

XXVII.

Zur Physiologie der infracorticalen Ganglien und über ihre Beziehungen zum epileptischen Anfall.

Von

Docent Dr. **Th. Ziehen**,

Hausarzt der Landes - Irren - Heilanstalt zu Jena.

~~~~~

In einer früheren Arbeit\*) hatte ich experimentell nachgewiesen, dass die klinische Componente des durch faradische Reizung der Hirnrinde des Hundes erzeugten Krampfes in der Rinde selbst ihren Ursprung hat, dass hingegen der tonische Theil des Anfallen sowie die Laufbewegungen ihren Ursprung einer secundären Erregung infracorticaler\*\*) Centren verdanken. Ich musste damals durchaus offen lassen, an welcher Stelle des Centralnervensystems unterhalb der Hirnrinde der tonische Krampf sowie die Laufbewegungen entspringen. Wir haben nunmehr im Laboratorium des Herrn Prof. Binswanger eine zusammenhängende Reihe von Thierversuchen begonnen, deren Zweck es ist, durch directe Reizung sämmtlicher Theile des Centralnervensystems festzustellen, mit welcher Form der Krampfbewegung ein jeder Theil — wofern er überhaupt erregbar ist — antwortet. Herr Prof. Binswanger hat den ersten Theil dieser Untersuchungen bereits veröffentlicht. Meine nachfolgenden Untersuchungen schliessen sich denselben als zweite Mittheilung an. Binswanger stellte vorzugsweise Reizversuche im Gebiet der Brücke und des verlängerten

---

\*) Dieses Archiv Bd. XVII.

\*\*) Im Folgenden werde ich die Ausdrücke „infracortical“ und „subcortical“ stets so unterscheiden, dass der erstere überhaupt alles peripheriewärts von der Rinde Gelegene, der letztere nur das unmittelbar unter der Rinde Gelegene bezeichnet.

Markes bei Kaninchen an. Es ergab sich im Wesentlichen, dass im Haubentheil der Brücke Centren gelegen sind, welche durch Reizung eines besonderen Bezirkes der Rautengrube reflectorisch in Erregung versetzt werden und mit tonischem Krampf und krampfhaft gesteigerten Lauf- und Schlagbewegungen antworten\*). Damit ist also bereits wenigstens für das Kaninchen ein Gebiet im Centralnervensystem nachgewiesen, das vielleicht der tonischen Componente und den Laufbewegungen des durch Rindenreizung erzeugten Anfalles den Ursprung geben könnte.

Ich habe meinerseits die Reizungsversuche an den infracorticalen Ganglien in derselben Weise übernommen und mich gleichfalls zunächst auf das Kaninchen beschränkt. Auch habe ich vorläufig lediglich mechanische und elektrische Reizungen vorgenommen; einer von mir in Gemeinschaft mit Dr. Leubuscher unternommenen Versuchsreihe behalte ich die chemische Reizung derselben Bezirke (in Ergänzung der bekannten, von uns wiederholten Landois'schen Versuche) vor\*\*).

Was seither an Versuchen directer Reizung der infracorticalen Ganglien vorliegt, ist nicht viel und steht unter sich mannigfach im Widerspruch. Marshall Hall's Untersuchungen enthalten nichts für uns Verwerthbares. Floureens\*\*\*) hat zwar mannigfache Exstirpationsversuche vorgenommen, insbesondere auch isolirte Zerstörungen der Vierhügel, aber sein Interesse concentrirt sich vorzugsweise auf die nach Wegnahme der letzteren auftretenden Störungen des Sehens und der Pupilleninnervation. Doch beobachtete er bei Tauben nach Entfernung eines Zweihügels neben gekreuzter Blindheit ein kurz-dauerndes allgemeines convulsivisches Schütteln („trémoussement“) und ein Drehen vorzugsweise nach der Seite der Operation („tournoiement principalement sur le côté du tubercule enlevé“). Beiderseitige Zweihügelzerstörung führte zu heftigerem, längerem Schütteln. Bei Reizung eines Zweihügels beobachtete er stets gekreuzte Convulsionen. Für die Reptilien ergab Zerstörung eines Zweihügels Drehung nach der gekreuzten, Zerstörung eines Sehhügels Drehung nach der gleichen Seite. Für Hund und Ratte ergab Abtragung der beiden Vierhügel einer Seite Drehung nach der gleichen Seite (also wie bei den Tauben). Endlich sei in Bezug auf spätere Ergebnisse erwähnt, dass Floureens bei Durchschneidung der Hirn-

\*) Dieses Archiv Bd. XIX. 3.

\*\*) Vergl. unseren Aufsatz im Centralbl. f. klin. Medicin. 1889. No. 1.

\*\*\*) Rech. expér. etc. 1842. Vgl. besonders p. 43, 117, 122, 144, 489.

schenkel an der Stelle, wo ihnen die **Corpora striata** aufsitzen (ad-hérent), an Kaninchen heftiges Vorwärtsstürzen beobachtete.

Longet\*) sah bei leichter mechanischer Reizung der Vierhügel-oberfläche keine Zuckungen, erst bei tieferem Eindringen schrie und wehrte sich das Thier. L. erklärt dies aus einer Reizung der nahegelegenen Bahnen der Hinterstränge des Rückenmarks. Schon Serres\*\*) hatte bei einem übrigens unreinen Versuch an einer Ziege Schmerzäusserungen und Zuckungen der Glieder und Augen beobachtet. Die von Flourens gesehenen Drehbewegungen führt Longet auf die Sehstörung zurück und bestreitet nach dem damaligen Stande der Erfahrung jede motorische Function der Ganglien. Die Sehhügel konnte er stechen und zerreißen, ohne dass Schmerzäusserungen oder andere motorische Reactionen erfolgten. Einseitige Sehhügelverletzung bei Kaninchen ohne vorherige Abtragung der Hemisphäre erzeugt nach Longet Manégebewegung nach der gekreuzten Seite. Lafargue und P. Renzi behaupteten dasselbe, während Magendie Manége nach der Seite der Verletzung beschrieben hatte. Schiff\*\*\*) schloss sich im Allgemeinen Magendie an, nur bei Verletzung des hintersten Viertels des Sehhügels beobachtet er Manége nach der entgegengesetzten Seite angeblich in Folge der hierbei nicht zu vermeidenden Mitverletzung der Hirnstiele. Die Streifenhügel fand Longet völlig unempfindlich gegen mechanische Reizung und bestreitt ebenso wie Lafargue die Angabe Magendie's†), dass Entfernung beider Streifenhügel, wofern auch die weisse Masse verletzt werde, eine unwiderstehliche Vorwärtsbewegung zur Folge habe. Schiff sah den von Magendie behaupteten Effect erst nach Verlauf einiger Stunden, aber ohne äussere Reize nach anfänglicher Regungslosigkeit auftreten. Lafargue erklärte ein gelegentlich beobachtetes Vorwärtsstürzen, aus dem Schrecken des Thieres und etwaiger Mitverletzung des Sehnerven.

Ed. Weber will bei Reizung der Vierhügel clonische Krämpfe beobachtet haben. Knoll (Eckhard's Beiträge IV., 3) vermochte

\*) Anat. et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. 1842.

\*\*) Anatomie comparée du cerveau. 1827.

\*\*\*) De vi motoria, und Arch. f. physiol. Heilkunde. 1846.

†) Leçons sur les fonctions etc. 1839. Die Arbeit Lafargue's (Essai sur la valeur des localisations encéphaliques, sensoriales et locomotrices proposées pour l'homme et les animaux supérieurs. Paris 1838) war mir im Original nicht zugänglich.

keinen bestimmten Einfluss der Vier- und Sehhügel auf die allgemeine Körpermotilität zu erkennen; Reizung eines vorderen Vierhügels mit schwachen faradischen Strömen bewirkte nur Pupillenerweiterung. Fournié, Beaunis und Nothnagel schlugen dann fast gleichzeitig einen Weg des Experimentirens ein, der namentlich in den Arbeiten Nothnagels zu wichtigen Resultaten führt. Das Wesentliche der neuen Methode bestand darin, dass eine Pravaz'sche Spritze in das Gehirn eingestossen wurde und dann mittelst derselben eine intensiv chemisch wirkende Flüssigkeit an einem später durch die Section festzustellenden Orte deponirt wurde. Es wird also die mechanische Reizung mit der chemischen combiniirt. Der Nachtheil der Methode liegt namentlich darin, dass sie neben den Reizerscheinungen stets auch erhebliche Ausfallserscheinungen setzt. Denn es leuchtet ein, dass ein Chromsäureherd, selbst wenn er nur  $\frac{1}{2}$  Mm. im Durchmesser misst, bei den kleinen Verhältnissen des Kaninchengehirns sehr wohl bereits wichtige Bahnen unterbrechen kann. Bei derartiger Reizung des Linsenkerns, speciell in seinen vorderen und mittleren Theilen, sah Nothnagel ausser einer besonderen Deviation der Beine eine Verkrümmung der Wirbelsäule (concav nach der Seite der Läsion) und zuweilen auch Kyphose. Reizung des Nucleus caudatus an einer ganz bestimmten Stelle am freien Rand, dem „Nodus cursorius“, bewirkte ausser einer Deviation der Beine nach 2—10 Minuten ein Umher hüpfen des Thieres, das schliesslich in ein wildes Umherstürzen zum Theil mit Manégebewegungen und öfterem Anprallen an Wände etc. überging. Die Vierhügel scheint Nothnagel nicht isolirt gereizt zu haben. Reizung des Sehhügels führte in der Regel nicht zu motorischen Reizerscheinungen; nur wenn die Chromsäureherde bis tief in die Regio subthalamica, fast in das Bereich des Pedunculus cerebri reichten, trat gleich nach dem Stich Kopfdrehung nach der gegenüberliegenden Seite und Deviation der Vorderbeine nach der Seite der Reizung ein. Bei horizontaler Durchtrennung des Sehhügels fand Nothnagel, wie vor ihm schon Schiff, eine momentane Bewegung des Thieres nach derselben und hinterher eine nach der gekreuzten Seite\*).

Fournié\*\*) hat ähnliche Injectionen von Chlorzink an Hunden gemacht; doch betreffen nur 10 Versuche die grossen Ganglien. Er sah nach Sehhügelverletzungen (7 Versuche) galoppirende Bewegung der

\*) Virchow's Archiv Bd. 57 und 58.

\*\*) Recherches expérimentales sur le fonctionnement du cerveau. Compt. rendus LXXV. No. 20 (und LXXVII. No. 5).

Extremitäten ohne Locomotion; in einem Versuche reiner Verletzung des Corpus striatum trat anfänglich leichter Bewegungsdrang auf. Schon Nothnagel hat die geringe Beweiskraft dieser Versuche hervorgehoben. Auf die gewagten Hypothesen Fournié's über die Function der grossen Ganglien braucht hier nicht eingegangen zu werden.

Beaunis\*), dessen Versuche zum Theil bis in das Jahr 1868 zurückgehen, verwandte zu seinen Injectionen eine Mischung von Kalium caust., Liquor ferr. sesquichlorat und Ammoniakearmin. Als Versuchsthiere dienten Kaninchen. Die Ergebnisse waren sehr unsicher und vieldeutig, namentlich auch, weil er zu grosse Flüssigkeitsmengen (8 Tropfen) einspritzte. Injectionen in das Corp. striatum sollen Zwangsbewegungen und Krämpfe zur Folge gehabt haben.

Hitzig\*\*) sah bei Reizungen des Linsenkernes mittelst eines durch die Fissura frontalis eingesenkten Rheophors starke Contractionen der gesammten Rumpfmuskulatur, der gekreuzten und in schwächerem Maass auch der gleichseitigen Extremitäten. Burdon-Sanderson beobachtete bei faradischer Reizung des Streifenhügels der Katze nur Bewegungen der gekreuzten Muskulatur, diese aber auffälliger Weise schon bei schwächeren Strömen als bei Reizung der Hirnrinde\*\*\*). Schon Hitzig hob in einer Kritik dieser Versuche die Nachtheile der faradischen Reizung gegenüber der galvanischen hervor. Carville und Duret†) schrieben dem Nucleus caudatus eine gewisse Erregbarkeit zu, sprachen sie hingegen dem Thalamus opticus ab.

