachtet und constatirt, dass es die bei den vorhergehenden Versuchen angestellten Beobachtungen bestätigt. Wenn man das Thier mit der rechten Körperhälfte bei herabhängendem Hinterkörper auf den Tisch legt, so hält es den Rumpf in der Horizontalen, wobei eine Concavkrümmung nach links zu Stande kommt. Die entsprechende Prüfung der rechten Rumpfmusculatur fällt negativ aus. Beim Aufheben an den Vorderpfoten krümmt der Rumpf sich concav nach links, desgleichen, wenn man das Thier auf den Rücken legt.

#### Histologischer Befund.

Bezüglich der Histologie des Rückenmarks lässt sich zu dem bisher Geschilderten nichts Neues hinzufügen. Auch hier weist die linke Pyramidenseitenstrangbahn eine viel stärker ausgeprägte Degeneration auf als die rechte, wo die Fasern in bedeutend geringerer Anzahl erkrankt sind. Die Degeneration beginnt im Cervicalmark und lässt sich in der linken Pyramidenseitenstrangbahn bis in die Lendenanschwellung verfolgen, während die rechte in der Lendenanschwellung ein normales Aussehen darbietet.

## VI. Anslöfflung des rechten Gyrus sigmoides bei einer Katze.

Das Verhalten der Rumpfmusculatur liess sich in diesem Fall nicht mit Sicherheit untersuchen, da das Thier den Untersuchungen stets heftigen Widerstand entgegensetzte. Das Thier wurde 26 Tage nach der Operation getödtet. Die linke Vorderpfote zeigte einen paretischen Zustand, die Hinterpfote konnte nicht sicher beobachtet werden. Das histologische Bild des Rückenmarkes war dasselbe, wie beim Rückenmark der Hunde (s. oben), nur bot es den Unterschied dar, dass sich in der Lendenanschwellung in beiden Pyramidenseitenstrangbahnen noch degenerirte Fasern fanden.

## VII. Abtragung des rechten Gyrus sigmoides.

Zwei Hunden wurde der rechte Gyrus sigmoides ausgelöffelt. Das Verhalten der Rumpfmusculatur bot keine Abweichungen von den oben beschriebenen Beobachtungen dar. Die Thiere wurden 2½ Monate nach der Operation getödtet. Auf dem Querschnitt des Rückenmarkes sieht man nach der Härtung eine helle circumscripte Zone in der Gegend der linken und rechten Pyramidenseitenstrangbahn. In letzterer ist sie nicht so hell und weniger ausgebreitet wie in ersterer.

Microscopisch findet man eine doppelseitige Degeneration der Pyramidenseitenstrangbahn. Sie ist

auch hier in der linken von viel grösserer Intensität und Extensität als in der rechten. Hinsichtlich der Histologie der Degeneration ist zu erwähnen, dass dieselbe von der oben geschilderten keine wesentlichen Abweichungen zeigt, nur ist sie noch deutlicher als dort.

---

## Versuchsergebnisse.

---

Wenn ich die bei meinen Versuchen erhobenen Befunde zusammenfasse, so bemerke ich zunächst, dass meine Versuchsthiere im Allgemeinen nach der Operation hinsichtlich der Thätigkeit der Rumpfmusculatur dasselbe Verhalten zeigten, wie Unverricht und Kusick (29) es von ihren Versuchsthiern schildern, d. h. dass nach halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen stets diejenige Rumpfhälfte Schwächezustände zeigte, welche der nicht durchschnittenen Rückenmarkshälfte entsprach. Auch nach Auslöfflungen des Gyrus sigmoides zeigten die Hunde analoge Erscheinungen wie die Versuchsthiere von Kusick, nämlich nach einer Auslöfflung des rechten Gyrus sigmoides zeigte nicht die linke Rumpfmusculatur eine Parese, sondern die rechte.

Was den histologischen Befund betrifft, so fand ich stets nach einseitigen Auslöfflungen des Gyrus sigmoides, wie auch nach halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen eine doppelseitige absteigende

Degeneration, es degenerirten stets Fasern in beiden Pyramidenseitenstrangbahnen. Allerdings zeigte die Degeneration bedeutende graduelle Unterschiede zwischen rechts und links, indem nämlich nach einer linksseitigen Rückenmarksdurchschneidung die linke Pyramidenseitenstrangbahn fast gänzlich degenerirt war und nur einzelne Nervenfasern von gesunder Beschaffenheit aufwies; die rechte Pyramidenseitenstrangbahn enthielt dagegen zum grösseren Theil normale Nervenfasern und eine geringe Anzahl von erkrankten.

Analoge Befunde ergaben sich nach Hirnläsionen: nach Auslöfflung des rechten Gyrus sigmoides degenerirte der grösste Theil der Nervenfasern in der linken Pyramidenseitenstrangbahn, während in der rechten nur ein kleiner Theil der Fasern degenerirte.

