

AUS DEM HIRNANATOMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH.
(PROF. DR. V. MONAKOW).

Experimentelle Untersuchungen
über die
Beziehungen der Grosshirnrinde und der Netzhaut
zu den primären optischen Zentren,
besonders zum Corpus geniculatum externum

Habilitationsschrift

der hohen medizinischen Fakultät der Universität Zürich

im Januar 1913

vorgelegt von.

Dr. med. M. Minkowski

Assistent am hirnanatomischen Institut und an der
Nervenpoliklinik der Universität Zürich

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913

AUS DEM HIRNANATOMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH
(PROF. DR. V. MONAKOW).

Experimentelle Untersuchungen
über die
Beziehungen der Grosshirnrinde und der Netzhaut
zu den primären optischen Zentren,
besonders zum Corpus geniculatum externum

Habilitationsschrift

der hohen medizinischen Fakultät der Universität Zürich

im Januar 1913

vorgelegt von

Dr. med. M. Minkowski

Assistent am hirnanatomischen Institut und an der
Nervenpoliklinik der Universität Zürich

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913

ISBN 978-3-662-29846-6 ISBN 978-3-662-29990-6 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-29990-6

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	1
II. Historisches über die optischen Bahnen und Zentren	3
III. Methoden der Funktionsprüfung	15
IV. Normal-anatomisches über die Area striata und das Corpus geniculatum externum der Katze	17
V. Experimentelles	28
a) Fragestellung	28
b) Operative Technik	30
c) Grosse partielle Exstirpationen der Area striata	31
Versuch 1	31
Versuch 2	42
Versuch 3	50
Zusammenfassung	52
d) Kleine Exstirpationen aus dem Bereich der Area striata	54
Versuch 4	54
Versuch 5	56
Zusammenfassung	58
e) Exstirpationen aus der 2. Windung (Gyr. suprasylvius) der Konvexität des Okzipitallappens	60
Versuch 6	60
Versuch 7	64
Zusammenfassung	66
f) Totale Exstirpation der Area striata	67
Versuch 8	67
g) Enukleationen der Augen	73
Doppelseitige Enukleation, Versuch 9	73
Einseitige Enukleation, Versuch 10	79
Zusammenfassung	83
VI. Allgemeine Betrachtungen	85
Literaturverzeichnis	102

I. Einleitung.

Die in dieser Arbeit niedergelegten experimentell-anatomischen Untersuchungen über die Beziehungen der Grosshirnrinde und der Netzhaut zu den primären optischen Zentren, besonders zum Corpus geniculatum externum bei der Katze bilden eine Fortsetzung von experimentellen Untersuchungen an Hunden, deren Ergebnisse ich in einem Vortrag „Zur Physiologie der kortikalen Sehsphäre“ (Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde, 1911. Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Nervenärzte, S. 109—118) und später in einer ausführlichen Publikation „Zur Physiologie der Sehsphäre“ (Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. 141, S. 171—327) mitgeteilt habe. Hatten für mich damals physiologische Fragestellungen und Gesichtspunkte im Vordergrund gestanden, so war ich doch bestrebt, auch die anatomischen Verhältnisse nach Möglichkeit zu berücksichtigen; ich war mir stets dessen bewusst, dass eine strenge anatomische Kontrolle der ausgeführten Operationen notwendig ist, wenn man daraus lokalisatorische Schlüsse ziehen will, und ich habe daher in einer Reihe von Fällen Frontalserien angelegt, um den wirklichen Umfang der Operationen genau zu bestimmen; auch durch Heranziehung der Ergebnisse der zytoarchitektonischen Erforschung der Grosshirnrinde (Campbell, Brodmann u. a.) suchte ich anatomische Momente für die experimentelle Forschung fruchtbar zu machen; dieser Kombination von physiologischen und anatomischen Methoden glaube ich es auch hauptsächlich zu verdanken, wenn es mir gelungen ist, zu einer anscheinend widerspruchslosen Auffassung zu gelangen.