Seitdem ist die Erregbarkeit der grossen Ganglien etwa ebenso oft behauptet wie bestritten worden. Albertoni und Micheli††) erhalten bei Reizung des Thalamus opticus, und zwar auch bei mechanischer, deutliche motorische Effecte. Bereits Lussana und Le moigne†††) vermissten hingegen wieder bei mechanischer Reizung der Thalamus Bewegungerscheinungen; nach Zerstörung des Corpus

\*) Note sur l'application des injections interstitielles à l'étude des fonctions des centres nerveux. Gaz. méd. de Paris.

\*\*) Untersuchungen über das Gehirn. 1874.

\*\*\*) Medic. Centralbl. 1874. Notiz über die directe elektrische Reizung des Corp. striatum.

†) Sur les fonctions des hémisphères cérébraux. Arch. de physiol. norm. et path. 1875.

††) Sui centri cerebrali di movimento. 1876. Lo Sperimentalista.

†††) Des centres moteurs encéphaliques. Archiv. de Phys. 1877.

striatum fanden sie wie Magendie und Nothnagel ein stürmisches Vorwärtsstürzen. Glicky\*) und Eckhard\*), desgleichen Braun und Soltmann fanden das Corpus striatum durchaus unerregbar für elektrische Reize. Aus derselben Zeit stammen Ferrier's erste Angaben über die Erregbarkeit der grossen Ganglien. Ebenso wie Eckhard äusserten sich auch Franck und Pitres, Minor\*\*) Couty, Rosenthal u. A. Bechterew\*\*\*) fand zwar bei mechanischer und elektrischer Reizung der Wände des dritten Ventrikels zahlreiche Bewegungsscheinungen, stellte aber die Hypothese auf, dass es sich dabei um Störungen der Function des centralen Höhlengraus handele. Die Versuche desselben Autors im Gebiet der Vierhügel scheinen auffällig wenig Reizeffekte ergeben zu haben. In einer neueren Arbeit†) theilt B. nebenbei mit, dass er „verschiedenartige Bewegungen der Glieder“ bei faradischer Reizung der Oberfläche der Zweihügel der Taube und der Vierhügel des Kaninchens beobachtete. Winseln hörte er nur zuweilen, wenn er hinten und seitlich von den hinteren Vierhügeln bei Kaninchen eindrang. Einstiche mit dem Messer in den Sehhügel (vom Rachen aus!) lösten beim Hund anhaltendes Knurren und Bellen aus. Faradische Reizung des Sehhügels (zum Theil nach Abtragung der Hemisphären) im vorderen Abschnitt lösten bei Kaninchen allgemeine Unruhe, beschleunigtes und lärmendes Athmen, vorwiegend contralaterale Zuckungen im Gesicht, Ohrenbewegungen und reissende Bewegungen aller Extremitäten aus. Bei Reizung der hinteren Sehhügeltheile trat auch ein langandauerndes Winseln ein. Oft wurde Nystagmus beobachtet. Nachfolgende Durchschneidung hinter den Sehhügeln hob alle diese Erscheinungen auf. Auch bei Tauben, Hühnern, Meerschweinchen, Katzen und Hunden will B. ähnliche Reizeffekte, die ihn an „Ausdrucksbewegungen“ erinnern, beobachtet haben. Bei Hunden fährt Sehhügelverletzung auch nicht selten ein oder zwei Tage, zuweilen unmittelbar nach der Operation zu choreaartigen Convulsionen. Die bei elektrischer Reizung der blossgelegten Zwei oder Vierhügel sich zeigenden allgemeinen Bewegungsscheinungen hält B. zum Theil für reflectorisch, zum Theil erklärt er sie für das Resultat einer Reizung der oberen Kleinhirn-

\*) Hermann, Lehrbuch d. Physiol. 1879. II.

\*\*) Dissertation. Moskau 1882.

\*\*\*) Pflügers's Archiv Bd. 31, 33 und 34. Couty's zahlreiche Arbeiten finden sich in den Jahrgängen der Comptes rendus. Rosenthal's Arbeit in den Oesterr. Jahrb. scheint lediglich kritisch zu sein.

†) Virchow's Archiv Bd. 110 (1887) und Vortrag in der Petersburger psychiatr. Gesellschaft 1883.

stiele. Bei den meisten Reizversuchen Bechterew's ist die genaue Controle des Reizungsortes durch nachfolgende Section zu vermissen.

Baginsky und Lehmann\*) sahen bei Reizung des freigelegten Corpus striatum bei erwachsenen Kaninchen und jungen Katzen niemals zwangswisees Laufen. Zerstörung der Nuclei caudati bewirkte eine excessive Erregbarkeit der Versuchstiere, jedoch ohne Lauftrieb.

Ganz besonders nahe berührt sich die ausführliche Arbeit von Johannsen\*\*) mit den Zielen unserer Untersuchung. Derselbe vermochte bei Hunden durch faradische Reizung des Thalamus opticus motorische Erscheinungen nicht zu erzeugen, nur bei Reizung seiner Innenfläche sah er in einem Versuch Verengerung der Pupillen und einige schwache Bewegungen der Extremitäten, welche nur so lange andauerten, als der elektrische Strom einwirkte. Hingegen ergab faradische Reizung des Linsenkernes einen tonischen, die Reizung überdauernden Krampf, und zwar meist zuerst der gekreuzten und dann der gleichseitigen Körperhälfte mit nachfolgendem clonischen Krampf. Die Stromstärke war derartig, dass sie eben noch auf der Zunge eine deutliche Sensation hervorrief. Auch Salivation, Koth- und Urinentleerung wurden während eines solchen Anfalles öfter beobachtet. Mitunter wiederholten sich die Anfälle spontan. Die Reizung fand theils nach Eröffnung des Seitenventrikels unter Ausschaltung der Hirnrinde, theils bei intakter Rindenoberfläche durch Einsenkung der Elektroden statt. Eben weil J. in einigen Versuchen die Hirnrinde durch Exstirpation oder Aetzung mit Schwefelsäure ausgeschaltet zu haben glaubte, nahm er an, dass die Hirnrinde an dem Zustandekommen dieser Anfälle unbeteiligt sei. Ich werde auf diese Frage später zurückkommen müssen, bemerke aber schon jetzt, dass aus den Versuchsprotokollen nicht mit Sicherheit hervorgeht, dass die gesammte Rinde namentlich in der Tiefe der Furchen zerstört worden ist. Vom Nucleus caudatus aus konnte J. nur bei solchen Stromstärken ähnliche Anfälle erzielen, dass jedenfalls ein Uebergang von Stromschleifen resp. eine Uebertragung der Erregung auf den Linsenkern wahrscheinlich war. Da endlich auch eine möglichst isolirte Reizung der inneren Kapsel nur einen die Reizung nicht überdauernden tonischen Krampf verursachte, glaubte J. dem Linsenkern eine besondere Wichtigkeit für die Genese der Krampfanfälle beizumessen zu müssen und neigte dazu auch manche epileptische Anfälle

\*) Virchow's Archiv Bd. 106.

\*\*) Ein experimenteller Beitrag zur Kenntniss der Ursprungsstätte der epileptischen Anfälle. Inaug.-Dissert. Dorpat 1885.

des Menschen, zumal die ohne Bewusstseinsverlust verlaufenden, in den Linsenkern zu verlegen.

Ferrier's Beobachtungen über motorische Effecte der Reizung der grossen Ganglien begnügen mich kurz in der Fassung wiederzugeben, wie sie in der neuesten Auflage seines bekannten Buches vorliegt\*). Seine Mittheilungen über die nach Vierhügalexstirpation eintretenden Bewegungsstörungen können hier ebenso wie die früheren diesbezüglichen Arbeiten von Cayrade, Goltz, Kohts, Mckendrick, Bechterew u. A. übergegangen werden, indem uns zunächst nur die Reizversuche interessiren. Mechanische und schwache faradische Reizung der Oberfläche der Vierhügel bei Kaninchen bewirkt ein plötzliches Aufspringen, und zwar sah Ferrier bei Affen, Hunden, Schakalen, Katzen und Kaninchen bei Reizung der vorderen Vierhügel beiderseitige Pupillenerweiterung, Erweiterung der Augenspalten, Drehung der Augen und des Kopfes nach der gekreuzten Seite und nach oben, Zurückziehen der Ohren und — bei längerer Reizung Hebung des Schwanzes, Streckung der Hinterbeine, Anziehung, Zurückziehung und Beugung\*\*) der Vorderbeine, Trismus, tetanische\*\*\*) Zurückziehung der Mundwinkel und schliesslich Opisthotonus; alle diese Effecte traten zuerst gekreuzt, dann aber auch gleichzeitig auf. Reizung der hinteren Vierhügel bedingte ganz dieselben Erscheinungen, ausserdem aber ein Bellen resp. Schreien der Versuchstiere. Ferrier sieht in allen diesen motorischen Reactionen Reflexacte auf Reizung optischer oder sensibler Bahnen. — Reizung des Nucleus caudatus verursacht tonische Contraction der gesammten gekreuzten Körpermuskulatur mit Pleurosthotonus. Bei Kaninchen war der tonische Krampf kein ununterbrochener, ausserdem bestand zugleich Mastication. F. glaubt einen Uebergang von Stromschleifen auf die Pyramidenbahn in der inneren Kapsel hierbei ausschliessen zu können, da die Reizung des Thalamus opticus, der doch der Pyramidenbahn näher liege, mit starken Strömen wirkungslos bleibe. Den Thalamus opticus scheint Ferrier für durchaus unerregbar zu halten.

Auf die zahlreichen Arbeiten, welche seit Valentin, Budge, Danilewski u. A. dem Streifenhügel, Sehhügel und den Vierhügeln einen besonderen Einfluss auf die glatte Muskulatur (Blase, Darm, Sphincteres ani et vaginae, Gefässer, Iris etc.), sowie namentlich auf

\*) The functions of the brain. Second Edition 1886. p. 165—173, p. 406—409.

\*\*) Im Ellenbogengelenk.

\*\*\*) l. c. p. 169.

Körperwärme und Blutdruck zu vindiciren suchten, ist hier nicht einzugehen. Die bei Reizung der Ganglien auftretenden Pupillenveränderungen werden gelegentlich Erwähnung finden.

Die von mir getroffene Versuchsanordnung ergab sich zum Theil mit Nothwendigkeit aus den Misserfolgen, welche meine Vorgänger bei ihrer Versuchsanordnung gehabt hatten. Insbesondere war es jedenfalls geboten, die Convexität der Grosshirnhemisphären vorher abzutragen, den dritten Ventrikel zu öffnen und damit die grossen Ganglien völlig freizulegen. Selbstverständlich sind die letzteren damit unter Bedingungen versetzt, welche von den normalen ausserordentlich abweichen. Die stete Einwirkung, welche wir normaler Weise meist der Rinde auf die infracorticalen Ganglien zuschreiben, ist weggefallen; statt dessen stehen die letzteren unter der abnormen Einwirkung des Reizes, welcher von den durchschnittenen Fasern des ersten Projectionssystems ausgeht. Es stellen sich diese Versuche also von Anfang an etwa auf den Boden der zahlreichen Versuche, welche am Rückenmark nach seiner Trennung vom Gehirn angestellt worden sind. Wie dort, sind die Resultate zunächst nur bedingte. Wenn ich trotzdem mich zu dieser Versuchsanordnung entschloss und erst in zweiter Linie Versuche ohne vorherige Abtragung der Convexität anstellte, geschah es, weil nur in dieser Weise eine isolirte Reizung und eine Reizung unter steter Controle des Auges möglich war. Man könnte glauben, wenn man sich auf die mechanische Reizung beschränke, sei auch ohne Hemisphärenabtragung eine fast isolirte Reizung möglich, und endlich erlaube die Section ja stets, namentlich, wenn man die mechanische Reizung mit der chemischen combinire, eine genaue nachträgliche Feststellung des Reizungsortes. Hierauf ist zunächst zu erwiedern, dass man mit der Hinzufügung des chemischen Reizes zum mechanischen die Vorzüge einer ganz circumscripten Localisation des Reizes, welche die mechanische Reizung darbietet, grösstentheils wieder aufgibt. Man kann sich leicht durch chemische Reaction davon überzeugen, wie weit und wie rasch selbst eine sehr verdünnte Chromsäurelösung rings die Gewebe durchdringt. Vor allem aber geht der wesentliche Vortheil des Experiments, die Herrschaft über die einzelnen Bedingungen des Versuchs völlig verloren bei jenen Einstichversuchen ohne vorherige Abtragung, und man ist angewiesen, lediglich abzuwarten, bis der Zufall eine Reihe brauchbar localisirter Versuche verschafft hat. Endlich ist selbst die nachträgliche Controle durch die Section oft, gerade bei den so werthvollen Einstichen mit feinen Nadeln, recht unsicher.