Die Vorderstränge zeigten weder nach Auslöfflungen des Gyrus sigmoides noch nach halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen eine Degeneration, sondern enthielten stets normale Nervenfasern, denn die Fasern lagen dicht neben einander und enthielten Achsencylinder und Markscheiden von normaler Beschaffenheit. Wie oben erwähnt wurde, ist diese Beobachtung mehrfach gemacht worden; Bechterew (35) erklärt diesen Befund dadurch, dass in diesem Falle eine totale Kreuzung der Pyramiden vorliegt, es finden sich dann im Rückenmark nur Pyramidenseitenstränge die Pyramidenvorderstränge fehlen ganz.

Desgleichen zeichneten sich die Hinterstränge durch ein normales Verhalten aus. Nach halbseitigen Rücken-

marksdurchschneidungen fanden sich ventral- und lateralwärts von der Pyramidenseitenstrangbahn auf der durchschnittenen Seite mehrere gequollene Fasern, in denen der Achsencylinder hin und wieder fehlte und die Markscheide Gerinnungen zeigte; am stärksten war diese Erscheinung in Präparaten zu finden, welche unmittelbar unterhalb der Durchschneidungsstelle entnommen waren; sie liess distalwärts von derselben nach und hörte allmähig auf. Diese Erscheinung scheint mir die sogenannte traumatische Degeneration darzustellen, welche unmittelbar unterhalb und oberhalb der Durchschneidungsstelle zu finden ist und von den Autoren mehrfach beschrieben wird; der erste welcher sie beschrieb, war Schiefferdecker (s. oben).

Hinsichtlich der Histologie der absteigenden Degeneration ergab sich Folgendes: der Process beginnt mit einer Quellung der Nervenfasern, die Achsencylinder verändern ihre Gestalt und zerfallen bald gänzlich, die Markscheide gerinnt und zeigt dabei verschiedene Formen, welche sich in der Regel in den nach Weigert und Wolters gefärbten Präparaten als dunkelblaue kugelartige Gebilde darstellen.

Wird der Degenerationsprocess älter, so fallen die Nervenfasern ganz aus und es tritt in Folge dessen die Glia deutlicher als unter normalen Verhältnissen hervor.

Die Degeneration blieb sich immer durch den Verlauf des Dorsalmarkes gleich und zeigte keine Abnahme.

Beim Vergleiche von Präparaten aus dem Beginne des Lendenmarkes mit solchen aus dem Cervicalmark (nach Hirnläsionen) resp. oberen Brustmark (nach Halbseitenläsionen des Rückenmarks) schien es mir, als wenn in der stärker degenerirten Pyramidenseitenstrangbahn, d. h. der der Rückenmarksdurchschneidung gleichseitigen und der Hirnläsion entgegengesetzten, mehr normale Nervenfasern sich im Lendenmark fanden als im Cervicalmark resp. Brustmark. Bezüglich des Verhaltens der schwächer degenerirten Pyramidenseitenstrangbahn im Lendenmark und Brust- resp. Cervicalmark vermag ich nicht genaue Auskunft zu geben, doch scheint es mir eher möglich, in einer stark degenerirten Zone einzelne normale Nervenfasern aus der Masse der degenerirten Fasern herauszufinden, als in einer einen geringen Grad von Degeneration aufweisenden Zone zu entscheiden, ob die Anzahl der erkrankten Fasern grösser geworden ist oder nicht.

Wenn ich nun versuche, aus den dargelegten Befunden Schlüsse zu ziehen, so scheint mir dadurch, dass ich weder nach Auslöfflung des Gyrus sigmoides, noch nach halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen eine absteigende Degeneration in der entsprechenden Pyramidenvorderstrangbahn gefunden habe, die Angabe derjenigen Autoren bestätigt zu sein, welche annehmen, der Hund besitze keine Pyramidenvorderstrangbahn.

Daraus, dass ich sowohl nach einseitiger Auslöfflung des Gyrus sigmoides, als auch nach halbseitiger

Rückenmarksdurchschneidung eine doppelseitige Degeneration in den Pyramidenseitenstrangbahnen fand, glaube ich mich zur Annahme berechtigt, dass die doppelseitige Degeneration dadurch zu Stande kommt, dass die Fasern im Rückenmark selbst von einer Hälfte zur anderen hinübergehen, es mithin eine doppelte Kreuzung cortico-musculärer Leitungsbahnen beim Hunde giebt.

Dieses ist die einzige Erklärung, die ich dafür finden kann, dass nach einer halbseitigen Durchschneidung des Rückenmarkes eine doppelseitige Degeneration der Pyramidenseitenstrangbahn erfolgt.