Es hatte sich damals ergeben, dass „die physiologische Sehsphäre oder das optisch-sensorische Feld sich mit der Area striata deckt“, dass „von der ganzen Rinde nur dieses

zytoarchitektonisch eigenartige Gebiet zur ersten Rezeption von optischen Eindrücken befähigt ist“¹⁾, während „die zweite Urwindung (Gyr. ectolateral et suprasylvius)“, welche Munk noch zur Sehsphäre hinzugerechnet hat, „überhaupt nicht zur Sehsphäre s. str. gehört“²⁾; ich stützte mich dabei auf die Tatsache, dass nur von der Area striata aus, welche beim Hund hauptsächlich die mediale und basal-zerebellare Fläche des Okzipitallappens einnimmt, dauernde und bei ihrer totalen Exstirpation anscheinend maximale, von der Hirnrinde überhaupt erreichbare Sehstörungen herbeigeführt werden, während im Gegensatz dazu Exstirpationen an der Konvexität des Okzipitallappens (darunter auch solche der Stelle A₁ von Munk), wenn sie tatsächlich auf die Rinde beschränkt bleiben und nicht durch tiefgreifende Herde auch das sagittale Mark lädieren, keine oder nur vorübergehende Sehstörungen herbeiführen. Bezüglich der Bedeutung der Stelle A₁, welche nach Munk gewissermassen den zentralen Punkt der Sehsphäre bildet, war ich zu dem völlig negativen Ergebnis gelangt, dass sie „weder als Sitz einer kortikalen Vertretung der Stelle des deutlichsten Sehens noch als Stätte von lokal deponierten optischen Erinnerungsbildern anzusehen ist“³⁾. Um der Frage der Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde nachzugehen, hatte ich grössere und kleinere partielle Exstirpationen der Area striata ausgeführt und mich davon überzeugt, dass „eine konstante Projektion der Netzhaut auf die Sehirnrinde besteht, und zwar so, dass im vorderen Teil derselben die oberen, im hinteren die unteren Teile der Netzhaut vertreten sind“⁴⁾.

Durch diese physiologischen Feststellungen war das Problem keineswegs erschöpft; es galt nun für sie exakte anatomische Grundlagen zu liefern. Das Studium der bahnbrechenden anatomischen Arbeiten v. Monakows über die Beziehungen der Grosshirnrinde zu den infrakortikalen optischen Zentren (Corp. gen. ext., Pulvinar, Corp. quadr. ant.) und zum N. opticus hat mir einen Weg gewiesen, auf dem ich dies zu erreichen hoffte: der physiologischen Beobachtung an lebenden Tieren musste eine gründliche anatomische Untersuchung der operierten Gehirne folgen, wobei nicht nur der wirkliche Umfang der Operation festgestellt, sondern auch die sekundären Degenerationen in den sub-

1) Pflügers Arch. Bd. 141. S. 268.

2) A. a. O. S. 236.

3) A. a. O. S. 220.

4) A. a. O. S. 306. Näheres über die Projektionsfrage muss im Original nachgelesen werden.

kortikalen optischen Zentren, besonders im Corpus geniculatum externum, an Serienschnitten systematisch studiert wurden.

Der Mitteilung meiner diesbezüglichen Ergebnisse will ich eine kurze historische Betrachtung vorausschicken.

II. Historisches über die optischen Bahnen und Zentren.

Die ersten Kenntnisse über die optischen Bahnen und Zentren verdanken wir der Untersuchung von menschlichen Gehirnen nach peripherer, meistens einseitiger Blindheit. Das ungekreuzte Traktusbündel beim Menschen ist bekanntlich von Vesal entdeckt worden, und lange Zeit danach haben sich die Autoren nur mit den anatomischen Verhältnissen im Nerven und Tractus opticus beschäftigt, ohne über die primären optischen Zentren etwas anzugeben. Noethig und Soemmerig¹⁾ waren meines Wissens die ersten, die nach einseitiger Bulbuszerstörung bei der Katze, beim Hund, beim Pferd und beim Menschen eine Atrophie in den hinteren Thalamuspartien gefunden haben. Gall²⁾ hat kurz angegeben, dass eine Atrophie des N. opticus stets eine erhebliche Verkleinerung des kontralateralen vorderen Zweihügels zur Folge hat, während Curveilhier³⁾ wohl als erster eine Atrophie des Corpus geniculatum externum beim peripherblinden Menschen beschrieben hat; ähnliche Beobachtungen machte später Lelut⁴⁾.

Panizza⁵⁾ fand nach Enukleation eines Bulbus beim Kaninchen und Hund eine Atrophie im ganzen Thalamus opticus, im Corp. geniculat. ext., in den Vierhügeln, im lateralen Pedunkulusstiel; eine systematische experimentell-anatomische Erforschung der optischen Bahnen und Zentren beginnt erst mit den Arbeiten von Gudden.