Die Operationstechnik bei meinen Kaninchen gestaltete sich daher folgendermassen. Nachdem entweder über beiden Hemisphären je ein Trepanloch oder mitten über dem Sinus longitudinalis ein einziges Trepanloch angelegt war, wurde die gesammte Convexität freigelegt und — meist nach doppelter Unterbindung des Sinus longitudinalis — die Dura mitsamt der Falx von der Convexität entfernt. Dann folgt die vorsichtige Abtragung der Convexität der Hemisphären selbst. Hierbei bedarf es grösster Vorsicht, vor allem einer scharfen Schnittführung, damit eine Zerrung der hinteren und vorderen Vierhügelarme sowie der Verbindungen des Thalamus opticus mit dem Occipitallappen vermieden wird: jede erheblichere Zerrung wirkt hier bereits als mechanischer Reiz auf die Vierhügel und erzeugt vor der Zeit die später zu beschreibenden Erscheinungen der Vierhügelreizung. Auch die Entfernung der den Thalamus überlagernden Fornixplatte mit ihrer Verbindung zum Ammonshorn erfordert grösste Behutsamkeit. Die Blutung lässt sich bei entsprechender Uebung sehr einschränken und ist selbstverständlich möglichst an die Ränder des Operationsfeldes zu verlegen, wo sie die eigentlichen Reizflächen nicht dem Auge verdeckt und mit Penghawar Djambi leicht zu stillen ist. Die ventriculare Fläche des Seh- und Streifenhügels, sowie die Vierhügel lassen sich so für die Reizung freilegen. Ist die Operation so weit geglückt, d. h. jede Zerrung, Läsion oder stärkere Blutung vermieden worden, so liegt das Thier, das anfangs sich öfter sträubt und bei der Abtragung der Convexität meist einige Male kurz zusammenfährt, völlig still. Viele meiner Versuchsthiere wurden überhaupt nicht narkotisiert, einige erhielten ganz im Beginne des Versuches während der Trepination und Duraspaltung geringe Mengen Aethers. Versuche, in welchen bei den Voroperationen unbeabsichtigte Verletzungen der Ganglien irgend welcher Art erfolgten oder zu heftige Blutungen etc. eintraten, sind von vornehmerein ausgeschaltet worden. Die Zahl der verwerthbaren, im Einzelnen möglichst gleichmässig behandelten Versuchsthiere reducirt sich hierdurch auf 53 Kaninchen. Einige wenige Versuche an Katzen und Hunden übergehe ich, da ich absichtlich mich zunächst auf eine Thierart beschränken will.

Die mechanische Reizung ist wegen ihrer circumscripten Localisirbarkeit durchgängig bevorzugt worden. Bald wurde sie lediglich als oberflächliche Berührung, bald als Einstich mit feiner Nadel angewandt. In letzterer Form hat sie natürlich gegenüber der faradischen Reizung den Nachtheil, dass selbst bei dem feinsten Einstich eine Reihe nervöser Elemente zerstört werden, dass also die Reizung sich mit einer — wenn man will — minimalen Exstirpation, die doch nicht zu ver-

nachlässigen ist, complicirt. Die faradische Reizung giebt hier eine willkommene Ergänzung, indem sie den Nachtheil, der in ihrer ungenauen Localisirbarkeit liegt, dadurch aufwiegt, dass sie auch tiefer gelegene Theile ohne Läsion zu reizen erlaubt. Die Stromstärke wurde dabei möglichst gering genommen, stärkere Ströme überhaupt nicht verwandt. Endlich wurde ausser Berührung, Einstich und schwachem faradischem Strom der Schnitt und zwar meist als Querschnitt in grösserer Ausdehnung häufig als Reizungsmittel benutzt. Hierbei ist freilich weder die Reizung circumscript localisirt, noch die Läsion vermieden, dafür ist die anatomische Analyse des Reizungs-ortes und auch des Weges der Erregung bei diesen Durchschneidungs-versuchen eine viel leichtere und klarere.

Die Lage des Einstiches resp. Schnittes wurde nach Beendigung des Versuches durch genaue Autopsie festgestellt, und durch Vergleich mit Serienschnitten des Hirnstamms des Kaninchens, soweit möglich, auch ermittelt, welche Bahnen und Ganglienzellengruppen getroffen worden waren.

Im Folgenden werden die Reizungsversuche an Corpus striatum und Nucleus lentiformis, Thalamus opticus, Corpora quadrigemina anteriora und posteriora gesondert besprochen werden.

### 1. Corpus striatum und Nucleus lentiformis.

Oberflächliche Berührung des Corpus striatum mit der stumpfen Nadel ergab niemals einen motorischen Reizeffect. Ebenso blieben Einstiche mit stumpfer, wie spitzer Nadel in allen Theilen der Ventricularfläche des Streifenhügels in der Regel ohne jede motorische Reaction. Nur ein einziges Mal trat bei einem Einstich am äusseren Rande des Streifenhügels, welcher bis in den vorderen Schenkel der inneren Kapsel reichte, Mastication ein. Ein besonderes Interesse knüpft sich natürlich an die zahlreichen Einstiche, welche in den von Nothnagel als Nodulus cursorius beschriebenen Punkt ausgeführt wurden. Ich muss Ferrier hier durchaus beipflichten: die von Nothnagel beschriebenen, 2—10 Minuten nach der Reizung auftretenden Laufbewegungen treten in keiner Weise constant ein. Bei lediglich mechanischer Reizung sind sie sogar eher selten. Noch wichtiger ist, dass zuweilen auch Einstiche an anderen, namentlich an weiter hinten gelegenen Stellen des Hirnstamms einige Zeit nach der Reizung zu einem ähnlichen wilden Umherstürmen der Versuchsthiere führen. Es ist schon oben hervorgehoben worden, dass die chemisch-mechanische Reizung keine streng localisirte ist. Da wir nun späterhin einen

Punkt im Vierhügelgebiet kennen lernen werden, der in constantester Weise auf leiseste Reize mit stürmischem Umherlaufen antwortet, so liegt es nahe, anzunehmen, dass der Nodus cursorius selbst nicht Ursprungspunkt jenes stürmischen Laufens ist, sondern nur dadurch ausgezeichnet ist, dass er für die weitere Ausbreitung des Reizes — namentlich nach hinten — etwas günstigere Chancen bietet, als andere Punkte im Nucleus caudatus.

Auch Schnitte im Gebiet des ganzen Streifenhügels lösen oft gar keine motorischen Effecte aus. Ich habe oft eine ganze Serie von Frontalschnitten durch die Streifenhügelregion anlegen können, ohne dass das Thier, dessen anderweitige Reactionsfähigkeit nachfolgende Reizungsversuche an anderen Stellen deutlich erwiesen, sich auch nur regte. Zuweilen trat ein momentanes Auffahren oder eine momentane Contraction der Muskulatur des Mundfacialis oder des Vorderbeins, oder eine kurze Mastication ein. Die letztgenannten Erscheinungen wurden namentlich dann beobachtet, wenn der Schnitt die mehr seitlich gelegenen Theile traf. Sie sind durchaus identisch mit den Erscheinungen, die man oft genug bei möglichst isolirter Durchschneidung der Pyramidenbahn in der inneren Kapsel — z. B. mit dem Veyssièr'schen Messer — beobachtet, dürfen also wohl auf eine Mitreizung dieser Bahn bezogen werden. Anhaltenderes, sofort beginnendes Vorstürmen des Thieres hingegen sah ich nur dann zuweilen eintreten, wenn der Schnitt auch die Opticusbahn an der Basis lädierte. Auf diese Thatsache wird unten zurückzukommen sein. Zuweilen war dies Vorstürmen von einem Schrei, ähnlich wie er als Schmerzäusserung sonst vom Kaninchen geäussert wird, begleitet.

Während hiernach die mechanische Reizung des Nucleus caudatus selbst keine mit Sicherheit auf diesen zu beziehende motorische Reizeffecte hervorbrachte, schien die faradische Reizung zunächst positivere Resultate zu ergeben. In der That gelingt es bei mittleren Stromstärken (11—12 Ctm. Rollenabstand\*) meist Mastication, Flimmern im Orbicularis oculi oder in der Schnauzenmuskulatur und Spreizung der Vorderpfote zu erzielen. Alle diese motorischen Effecte überwiegen auf der gekreuzten Seite, treten im schwächeren Grade jedoch auch gleichzeitig auf. Ein einziges Mal sah ich dieselben bereits bei einem Rollenabstand von 16 Ctm. Am leichtesten pflegt Mastication einzutreten. Die lateralen Partien des Schweifkerns ant-

---

\*) Diese Zahlenangaben haben selbstverständlich lediglich einen relativen Werth, nämlich im Vergleich zu später folgenden, welche für denselben Schlitzenapparat bei annähernd gleicher Function desselben gelten.

worten auf schwächere Ströme als die medialeren mit diesen Reactionen. Die tonische Spreizung der Vorderpfoten ist am leichtesten in den vorderen Partien zu erhalten. Wurden die Elektroden tiefer in die Masse des Corpus striatum eingestossen, so trat nach 30 bis 40 Secunden bei 15 Ctm. Rollenabstand ein allgemeiner tonischer Krampf ein: der Kopf wurde völlig nach der gekreuzten Seite gedreht, das gekreuzte Auge zugekniffen, der gekreuzte Mundwinkel tonisch verzogen, die Vorderbeine tonisch vorgestreckt, die Hinterbeine tonisch angezogen. Mit der Entfernung der Elektroden hörten die Contractionen sofort auf; meist schrie das Thier einige Male auf und machte einige Sprünge vorwärts. Der eben beschriebene tonische Krampf gleicht vollkommen dem tonischen Krampf, welchen man nach Abtragung der Rinde der motorischen Regionen bei faradischer Reizung des Marklagers beobachten kann. Offenbar ist also auch der oben beschriebene tonische Krampf mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Reizung der motorischen Bahn in der inneren Kapsel durch Stromschleifen zu beziehen. Er überwiegt stets auf der gekreuzten Seite.

Isolirte Reizung des Linsenkerns ist kaum möglich. Senkte ich die Elektroden in seine Masse ein und leitete alsdann einen Strom hindurch, so trat zuweilen ein ähnlicher tonischer Krampf ein, wie er bei faradischer Reizung des Corpus striatum soeben beschrieben worden ist. Derselbe ist jedenfalls ebenso wie dieser aus einer Reizung der nahe gelegenen inneren Kapsel zu erklären. Nach Abtragung der gesamten motorischen Region und bei Vermeidung jeder mechanischen oder chemischen Läsion des Thalamus opticus und der Corpp. quadrigemina war die faradische Reizung des Linsenkerns mit mittleren Strömen (welche vorher von der Rinde aus deutliche Zuckungen ausgelöst hatten) niemals von einem die Reizung überdauernden tonisch-clonischen Krampf, wie Johannsen ihn beschreibt, gefolgt. Mastication zeigte sich gelegentlich. Die Versuchsprotokolle Johannsen's, soweit sie hierher gehören, geben keine hinlängliche Garantie dafür, dass erstens die motorische Rinde ganz eliminiert und zweitens Seh- und Vierhügel vor mechanischen und chemischen Reizen sowie Stromschleifen geschützt waren.