Eine auf einseitige Hirnläsion folgende doppelseitige Degeneration könnte ebensogut für eine doppelte Kreuzung der betreffenden Fasern, als auch dafür sprechen, dass ein Theil der Fasern in den Pyramidenseitenstrangbahnen ungekreuzt verläuft. Nun glaube ich aber in der doppelseitigen Degeneration der Pyramidenseitenstrangbahn nach halbseitiger Rückenmarksdurchschneidung den Beweis dafür sehen zu dürfen, dass die Fasern einer doppelten Kreuzung unterliegen.

Als besonders beweisend möchte ich noch den Umstand betonen, dass ich nach vollständig ausgeführter Durchschneidung der einen Pyramidenseitenstrangbahn in derselben gleich unter der Durchschneidungsstelle stets einzelne Nervenfasern von normaler Beschaffenheit fand; ebenso fand ich auf der anderen Seite in der

Pyramidenseitenstrangbahn desselben Präparates mehrere degenerirte Nervenfasern.

Nach Hirnläsionen fand ich ebenfalls unmittelbar unterhalb der Medulla oblongata einzelne gesunde Fasern in der der Hirnläsion entgegengesetzten Pyramidenseitenstrangbahn.

Wenn man thatsächlich in der Pyramidenseitenstrangbahn der nicht durchschnittenen Rückenmarkshälfte des Lendenmarks mehr degenerirte Nervenfasern constatiren würde als im Dorsalmark und umgekehrt im durchschnittenen Seitenstrang im Lendenmark mehr gesunde Fasern als im Dorsalmark, so wäre das ein Beweis dafür, dass nicht alle Fasern nach Ueberschreitung der Mittellinie im Verlaufe des Rückenmarks in die nächsten motorischen Wurzeln austreten, sondern dass ein Theil von ihnen nach der zweiten Kreuzung noch im Rückenmark bleibt und erst in die untersten Wurzeln austritt.

In meinen Untersuchungen scheint mir die Annahme einer doppelten Kreuzung cortico-musculärer Leitungsbahnen eine wesentliche Stütze zu finden. Es bleibt nur noch übrig zu erwägen, wie die Kreuzung vor sich gehen könnte.

Daraus, dass die Zahl der degenerirten Fasern in der weniger degenerirten Seite sich im Dorsalmark gleich bleibt und ein analoges Verhalten die wenigen gesunden Fasern der stark degenerirten Seite zeigen, trotzdem doch im Verlaufe des Dorsalmarks immer Fasern in die motorischen Wurzeln austreten, scheint

mir zu folgen, dass die Fasern sich innerhalb des Rückenmarks in verschiedenen Querschnitten nach Art der sensiblen Fasern kreuzen.

Auf Grund der beschriebenen Versuche und der daran geknüpften Folgerungen glaube ich als Schlussresultat dieser Arbeit es hinstellen zu dürfen: — dass, in völliger Uebereinstimmung mit der auf Grund physiologischer Untersuchungen von Herrn Professor Unverricht ausgesprochenen Anschauung durch vorstehende Untersuchungen der nach experimentellen Hirn- und Rückenmarksverletzungen auftretenden absteigenden Degeneration eine doppelte Kreuzung cortico-musculärer Leitungsbahnen histologisch nachgewiesen ist.

## Literatur.

---

1. Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1851, Bd. VI, Heft 3.
2. v. Bezold, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarkes. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. IX.
3. Bouchard, Des dégénéralions secondaires de la moëlle épinière. Archives générales de médecine, 1866.
4. Barth, Ueber secundäre Degeneration des Rückenmarkes. Archiv f. Heilkunde, 1869, pag. 433.
5. Westphal, Ueber künstlich erzeugte secundäre Degeneration einzelner Rückenmarksstränge. Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankheiten, Bd. II, pag. 415, 1870.
6. Vulpian, Archives de Physiologie pathol. et norm., T. III, pag. 520, 1870.
7. Wilhelm Müller, Beiträge zur pathologischen Anatomie u. Physiologie des Rückenmarkes. Leipzig 1871.
8. Schiefferdecker, Ueber Regeneration, Degeneration und Architectur des Rückenmarkes. Virchow's Archiv, Bd. LXVII, pag. 542, 1876.
9. Vulpian, Destruction de la substance grise du Gyrus sigmoïde du côté droit sur un chien. Archives de physiologie normale et pathol., 1876.
10. Flechsig, Die Leitungsbahnen im Gehirn u. Rückenmark des Menschen. Leipzig 1876.
11. Pitres, Arch. de Phys. Observations communiquées en 1880.
12. Flechsig, zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Leitungsbahnen im Grosshirn des Menschen, 1881.