Gudden⁶⁾ hat die wichtige und fruchtbare Methode der Operationen an neugeborenen Tieren eingeführt. Nach Enukleation eines Bulbus beim neugeborenen Kaninchen konnte er ein Zurückbleiben des gekreuzten Corpus quadrigeminum anterius feststellen; er führte sie auf eine durch die Enukleation bedingte Hemmung in der Entwicklung

1) Noethig et Soemmerig, De decussatione nerv. optic. Moguntiae 1786.

2) Gall, Anatomie et physiologie du système nerveux etc. Paris 1825. S. 82.

3) Curveilhier, Anat. descript. T. IV. S. 888. Paris 1836.

4) Lelut, Journal hebdomadaire. T. XIII. N. 168.

5) Panizza, Osservazioni sul nervo ottico. 1855. Memorie dell' Istituto lombardo.

6) Gudden, Experimentaluntersuchungen über das periphere und zentrale Nervensystem. Arch. f. Psychiatrie. Bd. 2. 1869.

dieses Gebildes zurück. In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis tritt nach Zerstörung eines Corpus quadrig. ant. auch ein Zurückbleiben in der Entwicklung des gekreuzten N. opticus auf¹⁾; letzterer geht sogar total zugrunde, wenn man nicht bloss den vorderen Hügel des Corp. quadrig. oberflächlich abträgt, sondern „den ganzen Hügel samt dem Corp. genic. ext. und dem Thalamus fortnimmt“²⁾. Zum ersten Mal finden wir hier eine präzise Angabe über die primären optischen Zentren, „Die Zentralorgane des N. opt.“ befinden sich nach Gudden „in den vorderen Hügeln, den Corp. genic. ext. und in noch näher zu umgrenzenden Teilen der Thalami“. Fortnahme des vorderen Hügels beim Kaninchen ruft unvollständige, Fortnahme sämtlicher Zentren dagegen vollständige Atrophie der Sehnerven hervor. Auch beim Hund ruft die Enukleation eines Bulbus eine Entwicklungshemmung in den primären optischen Zentren (Corp. quadrig. ant., Corp. genic. ext., Thalamus) hervor, nur verteilt sich letztere entsprechend der unvollständigen Kreuzung der Sehnerven im Chiasma des Hundes auf die primären optischen Zentren beider Seiten, auf die gekreuzte stärker als auf die gleichseitige³⁾. Sowohl beim Kaninchen wie beim Hund bleibt nach doppelseitiger Enukleation im Chiasma und im Tractus opticus ein Faserbündel, die Commissura inferior, erhalten, die nach Gudden „in keiner physiologischen Beziehung zu den Sehnerven steht, vielmehr in ihrer Existenz von diesen durchaus unabhängig ist“. In späteren Arbeiten hat sich Gudden hauptsächlich mit dem Chiasma beschäftigt; die von ihm nachgewiesene unvollständige Kreuzung der Optikusfasern im Chiasma des Hundes wurde von Reich⁴⁾ bestätigt. Die Guddenschen Untersuchungen haben zu unseren Kenntnissen über das periphere optische Neuron, die Kreuzung der Nervenfasern im Chiasma und die Beziehungen des Traktus zu den primären optischen Zentren wertvolle Beiträge geliefert; über eine Abhängigkeit der primären optischen Zentren vom Grosshirn finden wir darin nur spärliche Angaben. Zwar hat Gudden in einem Fall von Exstirpation der Parietokzipitalwindungen (mit Eröffnung des Ventrikels) bei einem neugeborenen Hunde⁵⁾ eine Atrophie des zugehörigen Tractus opt. und Corp. gen. ext. gesehen; er deutete letztere jedoch als zufällige Erscheinung,

¹⁾ l. c. S. 720.

²⁾ Gudden, Über die Kreuzung der Nervenfasern im Chiasma nerv. optic. Graefes Arch. Bd. 20.

³⁾ Gudden, Über die Kreuzung der Fasern im Chiasma nerv. optico-
Graefes Arch. f. Ophth. Bd. 20. S. 263.

⁴⁾ Reich, Zentralblatt für die medizinischen Wissenschaften. 1875.