## 2. Thalamus opticus.

Die Reizversuche am Sehhügel wurden theils nach vorheriger Abtragung des Nucleus caudatus (wenigstens seines vorderen Theils) theils ohne solche angestellt. Der Reizerfolg war in beiden Fällen derselbe.

Oberflächliche mechanische Reizung des Thalamus opticus (also

Berührung ohne Verletzung) blieb stets erfolglos. Auch Einstiche in den Thalamus opticus bis zu  $\frac{1}{2}$  Ctm. Tiefe blieben oft erfolglos, einige Male wurde ein leichtes momentanes Zusammenfahren oder eine momentane leichte Contraction der gleichseitigen Vorderbein- und Facialismuskulatur oder auch der gekreuzten Körpermuskulatur beobachtet. Bemerkenswerth erscheint hierbei zunächst nur, dass wir jetzt — peripheriwarts mit der mechanischen Reizung fortschreitend — zum ersten Male im Thalamus opticus an einen Punkt gelangt sind, wo ein einseitiger Reiz zuweilen gleichseitige Bewegungseffekte isolirt (ohne gekreuzte) auslösen kann.

Die Resultate der Durchschneidungsversuche erhellen am besten aus der folgenden tabellarischen Zusammenstellung:

| Nr. | Der Schnitt                                                     |                                              | Reizeffect.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | dringt ein:                                                     | erscheint an der Basis:                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.  | In der Mitte beider Thalami optici                              | In den Hirnschenkeln                         | Das Thier hebt sich auf den Vorderbeinen, macht mehrere Sätze und läuft dann geradeaus. Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion (ohne bestimmten Rhythmus) von 2 Minuten Dauer. Dann maximaler Opisthotonus, Extensionstetanus der Vorderbeine, Flexionstetanus der Hinterbeine, heftiges Kopfschütteln. Der tonisch Krampfbält bis zum Tode an. |
| 2.  | Am hinteren Rande der Thalami                                   | Eben vor dem vorderen Ponsrand               | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, dann Opisthotonus und leichter tetanischer Krampf der Extremitäten.                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3.  | In der Mitte beider Thalami                                     | $\frac{1}{2}$ Ctm. vor dem vorderen Ponsrand | Leichter Opisthotonus, tonischer Extremitätenkrampf, unbedeutendes Flimmern der Facialismuskulatur.                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5.* | $\frac{3}{4}$ Mm. vor dem vorderen Rande der vorderen Vierhügel | $1\frac{1}{2}$ Mm. vor dem vorderen Ponsrand | Laufversuche, heftige Strampel- und vereinzelte Schlagbewegungen. Opisthotonus Momentaner Strecktetanus aller Extremitäten.                                                                                                                                                                                                                       |
| 6.  | 2 Mm. vor dem vorderen Rand der vorderen Vierhügel.             | 1 Mm. vor dem vorderen Ponsrand              | Schmerzschrei, stürm. Laufbewegungen mit Locomotion, die erst nach 20 Sec. nachlassen, langsamer Nystagmus.                                                                                                                                                                                                                                       |
| 7.  | In der Mitte der Thalami optici                                 | 1—2 Mm. vor den vorderen Ponsrand            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

\*) Die Zahlen beziehen sich auf die Versuchsthiere überhaupt.

| No. | Der Schnitt                                                               |                                     | Reizeffect.                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | dringt ein:                                                               | erscheint an der Basis:             |                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8.  | In der Mitte der Thalamus optici                                          | 5 Mm. vor dem vorderen Ponsrand     | Auffahren in wilden Sätzen, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, die erst nach 30 Secunden nachlassen, sich jedoch noch öfter spontan wiederholen; Schmerzschrei.                                                                               |
| 9*  | Im hinteren Drittel der Thal. opt.                                        | Eben vor dem vorderen Ponsrand      | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion (dabei stößt das Thier oft an Hindernisse an).                                                                                                                                                              |
| 10* | An der Grenze des mittleren u. hinteren Drittels d. Thal. opt.            | 1 Mm. vor dem vorderen Ponsrand     | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion.                                                                                                                                                                                                            |
| 11. | In der Mitte der Thalamus optici                                          | Etwas vor den vorderen Ponsrand     | Heftiges Auffahren, einzelne Sätze, heftiges Vor- und Zurückschieben des Körpers, Aufrichten auf den Hinterpfoten, Hochschlagen der Vorderpfoten, Laufbewegungen mit Locomotion.                                                                     |
| 12. | In der hinteren Hälfte der Thal. opt. (links weiter hinten als rechts)    | 5 Mm. vor dem vorderen Ponsrand     | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion; bei Nachlass derselben Flexionstetanus der Hinterbeine, Extensionstetanus der Vorderbeine, Opisthotonus, Lordose, tonischer Krampf der Orbicularis oculi.                                                  |
| 13. | In der vorderen Hälfte der Thal. opt.                                     | 2 Mm. vor dem vorderen Ponsrand     | Auffahren in wilden Sätzen, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, Schreien. Eine Minute später maximaler Extensionstetanus der Vorder- und Hinterbeine, Opisthotonus, Lordose, dazwischen einzelne Schläge und Laufbewegungen (ohne Locomotion). |
| 14. | Am vorderen Rand der Thal. opt.                                           | Hinter dem Chiasma                  | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion.                                                                                                                                                                                                            |
|     | In der Mitte der Thal. optici                                             | Fast an derselben Stelle.           | Momentanes Auffahren.                                                                                                                                                                                                                                |
|     | Im hinteren Drittel der Thal. opt., 2 Mm. vor dem vorderen Vierhügelrande | 1 1/2 Mm. vor dem vorderen Ponsrand | Momentanes Auffahren, leichter Strecktetanus.                                                                                                                                                                                                        |

\*) Bei den Versuchstieren 9 und 10 ist die vorherige Abtragung der Convexität unterlassen worden.

| Nr. | Der Schnitt                                                                                                 |                                                             | Reizeffect.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | dringt ein:                                                                                                 | erscheint an der Basis:                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 15. | Am vorderen Rande der Thal. opt.                                                                            | Hinter dem Chiasma                                          | Vorübergehendes Flimmern im Orbicular. oculi, kurze Masturbation, kurzes Vorwärtslaufen, dann leichter Tetanus der Extremitäten.                                                                                                                                                 |
| 16. | Etwas hinter der Mitte der Thalam. optici, nicht ganz symmetrisch.                                          | 3 Mm. vor dem vorderen Ponsrand                             | Momentanes Auffahren, leichter tonischer Krampf des Orbicularis oculi, kurze Manége nach rechts, dann leichte Drehung nach links.                                                                                                                                                |
| 18. | Durch die Mitte des rechten Thal. opt.; die mediale Partie der linken Hirnstammhälfte ist nur angeschnitten | Eben vor dem vorderen Ponsrand                              | Opisthotonus, Kopf- und Nackendrehung nach rechts, Aufbäumen, Sprungversuche, Manége nach rechts, dann heftige Schlagbewegungen der Extremitäten, Rollen nach rechts, ab und zu tetanisches Abstrecken der Extremitäten. Das Thier kommt auf der rechten Seite liegend zur Ruhe. |
| 19. | In den vordersten Theilen der Thal. optic.                                                                  | Im Corp. canticans                                          | Auffahren, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion. Das Thier stösst überall dabei an. Zur Ruhe gekommen sitzt es in annähernd normaler Stellung.                                                                                                                               |
| 20. | In der Mitte der Thal. opt.                                                                                 | 1 Mm vor dem vorderen Ponsrand.<br>Basal nicht vollständig. | Einmaliges Blinzeln und einmalige Contraction in der beiderseitigen Vorderbeinmusculatur.                                                                                                                                                                                        |
| 23. | Im hinteren Drittel der Thal. opt.                                                                          | 3 Mm. vor dem vorderen Ponsrand                             | Auffahren, Bäumen, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion. Noch vor dem ersten Satz einmalige Contraction der beiderseitigen Vorderbein- und Facialismusculatur.                                                                                                               |
| 28. | In den vordersten Theilen der Thalam. optic.                                                                | Hinter dem Chiasma.<br>Basal nicht vollständig.             | Keinerlei motorischer Effect.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 29. | Desgl.                                                                                                      | Desgl.                                                      | Momentanes leichtes Zusammenfahren, momentane leichte Spreizung der Vorderpfoten.                                                                                                                                                                                                |
| 30. | Desgl.                                                                                                      | Desgl.                                                      | Momentanes Auffahren, leichte momentane Masturbation.                                                                                                                                                                                                                            |
| 37. | Desgl.                                                                                                      | 1 Mm. vor dem vorderen Ponsrand                             | Auffahren, Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, Schmerzschrei. Dauer ca. eine Minute.                                                                                                                                                                                       |

| Nr. | Der Schnitt                                                     |                                                            | Reizeffect.                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | dringt ein:                                                     | erscheint an der Basis:                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 49. | In der Mitte der Thalam. opt.                                   | Fast 2 Mm. vor dem vorderen Ponsrand                       | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion. Schrei.                                                                                                                                                                                                                 |
| 50. | Im vorderen Drittel des linken Thal. opt.                       | Hinter dem Chiasma                                         | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion (Dauer 20 Secunden). Schreien.                                                                                                                                                                                           |
| 51. | In der hinteren Hälfte beider Thal. opt.                        | 2 Mm vor dem vorderen Ponsrand.<br>Links nicht vollständig | Momentanes Vorstürmen bei Kopfdrehung nach rechts.                                                                                                                                                                                                                |
| 52. | In der Mitte der beider Thal. opt.                              | 1 Mm. hinter dem Chiasma<br>Rechts nicht vollständig       | Auffahren, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, Schreien (Dauer 15 Sec.).                                                                                                                                                                                    |
| 53. | 3 Mm. vor dem vorderen Rande des rechten vorderen Vierbügels.   | 3½ Mm. vor dem vorderen Ponsrand                           | Einige kurze Strampelbewegungen der Vorderbeine, dann Ruhe.                                                                                                                                                                                                       |
| 54. | Zwischen dem vorderen und mittleren Drittel beider Thal. optic. | Etwas über 1 Mm hinter dem Chiasma                         | Auffahren, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, Schreien (Dauer ca. 20 Sec.).                                                                                                                                                                                |
| 55. | Im hinteren Viertel der Thal. opt.                              | ca. 3 Mm. hinter dem hinteren Rand des Corp. trapezoides   | Auffahren und kurzes Vorstürmen, Schreien, dann Schlagbewegungen des Kopfes und der Beine ohne Locomotion und wildes Rollen um die Längsaxe.                                                                                                                      |
| 56. | In der Mitte der Thal. optic.                                   | Genau am vorderen Ponsrand                                 | Auffahren und kurzes Vorstürmen, Schreien, dann wildes Rollen um die Längsaxe (ca. ½ Min. Dauer), dann meist symmetrische Schlagbewegungen der Extremitäten, in den Pausen leichter Strecktetanus der Vorderbeine, Beugetetanus der Hinterbeine und Opisthotonus. |
| 57. | In der vorderen Hälfte der Thal. opt.                           | Fast 2 Mm. vor dem Chiasma                                 | Kein Effect.                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 59. | Am vorderen Rand der Thal. opt.                                 | Eben hinter dem Chiasma                                    | Momentanes heftiges Blinzeln und vorübergehender horizontaler Nystagmus.                                                                                                                                                                                          |
| 60. | Am vorderen Rand der Thal. opt.                                 | Eben hinter dem Chiasma                                    | Ausser momentanem Zusammenfahren kein Effect.                                                                                                                                                                                                                     |

Zur Orientierung gebe ich noch folgende Maasse: Entfernung des vorderen Chiasmarands vom vorderen Ponsrand 12 Mm., des hinteren Chiasmarands vom vorderen Ponsrand 10 Mm., sagittaler Durchmesser des Pons 6 Mm.,

des Corp. trapezoides  $3\frac{1}{2}$  Mm., eines vorderen Vierhügels  $9\frac{1}{2}$  Mm., eines hinteren Vierhügels  $3\frac{1}{2}$  Mm., eines Sehhügels in der Medianlinie 9 Mm., am Seitenrand 7 Mm. Hierzu muss jedoch bemerkt werden, dass die absoluten und innerhalb gewisser Grenzen auch die relativen Grössenmaasse, wie zahlreiche Messungen mich gelehrt haben, individuellen Schwankungen unterworfen sind.