13. Binswanger, Ueber die Beziehungen der motorischen Rindencentren des Grosshirns zu einzelnen Abschnitten des Rückenmarkes. Centralblatt für Nervenheilkunde III, pag. 329, 1880.  
—, Experimentelle Beiträge zur Physiologie der Grosshirnrinde. Centralblatt f. Nervenheilkunde III, pag. 62, 1880.
14. Homén, Ueber secundäre Degeneration im verlängerten Mark u. Rückenmark. Virchow's Archiv, 1882.
15. Homén, Experimenteller Beitrag zur Pathologie u. pathologischen Anatomie des Rückenmarkes. 1885.
16. Löwenthal, Des dégénérationes secondaires de la moëlle épinière consecutives aux lésions expérimentales médullaires et corticales. Diss. Inaug. Genève 1884.
17. Löwenthal, Ueber den Unterschied zwischen der secundären Degeneration des Seitenstranges nach Hirn- und Rückenmarksverletzungen. Pflüger's Archiv, Bd. 31, pag. 350.
18. Herzen und Löwenthal, Trois cas de lésion médullaire au niveau de jonction de la moëlle épinière et du bulbe rachidien. Neurologisches Centralblatt 1886.
19. Codeluppi, Degenerazioni discendenti et ascendenti insequito a compressione del midollo cervicale. Ref. im neurolog. Centralblatt 1886.
20. Hadden, One case of bilateral degeneration in the spinal cord, fifty two days after Haemorrhage in the cerebral hemisphere. Ref. im neurolog. Centralblatt 1886.
21. Bianchi, Die in's Gehirn und Rückenmark hinabsteigenden experimentellen Degenerationen als Beitrag zur Lehre von den cerebralen Localisirungen. Neurolog. Centralblatt 1886.
22. Marchi et Algeri, Sulle degenerazioni discendenti consecutive a lesioni sperimentali in diverse zone della corteccia cerebrale. Ref. im neurolog. Centralblatt 1887.
23. Rud. Volkmann, Beitrag zur Lehre vom Gliom und der secundären Degeneration des Rückenmarkes im Anschluss an einen Fall von Brown-Séquad'scher Halbseitenläsion. Deutsches Archiv für klinische Medicin, Bd. 42, pag. 433, 1888.

24. Lenhossék, Ueber die Pyramidenbahnen im Rückenmark einiger Säugethiere. *Mathemat. u. naturwissenschaftl. Berichte aus Ungarn*, Bd. 7, pag. 47.
25. Kölliker, Zur feineren Anatomie des centralen Nervensystems. *Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie*, Bd. 51, S. 1, 1891.
26. Zacharewsky, Sur les faisceaux pyramidaux dans la moëlle épinière. *Travaux de la section médicale de la société des sciences expérimentales, annexée à l'université de Charkow* 1891.
27. Bechterew, Ueber die verschiedenen Lagen und Dimensionen der Pyramidenbahnen beim Menschen und den Thieren und über das Vorkommen von Fasern in denselben, welche sich durch eine frühere Entwicklung auszeichnen. *Neurolog. Centralbl.*, Jahrg. 1890, S. 738.
28. Sherrington, Note on bilateral degeneration in the pyramidal tracts resulting from unilateral cortical lesion. Ref. im *neurolog. Centralblatt* 1890.
29. Kusick, Experimentelle Studien über die corticale Innervation d. Rumpfmusculatur. *Inaug.-Diss.* Dorpat 1890.
30. Unverricht, Ueber doppelte Kreuzung cerebro-spinaler Leitungsbahnen. *Neurolog. Centralbl.* Nr. 16 u. 7, 11890.
31. Sandmeyer, Ueber secundäre Degeneration nach Exstirpation motorischer Centra des Hundes. *Verhandlungen des X. Congresses f. innere Medicin*, pag. 341, Wiesbaden 1891.
32. Rossolimo, Recherches expérimentales sur les voies motrices de la moëlle épinière. *Archiv de Neurolog.* XXII. 1891.
33. Herz, *Neurolog. Centralblatt* 1892.
34. Schiff, Ueber secundäre Degeneration des Pyramidenstranges bei Hunden. *Centralblatt f. Physiol.* 1893.
35. Bechterew, *Die Leitungsbahnen im Gehirn u. Rückenmark.* Leipzig 1894.

---

## Thesen.

---

1. Die Paraffineinbettung ist bei Rückenmarkspräparaten nicht zu empfehlen.
  2. Chlorotische Mütter dürfen nicht nähren.
  3. Der Werth der Excision des luetischen Primäraffectes wird sich erst dann richtig beurtheilen lassen, wenn an der Hand eines grossen statistischen Materials nachgewiesen wird, dass bei Luetikern, denen die Initialsclerose excidirt wurde, die Nachkrankheiten der Syphilis nicht auftraten.
  4. Sobald eine Gonorrhoe chronisch wird, ist als Prophylaxe gegen Stricturen eine Sondenkur indicirt.
  5. Nervenranke können mit Erfolg nur in eigens dazu eingerichteten Anstalten behandelt werden.
- 
-