⁵⁾ Die Exstirpation war zu einem ganz anderen Zweck vorgenommen worden.

welche durch Druck des hydropischen Ergusses in dem eröffneten Ventrikel auf die primären optischen Zentren bedingt war und bemerkte, dass man „fehlgehen würde, wollte man sie in direkten Zusammenhang mit der Abtragung der unter dem Scheitelbein gelegenen Windungen der Grosshirnhemisphäre bringen“¹⁾. Zu einer derartigen Deutung veranlasste ihn seine allgemeine sicher irrige Auffassung, wonach von zwei Zentralorganen, „wenn eines zerstört wird, das andere nur dann atrophiert, wenn es nicht das erregende, sondern das erregte ist“. In einer späteren Arbeit²⁾ gibt er an, dass nach Exstirpation einer Grosshirnhemisphäre der zugehörige Thalamus opticus atrophiert; „ferner atrophieren danach das zum Tuberculum anterius gehende Hemisphärenbündel, dessen genauerer Verlauf noch erforscht werden muss, die bezügliche Nervenzellengruppe des Tuberculum anterius, des Vicq d'Azyr'schen Bündels, das mediale Ganglion des Corpus mamillare, das Haubenbündel“.

Die Gudden'schen Arbeiten enthalten durchweg nur makroskopische Befunde; die mikroskopische Erforschung der optischen Bahnen und Zentren, speziell der primären optischen Zentren, blieb späteren Untersuchern vorbehalten.

Tartuferi war meines Wissens der erste, der die Veränderungen in den primären optischen Zentren nach experimentellen Eingriffen mikroskopisch studiert hat³⁾. Bei neugeborenen oder ganz jungen (ca. dreiwöchentlichen) Kaninchen hat er einen Bulbus enukleiert und die Tiere danach 7—11 Monate am Leben gelassen. Das Kaninchen ist für solche Versuche das geeignetste Tier, da wegen der fast vollständigen Kreuzung der Optikusfasern im Chiasma nur die gekreuzten primären optischen Ganglien danach Veränderungen zeigen, während die gleichseitigen normal bleiben; die deutlichsten und wichtigsten Veränderungen fand er danach im gekreuzten vorderen Zweihügel, von dessen Struktur er eine musterhafte Beschreibung gibt⁴⁾. In letzterem erfährt die oberflächliche Portion der „oberflächlichen weissgrauen Lage“ (strato

¹⁾ Über die Kreuzung der Nervenfasern im Chiasma Nervorum opticorum. Graefes Arch. f. Ophth. Bd. 21. 1876. S. 202.

²⁾ Beitrag zur Kenntnis des Corpus mamillare und der sogenannten Schenkel des Fornix. Arch. f. Psych. Bd. 11. 1880.

³⁾ Vorher hatte er über das Corp. gen. ext. der Säuger vergleichend-anatomische Untersuchungen angestellt. I corpi genicolati dei mammiferi studiati nei loro rapporti colle fibre del tratto ottico e nelle loro forme cellulari. 1880. Comm. prev. al Congresso di Freniatria di Reggio-Emilia.

⁴⁾ Tartuferi, Contributo anatomico sperimentale alla conoscenza del tratto ottico e degli organi centrali dell' apparato della visione. Torino 1881.

bianco-cinereo superficiale — oberflächliches Mark und Grau der neueren Autoren) eine hochgradige Reduktion, welche Tartuferi auf partielle Degeneration und sukzessiven partiellen Schwund von Fasern zurückführt; auch die Cappa cinerea ist erheblich reduziert, während die tiefe Portion der „oberflächlichen weissgrauen Lage“ (mittleres Mark und Grau), „die tiefe weissgraue Lage“ (Strato bianco-cinereo profondo — tiefes Mark und Grau) und das zentrale Grau des Aquaeductus Sylvii (Grigio centrale) keine wesentlichen Veränderungen zeigen. Über die zonalen Fasern (fibrille periferiche) enthält sich Tartuferi eines sicheren Urteils. In der Eminentia thalamo-geniculata¹⁾ findet er eine allgemeine Atrophie; letztere ist jedoch hauptsächlich durch den Schwund von Traktusfasern bedingt, welche seine äussere Bekleidung bilden, während die ganze Substanz eine nur geringe Reduktion erfährt. Im Gegensatz zu der Veränderung im vorderen Zweihügel, die er als eigentliche Degeneration betrachtet, sieht Tartuferi in der Eminentia thalamo-geniculata nur eine Entwicklungshemmung. Tartuferi neigt daher zu der Annahme, dass der vordere Zweihügel (speziell das oberflächliche Mark und Grau) das eigentliche Sehzentrum bildet (Centro visivo), nach welchem die Netzhautreize direkt zentripetal geleitet werden, wo sie transformiert und „reflektiert“ werden, indem sie von da aus (hauptsächlich durch Vermittlung des mittleren Marks und Graus) nach den weniger wichtigen Sehzentren: der Eminentia thalamo-geniculata (Centro ottico), dem zentralen Grau und dem Cortex weiter geleitet werden²⁾.