Aus der vorausgegangenen tabellarischen Uebersicht ist zu entnehmen, dass Durchschneidungsversuche im Gebiet der Thalami optici (incl. Regio subthalamica und Hirnschenkel) in sehr verschiedenem Masse zu motorischen Reizeffecten führen. Dieselben bestanden entweder lediglich in momentanem leichtem Zusammenfahren oder in stürmischen Laufbewegungen mit Locomotion und Schreien; endlich konnte sich an diese Laufbewegungen, welche bis zu einer Minute anhielten, ein allgemeiner, länger anhaltender tetanischer Krampf anschliessen, der sich meist durch Opisthotonus, Lordose und maximale Extension der Extremitäten charakterisirte und ab und zu von vereinzelten Schlag- und Laufbewegungen ohne Locomotion unterbrochen wurde. Weitaus die regelmässigste Erscheinung unter den eben aufgeführten sind die Laufbewegungen mit Locomotion und Schreien; sie sind nicht weniger als 23 Mal unter 34 Versuchen zur Beobachtung gekommen und schliessen sich stets dem Schnitt direct an. Ausdrücklich aber hebe ich hervor, dass diese Reizeffecte ganz ausbleiben, so lange der Schnitt nur die oberen Sehhügelschichten durchtrennt; erst wenn er bis in die Regio subthalamica hinabreicht, treten die locomotorischen Laufbewegungen auf, in den vorderen Sehhügelpartien sogar erst dann, wenn der Schnitt die Basis ganz oder fast ganz erreicht. Je weiter hinten der Schnitt geführt ist, um so weniger tief braucht er einzudringen, um die beziehungsweisen Reizeffecte zu erzielen\*). Es bleiben die spärlichen Versuche, in welchen Sehhügelschnitte lediglich ein momentanes Zusammen- oder Auffahren bewirkten. Hiervon sind No. 20 und 28, wie die Section ergab, basal unvollständig gewesen; bei No. 28, 29, 57, 59 und 60 kommt in Betracht, dass diese Schnitte zu weit vorn liegen. Weshalb endlich in den vier Versuchen 5, 16, 18 und 53 die Laufbewegungen mit Locomotion ganz oder theilweise ausblieben, vermag ich nicht

\*) In den oben tabellarisch zusammengestellten Versuchen wurde zur Feststellung dieser Thatsachen oft so verfahren, dass zuerst ein seichterer Schnitt angelegt und derselbe erst nachträglich in derselben Schnittebene basalwärts vervollständigt wurde.

anzugeben; es dünkt mir aber, dass diese wenigen negativen Fälle vernachlässigt werden dürfen gegenüber der grossen Zahl positiver Ergebnisse, wenn man bedenkt, dass auch bei der gewöhnlichen Rindenreizung bei einem gewissen Bruchtheil der Thiere die Reizeffekte ausbleiben und dass der operative Eingriff in unseren Versuchen ein so sehr viel erheblicherer ist. Es können also unsere Schnittversuche dahin resumirt werden, dass Schnitte durch die Sehhügel in deren mittleren und hinteren Partien, sofern sie bis zur Basis oder wenigstens bis in die *Regio subthalamica* reichen, stürmische Laufbewegungen mit *Locomotion* und Schreien hervorrufen. Dabei scheint es durchaus gleichgültig, wo zwischen Chiasma und vorderem Ponsrand der Schnitt an der Basis erscheint. Erscheint der Schnitt an der Basis noch vor dem Chiasma, so bleiben die Laufbewegungen, auch wenn die *Nn. optici* durchschnitten sind, meist aus. Erscheint der Schnitt an der Basis hinter dem vorderen Ponsrand, so werden die Laufbewegungen stark abgekürzt und bald von heftigen Rollbewegungen und Schlagbewegungen ohne *Locomotion*, wie Binswanger sie beschrieben hat, abgelöst; bemerkenswerth und für die Nichtbeteiligung der Pyramidenbahn bei den fraglichen motorischen Impulsen sehr beweisend ist namentlich die Thatsache, dass die Roll- und Schlagbewegungen auch in einem Versuch auftraten, in welchem der Schnitt in den Sehhügeln eindrang und weit hinter dem *Corp. trapezoides* zum Vorschein kam. Die richtige Beurtheilung des an die locomotorischen Laufbewegungen 10 Mal unter 34 Versuchen sich anschliessenden tetanischen Krampfes nach Stammdurchschneidungen im Gebiete der Sehhügel wird erst möglich sein nach Betrachtung des stets bei Durchschneidung des Stamms im Gebiete der hinteren Vierhügel auftretenden Tetanus. Es ist wahrscheinlich, dass der bei Durchschneidungen im Sehhügelgebiet zuweilen nachträglich auftretende Tetanus auf einer nachträglichen Ausbreitung der Erregung auf weiter hinten im hinteren Vierhügelgebiet gelegene Theile beruht. Vielleicht kommt auch als neue Reizquelle die an der Basis sich ansammelnde, oft sehr umfängliche Blutmasse in Betracht. — Halbseitige Thalamusdurchschneidung modifizirt ab und zu die Laufbewegungen im Sinne einer leichten Manége nach der Seite der Durchschneidung.

Es erübrigt, die Effecte der faradischen Reizung des Thalamus *opticus* kurz zu besprechen. Reizung der Sehhügeloberfläche mit schwachen Strömen (bis zu 14 Ctm. Rollenabstand) blieb stets effectlos. Nur bei stärkeren Strömen wurde beiderseitiges Blinzeln, Nystag-

mus\*), Mastication, Kopfdrehungen, einmalige Contractionen der gekreuzten und zum Theil auch gleichseitigen Mundfacialis-, Vorderbein- und Hinterbeinmuskulatur beobachtet. Es liegt nahe, diese Erscheinungen aus Stromschleifen auf die innere Kapsel zu beziehen.

Oefter wurde auch nach völliger Durchschneidung des Stammes im Sehhügelgebiet die peripherie Schnittfläche faradisch gereizt; zu diesem Zweck wurde die vor dem Schnitt liegende Hirnmasse rasch mit einem Scalpell ausgelöffelt und der Schädelgrund tamponirt. Nunmehrige Reizung der Schnittfläche (10—12 Ctm. Rollenabstand) konnte zuweilen noch ein Vorstürmen des Thieres auslösen, öfter kam es nur zu leichtem Nystagmus, leichter Rückenkrümmung, Schwanzhebungen, tonischer Flexion der Vorder- und Hinterbeine und tonischer Zehenspreizung; gekreuzt waren diese Erscheinungen vielleicht etwas stärker. Sie überdauerten die Reizung nur wenig. Am deutlichsten traten sie bei Reizung in der Haubengegend auf, während Reizung in der Fussgegend einen die Reizung gar nicht überdauernden, ganz allgemeinen Tetanus auslöste. Besonderen Werth lege ich auf diese Versuche, deren mir bei der Schwierigkeit der Technik erklärlicher Weise nur wenige zu Gebote stehen, nicht.

### 3. Corpora quadrigemina antt.

Nur leiseste oberflächliche Berührung der Oberfläche der vorderen Vierhügel bleibt ohne motorischen Reizeffect. Jede energischere Be- rührung und namentlich jede irgend tiefer gehende Verletzung führt stets zu sehr charakteristischen motorischen Reactionen. Dieselben bestehen in Respirationsbeschleunigung, starkem Brummen, ähnlich wie es als Zornesäusserung bei dem unversehrten Thier beobachtet wird, Spreizung der Vorderpfoten und zuweilen Hebung des Hintertheils und des Schwanzes. Auch Erweiterung der gleichseitigen Pupille und ein langsamer, zuweilen vertikaler, zuweilen nach der Seite der Reizung gerichteter Nystagmus (mit raschem Zurückschnellen) ist öfter constatirt worden. Kopfdrehung nach der gekreuzten Seite kam zweimal vor, einmal nach der gleichen. Bei irgend stärkerer mechanischer Reizung fährt das Thier auf und macht wilde Locomotionsversuche. Dies tritt ein, gleichgültig, ob vorher das ganze Grosshirn centralwärts von den Vierhügeln incl. der Sehhügel entfernt worden ist oder nicht. Oft verbindet sich das Aufstürmen des Thieres mit

---

\*) Meist langsames Wandern der Augen in den der Reizung homonymen Augenwinkel mit nachfolgendem raschen Zurückfahren.

lautem Schreien\*). Seltener kommt es lediglich zu einer einmaligen Contraction der gesammten Extremitätenmuskulatur. Am intensivsten waren die Laufbewegungen mit Locomotion bei mechanischer Läsion der unteren seitlichen Ecke des vorderen Vierhügels. Derselbe erscheint bekanntlich beim Kaninchen in der Seitenansicht wie ein Keil eingeschoben zwischen Sehhügel und hinterem Vierhügel. Die untere seitliche Ecke des vorderen Vierhügels, welche die Spitze des Keils darstellt, entspricht zugleich der Lage des *Corpus geniculatum mediale*. An die der mechanischen Reizung unmittelbar folgenden Laufbewegungen schliesst sich häufig ein allgemeiner Tetanus an und zwar erheblich häufiger und früher, als an die entsprechenden Laufbewegungen bei Sehhügeldurchschneidung. Dieser Tetanus wird wiederum in ähnlicher Weise auf eine secundäre Miterregung weiter hinten in dem Bereich der hinteren Vierhügel gelegener Gebiete zurückzuführen sein. Fast ausnahmslos handelt es sich hierbei um eine fast senkrechte tetanische Abstreckung der extrem extendirten Vorder- und Hinterbeine, lordotische Verkrümmung der Wirbelsäule und maximalen Opisthotonus. Oefters wird dieser Strecktetanus von rhythmischen Schlagbewegungen der Extremitäten ohne Locomotion unterbrochen, so nameutlich bei Einwirkung sensibler Reize. Mit der vorwiegenden Erregbarkeit der seitlichen und unteren Theile der vorderen Vierhügel hängt auch die Thatsache zusammen, dass jede Zerrung der Vierhügelarme alsbald zu stürmischen Laufbewegungen resp. Tetanus führt, während vorsichtige scharfe Trennung derselben ganz reactionslos verläuft. Nothnagel\*\*) glaubte bekanntlich bei mechanischer Reizung (Stichen) in die medialen Theile des Occipitalhirns des Kaninchens bald allgemeinen Tetanus, bald Umherrennen mit starren Beinen, bald Aufschnellen oder regelloses Stürzen beobachtet zu haben. Ich habe mich durch eine sehr grosse Zahl von Beobachtungen überzeugt, dass eine isolirte mechanische Reizung von keinem Punkte des Occipitalhirns aus solche Erscheinungen auszulösen vermag, und muss daher die von Nothnagel beobachteten motorischen Reactionen auf eine unbeabsichtigte Mitreizung der vorderen resp. hinteren Vierhügel beziehen. Eine solche ist in der That sehr schwer zu vermeiden. Man muss nur bedenken, dass die Noth-

\*) Es liegt hierin, wie ich nebenbei bemerke, auch eine Widerlegung der Bechterew'schen Anschauung, welche ausschliesslich die Sehhügel als Centrum der Ausdrucksbewegungen bezeichnet.

\*\*) Virchow's Archiv Bd. 58.

nagel'sche Stelle unmittelbar über den Vierhügeln an der medianen Mantelkante gelegen ist.

Ich lasse nunmehr eine tabellarische Zusammenstellung der Durchschniedungsversuche im Gebiete der vorderen Vierhügel folgen.

| No. | Der Schnitt                                           |                                                               | Reizeffect.                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | dringt ein:                                           | erscheint an der Basis:                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4.  | Im hinteren Theil der vorderen Vierhügel              | 1 Mm. hinter dem vorderen Ponsrand                            | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion und nachfolgender allgemeiner Tetanus mit Kopfschütteln.                                                                                                                                                                               |
| 24. | An der vorderen Grenze der vorderen Vierhügel         | Links 2 Mm., rechts 1 Mm. vor dem vorderen Ponsrand           | Auffahren, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, mehrmaliges Ueberschlagen nach rechts und links, dann wieder stürmisches Laufen mit Schmerzschrei.                                                                                                                         |
| 31. | In der vorderen Hälfte des linken vorderen Vierhügels | Etwas hinter dem vorderen Ponsrand links                      | Kopfdrehung nach links, stürmische Laufbewegungen, anfangs mit, dann ohne Locomotion, dann mittelstarker Extensionstetanus, bei sensiblen Reizen von Schlagbewegungen unterbrochen.                                                                                             |
| 44. | In der Mitte des rechten vorderen Vierhügels          | Im rechten Hirnschenkel; der Fuss ist undurchtrennt geblieben | Auffahren, Opisthotonus, stürmische Laufbewegungen mit Manége nach links*). Erst nach 2 Minuten Ruhe: dabei Kopfdrehung nach links, der Kopf wird ab und zu in die Medianstellung zurückgeschnellt, weicht aber immer wieder nach Kurzem nach links ab. Horizontaler Nystagmus. |
| 45. | Am vorderen Rande der vorderen Vierhügel              | Mitten im Pons                                                | Auffahren, stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, dann in Seitenlage Schlagbewegungen der Extremitäten ohne Locomotion, dann Opisthotonus und tetanisches Abstrecken der Extremitäten.                                                                                       |
| 58. | Im hintersten Theil der vorderen Vierhügel            | Basal unvollständig, würde etwa in der Ponsmitte erscheinen.  | Einige Schlagbewegungen der Vorderbeine und namentlich der Hinterbeine, dann maximale tetanische Abstreckung der extirierten Extremitäten, lordo-                                                                                                                               |

\*) Das rechte Bein wird über das linke übergesetzt.

| No. | Der Schnitt                                |                                       | Reizeffect.                                                                                                                                                                                                               |
|-----|--------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | dringt ein:                                | erscheint an der Basis:               |                                                                                                                                                                                                                           |
| 61. | Im vorderen Drittel der vorderen Vierhügel | Am hinteren Rand des Corp. trapezoid. | tische Verkrümmung der Wirbelsäule, extremer Opisthotonus. Momentanes Aufstürmen, dann Umsinken und rhythmische, ziemlich kraftlose Schlagbewegungen der Vorderbeine.                                                     |
| *   | In der Mitte der vorderen Vierhügel        | Am vorderen Ponsrand                  | Stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, dann Opisthotonus und tetanisches Abstrecken der Extremitäten in Seitenlage, ab und zu unterbrochen und abgeschlossen von Schlagbewegungen der Vorder- und Hinterbeine in loco. |

Aus dieser übrigens nicht erschöpfenden Uebersicht ergibt sich, dass stürmische Laufbewegungen mit Locomotion den hauptsächlichen und constanten Reizeffect der Durchschneidungen des Hirnstamms in der Ebene der vorderen Vierhügel darstellen. Wo der Schnitt an der Basis erscheint, ist für das Auftreten der locomotorischen Laufbewegungen innerhalb gewisser Grenzen gleichgültig. Am stärksten scheinen dieselben zu sein, wenn der Schnitt durch den vorderen Ponsrand geführt ist. War er zu weit nach hinten gerichtet, so machen die Laufbewegungen schon nach wenig Secunden einem tetanischen Krampf und Lauf- resp. Schlagbewegungen ohne Locomotion Platz. Dieser nachfolgende Tetanus wird durch rasche Abtragung der vorderen Vierhügel in keiner Weise modifizirt. Auch das anfängliche Fortstürmen bleibt bei vorheriger Abtragung der vorderen Vierhügelkuppen nicht aus. Hat der Schnitt gar an der Basis die Gegend des hinteren Ponsrandes getroffen, so beschränken sich die locomotorischen Laufbewegungen auf ein ganz momentanes Aufstürmen: das Thier verfällt alsbald in einen allgemeinen Starrkrampf, der ab und zu von Schlagbewegungen unterbrochen wird. Ist der Schnitt endlich so flach geführt, dass er im Corpus trapezoides erscheint, so sinkt nach ganz momentanem Auffahren das Thier schlaff zur Seite und es beginnen stossweise bald beiderseitig und dann ziemlich genau syn-

\*) Speciell dieser Versuch ist sehr oft identisch wiederholt worden.

chrone, bald einseitige Schlagbewegungen der Vorderbeine und Hinterbeine; zuweilen sind nur die ersteren oder nur die letzteren betheiligt. Oester treten Pausen ein; nach solchen beginnen dann neue Schlagbewegungen bald spontan, bald nur auf sensible Reize. Schlagbewegungen der Vorderbeine — und zwar nicht synchrone — habe ich noch beobachtet nach Schnitten, welche oben die vorderen Vierhügel im vordersten Drittel durchschnitten und die Basis hinter dem hinteren Rand des Corpus trapezoides erreichten. — Denkt man sich den Schnitt noch flacher gelegt, so wird er offenbar die Kuppen der Vierhügelpaare abtragen und über dem Rautenboden weg, ohne in den Stamm einzudringen, im Kleinhirn enden. Ich erwähne hier einstweilen die wichtige Thatsache, dass solche Schnitte die allerstürmischsten Laufbewegungen und Sprünge erzeugen: im weiteren Verlauf pflegt sich Opisthotonus einzustellen, die Laufbewegungen nehmen einen abortiven Charakter an, indem das Thier seitlich umsinkt und nicht mehr vom Platze kommt, schliesslich bleibt es auf der Seite liegen, die Vorderbeine werden starr tetanisch abgestreckt, desgleichen in geringerem Grad die Hinterbeine und zum Theil doppelseitige symmetrische, zum Theil isolirte Schlagbewegungen einer einzelnen Extremität treten auf. Auf dies wichtige Versuchsresultat wird später noch zurückzukommen sein.

Erreicht der Schnitt die Basis nicht ganz, so ist der Reizeffect doch derselbe. Es erübrigts, festzustellen, wie tief der beziehungsweise Schnitt mindestens in die vorderen Vierhügel eindringen muss, um die Laufbewegungen mit Locomotion zu bewirken. Hierauf kann ich nur bemerken, dass dieselben nur bei ganz oberflächlichen, höchstens 1 Mm. tiefen, mit sehr scharfen Messern, also ohne jede Zerrung geführten Schnitten, zuweilen ausblieben. — Wird nur die eine Hälfte des Hirnstamms im Gebiet eines vorderen Vierhügels durchschnitten, so nehmen die Laufbewegungen in leichtem Grade den Charakter einer Manégebewegung nach der Seite der Durchschneidung an; auch modifizirt sich der nachfolgende Tetanus in einer Art und Weise, wie ich sie bei Darstellung der Reizung eines hinteren Vierhügels genauer beschreiben werde. Das Umsinken findet nach der Seite der Durchschneidung statt, gelegentlich kam ein leichtes Rollen nach derselben Seite zur Beobachtung.

Faradische Reizung der Oberfläche eines vorderen Vierhügels mit schwachen Strömen bewirkt Respirationsbeschleunigung, Brummen oder Quiecksen, Hebung des Schwanzes, öfter auch Hebung des Hinterkörpers und Senkung des Vorderkörpers, Pfotenspreizen und schliesslich Aufstürmen des Thieres. Auch Nystagmus ist beobachtet

worden und zwar nach der Seite der Reizung (mit raschem Zurück-schnellen). Die eben angegebenen Reizerscheinungen konnten bemerkenswerther Weise oft bei Reizung eines vorderen Vierhügels erzielt werden, während Application der Elektroden bei gleicher Stromstärke auf den Sehhügel wirkungslos blieb. Die gekreuzte Wirkung schien etwas zu überwiegen. Bei stärkeren Strömen traten die oben für die Thalamusreizung geschilderten Erscheinungen, welche aus Stromschleifen auf die innere Kapsel zu erklären sein dürften, hinzu. Trägt man die Kuppen der vorderen Vierhügel ab und wartet ab, bis das Thier sich beruhigt hat, und reizt dann die horizontale Schnittfläche mit schwachen faradischen Strömen, so treten im Wesentlichen dieselben Erscheinungen auf, wie bei Reizung der Oberfläche der intacten vorderen Vierhügel. Faradische Reizung des peripheren Stumpfes. nach einem senkrechten Frontalschnitt im vorderen Vierhügelgebiet bewirkt stossende Bewegungen der Extremitäten, zum Theil auch tonische Contractionen der Extremitätenmuskulatur; am wirksamsten schien sich diese Reizung der peripheren Schnittfläche in mittlerer Höhe, also im Bereich der Haube, zu erweisen. Ausdrücklich füge ich hinzu, dass alle diese Effecte der faradischen Reizung, ausgenommen das Fortstürmen des Thieres, die Reizung nicht über-dauerten.

#### 4. Corpora quadrigemina postt.

Sobald ein Frontalschnitt hinter den vorderen Vierhügeln bis zur Basis geführt worden ist, fällt die Möglichkeit, durch Reizung des peripheren Stumpfes irgend welche Laufbewegungen mit Locomotion zu erzielen, weg. Tetanischer Krampf und Lauf- resp. Schlagbewe-gungen ohne Locomotion treten an Stelle der Laufbewegungen mit Locomotion. Im Einzelnen ergaben die Reizversuche an den hinteren Vierhügeln Folgendes:

Wiederum bleibt nur leiseste oberflächliche Berührung ganz effect-los. Jede stärkere Berührung, jede Zerrung und namentlich jeder stumpfe oder spitze Einstich in die Substanz eines hinteren Vier-hügels erzeugt ein ganz charakteristisches Bild: Die Wirbelsäule ver-biegt sich zur extremsten Lordose, der Kopf wird im Opisthotonus in den Rücken gebogen, dabei wendet sich die Schnauzenspitze in Folge einer gleichzeitigen Seitendrehung des Kopfes nach der Seite der Reizung, zuweilen senkt sie sich hierbei sogar zuerst etwas; indem sie aber dann den Opisthotonus mitmacht, beschreibt sie einen grossen Bogen und ist also schliesslich, wenn die obere Fläche des Kopfes dem Nacken aufliegt und die Kieferfläche nach oben sieht, nach der

der Reizung contralateralen Seite und zugleich nach hinten gerichtet. Seltener habe ich Kyphose im Lendentheil (Katzenbuckel) beobachtet. Auch eigenthümliche tetanische Zwischenstellungen des Rumpfes zwischen Lordose und Kyphose kommen vor. Pleurosthotonus ist, wie ich gegen Ferrier bemerke, selten, vielmehr fällt oft die Symmetrie des tonischen Krampfes am Rumpfe bei einseitiger hinterer Vierhügelreizung auf. Die Mundfacialis- und Trigeminusmuskulatur (Trismus) ist ab und zu betheiligt, öfter werden die Augen fest tonisch zugekniffen. Die Extremitäten werden in stärkster Extension tetanisch fast rechtwinklig vom Körper abgestreckt, seltener ist tetanische Vorstreckung der Vorderbeine und Zurückstreckung der Hinterbeine. Auch tetanische Flexion der Hinterbeine kommt vor. Dieser tetanische Krampf überdauert die Reizung, falls mit derselben auch nur eine geringe Läsion verbunden war, um mehrere Minuten. Hautreize verstärken ihn und können ihn, wenn er schon aufgehört hat, wieder hervorrufen. Der Tetanus der Extremitäten tritt entweder rechts und links gleichzeitig auf oder auf der Seite der Reizung etwas früher; zuweilen beschränkt er sich auf die Seite der Reizung. Wie bei den vorderen Vierhügeln sind seitliche und schiefe Stiche wirksamer, als senkrecht von oben geführte Stiche. Zuweilen verfliessen zwischen dem Stich und dem Beginn des Tetanus einige Secunden. Derselbe findet ganz in der beschriebenen Weise auch dann statt, wenn das ganze Grosshirn bis zu den hinteren Vierhügeln vorher vollständig ausgelöfft worden ist. Nachträgliche Abtragung der Kuppen der hinteren Vierhügel hebt den einmal ausgebrochenen Tetanus nicht auf, eben so wenig wie Abtragung der Kuppe der vorderen Vierhügel die locomotorischen Laufbewegungen aufhebt. Bei Nachlass des Tetanus stellen sich häufig Schlagbewegungen der Extremitäten ein, meist handelt es sich um symmetrische oder alterirende Hebungen der Vorderbeine oder Stossbewegungen der Hinterbeine.