Einen wertvollen Beitrag zur experimentellen und mikroskopischen Erforschung der optischen Bahnen und Zentren hat dann Ganser³⁾ geliefert. Er hat bei einer neugeborenen Katze durch einseitige Bulbusenukleation und Zerstörung des gleichseitigen Tractus opt. das ungekreuzte Traktusbündel der anderen Seite isoliert zur Darstellung gebracht und sich davon überzeugt, dass es sowohl im Chiasma wie im Nerv als geschlossenes Bündel, entlang dem lateralen Rande beider verläuft, er hat auch die Veränderungen in der Netzhaut mikroskopisch

¹⁾ Das Corp. gen. ext. des Kaninchens und der Katze besteht, wie wir heute wissen, aus einem dorsalen grosszelligen und einem ventralen kleinzelligen Kern. Tartuferi betrachtet nur letzteren als das eigentliche Corp. gen. ext., während er den dorsalen Kern als Tuberculum posterius thalami bezeichnet und ihn für ein Homologon des Pulvinars der Primaten hält. Die beiden Kerne nebst ihrer Markkapsel bezeichnet er als Eminentia thalamo-geniculata.

²⁾ Die Leitungsverhältnisse werden von Tartuferi durch ein Schema illustriert.

³⁾ Ganser, Über die periphere und zentrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corpus bigeminum anterius. Arch. f. Psych. Bd. 13. 1882.

studiert und gefunden, dass entsprechend dem erhaltenen ungekreuzten Optikusbündel auch die Nervenfasern und Ganglienzellen temporalwärts von der Papille erhalten blieben, während sie nasalwärts davon zugrunde gingen. Nach zwei kortikalen Operationen — Exstirpation nahezu einer ganzen Grosshirnhemisphäre resp. einer bedeutenden Partie des Parieto-Okzipitallappens (mit Eröffnung des Seitenventrikels) bei neugeborenen Katzen fand er eine Atrophie des gleichseitigen Tractus opt., die er auf sekundäre Veränderungen in den primären optischen Ganglien und dadurch bedingte Fortleitung der Atrophie auf das periphere Neuron zurückführte. Die von Tartuferi beim Kaninchen beschriebene Degeneration im oberflächlichen Mark und Grau des vorderen Zweihügels nach Bulbusenuklation konnte Ganser an einer Ratte bestätigen; als Ergänzung dazu hat er ebenfalls bei der Ratte festgestellt, dass nach Abtragung einer Grosshirnhemisphäre im gleichseitigen vorderen Zweihügel das mittlere Mark zugrunde geht.

Ich gehe jetzt zu den grundlegenden Arbeiten von Monakow über, die sich auf das ganze Gebiet der optischen Bahnen und Zentren erstrecken und für meine eigenen Untersuchungen die unmittelbare Grundlage bilden.

Haben sich alle früheren Autoren (Gudden, Tartuferi etc.) vorwiegend mit der Beeinflussung der primären optischen Zentren durch Exstirpationen des peripheren Organs — des Auges beschäftigt, so ging v. Monakow dazu über, ihre Abhängigkeit von der Grosshirnrinde systematisch zu erforschen; zu diesen Untersuchungen wurde er angeregt einerseits durch die bekannten Entdeckungen Munks der sensorischen und sensiblen Felder der Hirnrinde ¹⁾, andererseits durch den erwähnten Befund von Gudden — partielle Atrophie des Thalamus nach Exstirpation der Parietookzipitalwindungen beim Hunde, dessen Erklärung durch Gudden — Druck des hydropischen Ergusses vom eröffneten Seitenventrikel aus auf die primären optischen Ganglien — ihn ebenso wenig wie später Ganser befriedigt hat. Wie er in seiner ersten experimentellen Arbeit ²⁾ sagt, „erwartete er bestimmt, dass durch den vollständigen Ausfall eines kortikalen Zentrums die zum letzteren führenden und in engem physiologischem Konnex mit diesem stehenden Bahnen, möchte das Zentrum sensiblen oder motorischen Charakter tragen, in ihrer Entwicklung gehemmt werden müssten. Es schien dies durch

¹⁾ Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. 1881.