Frontalschnitte durch den Hirnstamm im Gebiet der hinteren Vierhügel bewirken, wie Einstiche, denselben eben geschilderten Tetanus der Extremitäten, extremen Opisthotonus und meist ausgeprägte Lordose; oft sind auch Facialis und Trigeminus tonisch betheiligt. Ein Aufstürmen findet nicht statt, wohl aber kann einmaliges, mehr oder weniger heftiges Zusammenfahren und selten ein ganz momentaner Schrei, dem tetanischen Krampf vorangehen. Der letztere dauert mehrere Minuten lang; oft wird er schon früh ab und zu von Schlagbewegungen der Extremitäten unterbrochen, mit seinem Aufhören werden diese Schlagbewegungen heftiger. Das Thier liegt dann auf der Seite und anfallsweise, namentlich bei jedem neuen sensiblen

Reize, treten bald symmetrisch und dann sehr heftig, bald isolirt und schwächer, Schlag- und Laufbewegungen ohne Locomotion auf, welche bis zu  $\frac{1}{2}$  Stunde anhalten können. Je weiter hinten der Schnitt an der Basis erscheint, um so mehr überwiegen diese Schlagbewegungen über den Tetanus. Ist der Schnitt halbseitig ausgeführt worden, so findet eine Kopfdrehung nach der Seite des Schnittes neben dem Opisthotonus statt und der Extremitätentetanus überwiegt auf der Seite des Schnitts; auch die nachfolgenden Schlagbewegungen sind in diesem Falle oft gleichseitig etwas stärker.

Reizt man die Schnittfläche des peripheren Stumpfes unmittelbar nach einem Totalschnitt mit stumpfen Nadeln, so gelingt es ab und zu — namentlich von der Haubenregion aus — noch einzelne Schlagbewegungen der Extremitäten (und Schwanzhebungen) und zwar der Reizung gleichseitig, hervorzurufen.

Für das Verhalten der Pupillen habe ich eine bestimmte Regel noch nicht finden können. Neben den Schlagbewegungen kommt zuweilen ein Schütteln des Kopfes vor.

Faradische Reizung der Oberfläche der hinteren Vierhügel mit schwachen Strömen ist meist erfolglos; bei Anwendung starker Ströme stellt sich Kopfdrehung nach der Seite der Reizung ein und Schlag- und Stossbewegungen der Extremitäten.

---

### Zusammenfassung und Deutung der Versuchsergebnisse.

Aus den ehen geschilderten Versuchen ergeben sich folgende wichtige Sätze:

1. Mechanische und faradische Reizung des Corpus striatum, noch Totalschnitte im Niveau desselben erzeugen nur gelegentlich motorische Erscheinungen, und zwar lediglich einmalige Contraction oder die Reizung nicht überdauernde tonische Contractionen, wie sie auch bei gleicher Reizung der nahe gelegenen grossen motorischen Bahn beobachtet werden. Mastication und Flimmern der Facialismuskulatur bilden vielleicht eine Ausnahme. Die Contractionen überwiegen auf der der Reizung gegenüberliegenden Seite, die Kopfdrehung erfolgt gleichfalls nach der gekreuzten Seite (also ganz wie bei Reizung der vorderen motorischen Rindenregion). Dass in schwächerem Maasse neben den gekreuzten auch die gleichseitigen Facialismuskeln betheiligt werden, ferner dass die Hinterbeine sich am wenigsten betheiligen, stimmt alles mit meinen Beobachtungen bei Reizung der motorischen Rinde des Kaninchens überein. — Nur wenn die Schnitte den Opticus an der Basis verletzten, trat zuweilen (nicht stets) ein

Fortstürmen ein. Ein Nodus cursorius existirt nicht. Für den Linsenkern gilt dasselbe wie für den Schweifkern.

2. Mechanische und faradische Reizung des Sehhügels lösen öfter einmalige Contractionen oder tonische Contractionen, welche die Reizung nicht überdauern, der gekreuzten und gleichseitigen Körpermuskulatur aus; es kann bereits gelegentlich die gleichseitige Wirkung überwiegen.

Durchschneidungen des Hirnstamms im Gebiet der Sehhügel — namentlich in ihren hinteren Theilen —, sowie im Gebiet der vorderen Vierbügel lösen, wenn sie an der Basis nicht vor dem Chiasma und nicht hinter der Ponsmitte erscheinen, regelmässig stürmische Laufbewegungen mit Locomotion und Schreien aus, an welche secundär ein tetanischer Krampf\*) und vereinzelte Schlagbewegungen in loco sich anschliessen können. Am heftigsten sind die locomotorischen Erscheinungen, wenn die Haubenregion unter den vorderen Vierbügeln und das Corp. geniculatum int. Angriffspunkte des Reizes sind.

Mechanische und faradische Oberflächenreizung der vorderen Vierbügel bewirken Respirationsbeschleunigung, Brummen oder Quiexsen, Schwanzhebungen, Nystagmus, Pfotenspreizung und schliesslich gleichfalls stürmische Locomotion.

Diese locomotorischen Laufbewegungen überdauern die Reizung etwas. Bald überwiegen sie in der gekreuzten, bald in der gleichseitigen Muskulatur.

3. Jegliche Reizung im Gebiet der hinteren Vierbügel, namentlich mechanische, löst einen tetanischen Krampf und nachfolgende Schlagbewegungen ohne Locomotion aus. Mit dem Eintritt in das hintere Vierbügelgebiet prävaliren die gleichseitigen motorischen Effecte ganz entschieden; die Kopfdrehung im tetanischen Krampf erfolgt nach der Seite der Reizung\*\*); bei den Vorderbeinen herrscht Extension entschieden vor. Bezeichnend ist ferner, dass dieser tetanische Krampf den Reiz minutenlang überdauert; es gilt dies sowohl für mechanische Reizung, bei welcher freilich von einem Auf-

---

\*) Das Wort „Krampf“ wird, wo es sich um experimentell mechanisch oder faradisch erzeugte motorische Zustände handelt, am besten nur dann gebraucht, wenn die motorischen Erscheinungen den ersten Reiz überdauern.

\*\*) Die Deviation der Augen und Nystagmus kommen aus leicht erklären Gründen bei Totalschnitten nicht zur Beobachtung. Das Prävaliren der gleichseitigen Wirkungen. vor Allem der gleichseitigen Kopfdrehung hat Ferrier bei Reizung der hinteren Vierbügel seltsamer Weise übersehen.

hören des Reizes wegen der gesetzten Läsion nicht wohl gesprochen werden kann, wie auch in geringerem Maasse für faradische Reizung. — Die an den tetanischen Krampf sich anschliessenden resp. ihn zuweilen auch unterbrechenden Schlagbewegungen entsprechen ganz den von Binswanger bei Durchschneidungen im Gebiet der Rautengrube beobachteten.

Die Deutung dieser Versuchsergebnisse hat von der Frage auszugehen, ob die beobachteten motorischen Reizeffekte — locomotorische Laufbewegungen im Gebiet der Sehhügel und der vorderen Vierhügel und tetanischer Krampf im Gebiet der hinteren Vierhügel — reflectorischen Ursprungs sind oder nicht. Für die Lauf resp. Schlagbewegungen ohne Locomotion bei Reizung des Hirnstamms im Gebiet der Rautengrube hat Binswanger einen reflectorischen Ursprung nachgewiesen. Schon aus Analogiegründen wird man also für die von mir beobachteten Bewegungerscheinungen gleichfalls zunächst reflectorischen Ursprung vermuten. Auch sind die von Nothnagel<sup>1\*)</sup> herbeigezogenen Argumente gegen die Annahme einer directen Reizung motorischer Ganglienzellen oder motorischer Bahnen zu berücksichtigen. Vor allem scheint mir die Thatsache wichtig, dass mechanische Reizung ebenso wirksam oder noch wirksamer ist, als faradische Reizung: es spricht dies nach unseren Erfahrungen mehr für Reizung sensibler Elemente, also reflectorische Reizung, und gegen Reizung motorischer Elemente. Es ist mir also ein reflectorischer Ursprung der obigen Bewegungerscheinungen durchaus wahrscheinlich, ohne dass ich einen absolut stringirenden Beweis erbringen könnte. Auch für die totalen Durchschneidungen möchte ich einen reflectorischen Ursprung der der Durchschneidung folgenden Bewegungerscheinungen annehmen, obwohl hier das schon von Binswanger erhobene Bedenken auftaucht, dass eine reflectorische Reizung des peripheren Stumpfes bei vollständigen Durchschneidungen nur dann denkbar ist, wenn die gereizte sensible oder sensorische Bahn einen paradoxen, d. h. centrifugalen Verlauf hat. In der aufsteigenden Trigeminuswurzel bot sich B. eine solche Bahn zur Erklärung der von ihm beobachteten Bewegungerscheinungen dar. Es liegt nahe, an die Bahn der Nervi resp. Tractus optici zur Erklärung wenigstens der locomotorischen Laufbewegungen in meinen Versuchen zu denken; nehmen doch auch diese, verglichen mit dem übrigen Hirnstamm, einen paradoxen Verlauf, so dass ein Schnitt, welcher im Gebiet der Thalami optici oder Corpora quadrigemina ant. den Hirnstamm durch-

---

<sup>1\*)</sup> Virchow's Archiv Bd. 44.

trennt, das centrale Stück des Opticusverlaufs im peripheren Hirnstumpf lässt. In der That bin ich auch geneigt, anzunehmen, dass die stürmischen Laufbewegungen mit Locomotion zu einem wesentlichen Theil auf einer Reizung des Tractus opticus in seinem Verlauf vom Chiasma bis zum Pulvinar, Corp. geniculatum anter. und Corp. quadrigemina ant. beruhen. Hierfür sprechen namentlich auch die S. 880 mitgetheilten Beobachtungen. Ich habe in der Hoffnung, neuen Aufschluss zu erhalten, öfter einen Nerv. opticus oder beide vor dem Chiasma durchschnitten: zuweilen erhält man hiernach gleichfalls stürmische Laufbewegungen mit Locomotion, die zwar meist schwächer sind, aber sich qualitativ von dem Fortstürmen des Thieres nach Sehhügel und vorderer Vierhügeldurchschniedung nicht unterscheiden. aber ebenso oft bleiben diese Erscheinungen auch aus, so dass entweder nur ein leichtes Zusammenfahren oder ein momentanes Blinzeln mit Nystagmus erfolgt. Diesen Unterschied zu erklären, bieten sich zwei Wege, welche nach meiner Meinung beide zutreffen: erstens ist eben die Opticusbahn, wenn auch die wichtigste, so doch nicht die einzige, auf welcher in meinen Versuchen reflectorisch-locomotorische Laufbewegungen ausgelöst wurden, und zweitens scheint auch in anderen Fällen derselbe centripetaleitende Nerv in seinem extracerebralen Lauf weniger reizempfänglich, als in seinem intracerebralen Verlauf. Ich erinnere nur an die Thatsache, dass die bei mechanischer Reizung der Hinterstränge ausgelösten reflectorischen Bewegungerscheinungen erheblich stärker zu sein pflegen, als die Reflexbewegungen, welche auf mechanische Reizung hinterer Wurzeln erfolgen.

Welche sensorische oder sensible Bahn für den bei Reizungen im Gebiet der hinteren Vierhügel auftretenden tetanischen Krampf in Betracht kommt, ist noch schwerer zu entscheiden. Ich habe, um mir hier Klarheit über die anatomisch in Betracht kommenden Stellen zu verschaffen, die Veröffentlichung der oben mitgetheilten Versuche, — eine kurze Mittheilung derselben war bereits auf der Wanderversammlung südwestdeutscher Neurologen und Irrenärzte 1888 erfolgt — anderthalb Jahre aufgeschoben und durch immer neue Variationen der Schnittrichtung etc. festzustellen versucht, welche Bahn im hinteren Vierhügelgebiet jenen tetanischen Krampf auslöst. Indessen ich muss gestehen, dass ich meine Reizungen nicht circumscrip<sup>t</sup> genug localisiren konnte für die kleinen Verhältnisse des Kaninchengehirns. Dass die Bahnen des Fusses nicht in Betracht kommen, kann ich mit Bestimmtheit angeben; es wird also auf Bahnen der Haube zu recurriren sein. Namentlich dürfte vielleicht der in der Haube ver-

laufenden und zum Corp. geniculatum int. und Corp. quadrigemina post. ziehenden Acusticusbahn Bedeutung zukommen.

Während also eine genauere anatomische Bestimmung der den Reiz aufnehmenden Bahn für die Laufbewegungen nur mit einiger Wahrscheinlichkeit, für den tetanischen Krampf gar nicht gegeben werden kann, lässt sich über den Uebertragungsort des Reizes auf die motorische Bahn wenigstens bestimmt sagen, dass die Vierhügelkerne selbst nicht Stätte der Uebertragung sind; hiergegen sprechen ganz entscheidend die Versuche, in welchen trotz Abtragung aller Vierhügelkuppen der tetanische Krampf und die Laufbewegungen unvermindert fortbestanden resp. auftraten. Es ist also wohl eher an die Kniehöcker oder die grauen Massen der Haube zu denken. Dem Kleinhirn kommt, wie Controlversuche ergaben, keine Bedeutung zu.

Endlich kann ich auch bezüglich der motorischen Bahn nur die negative Bestimmung geben, dass die Pyramidenbahn nicht die bezüglichen Impulse der Körpermuskulatur zuleiten kann, da ihr Verbindungen mit sensibeln Haubenbahnen auch beim Kaninchen fehlen, und die Reizeffecte vorwiegend gleichseitige sind.

Nach allem Vorhergehenden wird man mir wohl nicht zumuthen etwa in den Sehlügeln und vorderen Vierhügeln ein „Centrum des tonischen Krampfes“ anzunehmen. Es tritt hier die Einschränkung in Kraft, die ich mir von Anfang an auferlegte, als ich die geschilderte Versuchsanordnung wählte. In den meisten meiner Versuche wurde vorher oder durch die Reizung selbst (Durchschneidungsversuche) die ganze vor dem Reizgebiet gelegene Grosshirnmasse entfernt. Ich gewann so die Möglichkeit streng localisirter Reizung und konnte eine Beteiligung der Grosshirnrinde bei den Reizeffecten, die ich beobachtet, eliminiren. Andererseits waren so für die Hirntheile, die ich reizte, ganz abnorme Bedingungen geschaffen; „Hemmungen“ waren damit in grosser Zahl erzeugt und fortgefallen. Es genügt mir nun zunächst vollständig die Reaction der bezüglichen Hirntheile auf mechanische und faradische Reize unter diesen abnormen Bedingungen exact festgestellt zu haben; es beanspruchen meine Versuche also nicht mehr Bedeutung für die Physiologie dieser Hirntheile als etwa Reizungsversuche an dem vom Gehirn getrennten Rückenmark für die Physiologie dieses letzteren. Nur die eine wichtige That-sache, von der ich mich oft überzeugt habe, muss ich hervorheben, dass nämlich die Laufbewegungen mit Locomotion bei mechanischer Reizung der vorderen und der tetanische Krampf bei mechanischer Reizung der hinteren Vierhügel auch dann auftreten, wenn das Gross-

hirn vorher nicht ausgeschaltet worden ist, die reizende stumpfe Nadel also zwischen den Hemisphären eingeführt worden ist. Ich wiederhole nochmals, dass sich diese Methode zum genauen Studium der Erscheinungen wegen des Unsicherheit des Reizortes nicht eignet, aber die einfache Thatsache, dass ganz gleiche motorische Effecte auch eintreten, wenn die Vierhügel etc. in ihrem physiologischen Zusammenhang mit dem Grosshirn geblieben sind, ist doch von fundamentaler Bedeutung. Es geht daraus hervor, dass die beobachteten motorischen Erscheinungen nicht lediglich auf einem Wegfall von Hemmungen\*) etc. beruhen, sondern doch in einem gewissen Zusammenhange mit der Function dieser Hirntheile stehen. Speciell dürfte dies für die Laufbewegungen mit Locomotion und die zugehörigen Affectbewegungen (Schreien, Brummen, Schwanzheben etc.) gelten, während in dem geschilderten tetanischen Krampf offenbar eine ganz pathologische oder abnorme Verzerrung unbekannter physiologischer Functionen vorliegt. Auch für die Laufbewegungen möchte ich übrigens meine Ergebnisse in Analogie zu den Ergebnissen Owsjannikow's über verallgemeinerte Reflexe in der Oblongata mit gänzlicher Vermeidung des Wortes „Centrum“ dahin formuliren, dass Laufbewegungen mit Locomotion, welche sich von den verallgemeinerten Reflexen Owsjannikow's eben gerade durch die Ortsveränderung und die auf stete Erhaltung des aufrechten Stehens resp. Sitzens gerichtete Coordination unterscheiden, nur dann nach Exstirpation des Grosshirns noch zu erzielen sind, wenn mit dem peripheren Stumpf noch der unter den vorderen Vierhügeln gelegene Hirnstamm ganz oder theilweise zusammenhängt. Nur mit grösster Reserve möchte ich auch hier von Niveauzentren höherer Coordination sprechen.

Bezüglich des tetanischen Krampfes, der bei Reizung im hinteren Vierhügelgebiet auftrat, ist es unabweislich des früher von mir erwiesenen, auch für die Hirnrinde des Kaninchens geltenden Satzes zu gedenken, wonach die bei faradischer Rindenreizung auftretenden clonisch-tonischen Krämpfe in ihrem clonischen Theil corticalen, in ihrem tonischen infracorticalen Ursprungs sind. Ich wusste damals noch nicht, ob es gelingen würde, einen infracorticalen gelegenen Ort im Gehirn zu finden, der auf Reizung mit tonischem Krampfe antwortet. Jetzt ist im Brücken- und hinteren Vierhügelgebiet des Kaninchens ein Ort gefunden, welcher auf mechanische und faradische Reize (wahrscheinlich reflectorisch) mit einem ganz exquisit tonischen, die Reizung überdauernden Krampf antwortet. Die Möglich-

---

\*) Verstärkend mag derselbe vielleicht wirken.

keit, dass dieser Ort derselbe ist, welcher bei faradischer Reizung, indirect erregt, der tonischen Componente des sogenannten Rindenkrampfes den Ursprung giebt, leuchtet ein.

Zugleich erhellte, auf wie schwachen Füssen jene z. B. von Unverricht verfochtene Theorie des ausschliesslich corticalen Ursprungs der genuinen menschlichen Epilepsie steht. Diese Ansicht überträgt erstens willkürlich Ergebnisse von Thierversuchen auf den Menschen und zweitens sind diese Thierversuche unvollständig und einseitig angestellt. Die Thatsache, dass ein anhaltender heftiger tetanischer Krampf nach Wegnahme des ganzen Grosshirns bis zu den hinteren Vierhügeln überhaupt auftritt (ohne Zuhilfenahme chemischer Reize), sollte die Specialisten der Hirnrindenepilepsie doch etwas vorsichtiger machen. Herrn Prof. Unverricht muss ich bei dieser Gelegenheit wiederum berichtigen. Ich hatte betont, dass U. in seiner ersten Arbeit\*) von Krämpfen schlechtweg sprach, also die Ausdrücke clonisch und tonisch ganz promiscue brauchte, während er in seiner neueren Arbeit\*\*) lediglich von clonischen Krämpfen spricht: die tonischen scheinen plötzlich völlig verschwunden aus dem Bilde des corticalen Krampfes. Es erweckt dies den Anschein, als ob U. für den clonischen Krampf die corticale Genese festgestellt habe. Dies ist falsch. Unverricht hat die Versuche Luciani's wiederholt und bestätigt und sein Resultat dahin formulirt, der clonisch-tonische Krampf sei corticalen Ursprungs. Dass er unvorsichtig diesen Schluss sofort auf die menschliche Epilepsie zu übertragen geneigt war, kann hier übergangen werden. Ich wies dann nach, dass die tonische Componente infracorticalen Ursprungs sei. Wenn U. aus seiner älteren Arbeit eine Reihe Citate zusammenstellt\*\*), in welchen er bereits von clonischen Krämpfen gesprochen hat, so beweist dies gar nichts: er hätte beweisen müssen, dass er schon in seiner älteren Arbeit wie in seiner neueren nur von clonischen Krämpfen gesprochen habe. Der von mir behauptete Unterschied zwischen den beiden Arbeiten U.'s besteht in der That, wovon U. sich durch „aufmerksame“ Lecture seiner Arbeiten jederzeit überzeugen kann. Ich habe U.'s Bemerkungen bis heute ignorirt, da sie sachlich inhaltslos waren und ich nur im Anschluss an eigene sachliche Untersuchungen mir eine kurze kritische Bemerkung gestatten wollte. U. erklärt den bei faradischer Rindenreizung beobachteten tonischen Krampf lediglich für eine Steigerung des clo-

\*) Dieses Archiv Bd. XIV.

\*\*) Verhandlungen des Congresses f. innere Medicin zu Wiesbaden 1887.

\*\*\*) Dieses Archiv Bd. XIX.

nischen. Diese Anschauung ist unhaltbar. Zunächst bestreite ich selbstverständlich nicht, dass der tonische Krampf gleichfalls durch Summation sehr rasch aufeinander folgender clonischer Zuckungen entsteht; es fällt mir also gar nicht ein, einen prinzipiellen Gegensatz zwischen Tonus und Clonus behaupten zu wollen. Ich behaupte nur, der tonische Krampf in dem durch faradische Rindenreizung erzeugten Anfall entsteht nicht durch Summation der corticalen clonischen Zuckungen dieses Anfalles, sondern ganz unabhängig von diesen infracortical. Der Beweis liegt, abgesehen von dem Augenschein, dass die tonische Componente nicht etwa zugleich mit rascherer Aufeinanderfolge der clonischen Zuckungen auftritt, namentlich in der Thatsache, dass eine Extremität, deren zugehörige corticale Region völlig exstirpiert ist, den noch dazu ganz eigenartigen Clonus bei faradischer Hirnrindenreizung nicht mehr zeigt, wohl aber noch den erwähnten tonischen Krampf; der letztere ist also infracorticalen Ursprungs. Während die bei faradischer Rindenreizung auftretenden clonischen Erregungen der Rinde keine oder sehr geringe Neigung zu tonischer Summation besitzen, summiren sich die clonischen Erregungen, welche in den infracorticalen Centren auftreten, äusserst rasch zu einer tonischen Erregung. Der bei Reizung im hinteren Vierhügelgebiet auftretende Tetanus summirt sich wahrscheinlich auch aus rasch aufeinander folgenden clonischen Erregungen, aber eben diese äusserst rasche Summation, welche einen Clonus gar nicht zur Beobachtung kommen lässt, ist charakteristisch für den Krampf bei infracorticaler Reizung, ebenso wie ihr Ausbleiben charakteristisch ist für den Krampf bei rein corticaler Erregung.

---