²⁾ v. Monakow, Über einige durch Exstirpation zirkumskriptier Hirnrindenregionen bedingte Entwicklungshemmungen des Kaninchengehirns. Arch. f. Psych. Bd. 12. 1882.

die konsekutive Inaktivität der abhängigen Bahnen geboten zu sein, ebenso war es für mich ein physiologisches Postulat, dass mit Rücksicht auf diesen Punkt ein partielles Zurückbleiben in der Entwicklung der zwischen den operierten Zentren und der Peripherie liegenden Stationen (Ganglien) stattfinden müsse.“

Das Experiment hat diese Erwartung vollauf bestätigt: nach Exstirpation von zirkumskripten Rindenstellen aus dem Parietookzipitallappen des Kaninchens (in einem Falle an der medialen Kante der Hemisphäre, in einem anderen weiter lateralwärts an der Konvexität) fand v. Monakow eine hochgradige Atrophie im gleichseitigen Corp. gen. ext. und in der lateralen Abteilung des lateralen Thalamuskerns (die er für ein Homologon des Pulvinars der Primaten hält), eine unbedeutende im gleichseitigen vorderen Zweihügel. Er kommt daher zu dem Schluss, dass das Corp. gen. ext. und der vordere Zweihügel — zwei Gebilde, deren Beziehungen zum N. opticus bereits durch ihre Atrophie nach Bulbusenukleation bewiesen waren (Gudden, Tartuferi) sich der Rinde gegenüber verschieden verhalten. „Die Beziehungen des Corp. quadr. ant. zur Rinde sind jedenfalls sehr gering, es ist mehr reiner Nervenkerne, und seine Funktionen sind mehr reflektorischen Charakters. Ganz anders verhält es sich mit dem Corp. gen. ext. Die Tätigkeit dieses Ganglions muss ganz innig mit derjenigen der kortikalen Sehshäre verknüpft sein, dasselbe muss offenbar eine Sammelstätte für Eindrücke, die der Sehshäre mitgeteilt werden sollen, sein, und nur ein kleiner Teil desselben darf als reiner Optikuskerne betrachtet werden, nämlich derjenige, der nach Exstirpation der Sehshäre nicht zugrunde geht“¹⁾.

Auf Grund weiterer Versuche²⁾ stellte v. Monakow dann fest, dass die einzelnen Kerne des Thalamus opt., sowie das Corpus geniculatum externum mit umschriebenen Hirnrindenfeldern verknüpft sind und durch Exstirpation der letzteren ziemlich isoliert zum Schwund gebracht werden können. Als Zone des Corp. gen. ext. (und des lateralen Stratum des äusseren Thalamuskernes) in der Grosshirnrinde des Kaninchens bezeichnete er ein Gebiet A, welches vom kaudalen Pol der Hemisphäre sich nach vorn an der Konvexität erstreckt, ungefähr ein Drittel der Hemisphärenlänge einnimmt und mit der von Munk angegebenen Ausdehnung der Sehshäre beim Hund im grossen

¹⁾ l. c. S. 12.

²⁾ Monakow, Weitere Mitteilungen über durch Exstirpation zirkumskripten Hirnrindenregionen bedingte Entwicklungshemmungen des Kaninchengehirns. Arch. f. Psych. Bd. 12.

ganzen übereinstimmt. Nach Durchtrennung der retrolentikulären inneren Kapsel¹⁾, welche die Projektionsfasern aus den primären optischen Ganglien zur Sehsphäre enthält, erleidet letztere eine Atrophie, von der jedoch die einzelnen Schichten der Rinde in ganz verschiedener Weise betroffen werden. Eine deutliche Reduktion (Ausfall von Ganglienzellen, bedeutender Schwund der Nervennetze und der grauen Grundsubstanz) erleiden nur die dritte und fünfte Schicht, und daraus schliesst v. Monakow, dass die Elemente der dritten und fünften Rindenschicht es sind, in welche die Projektionsfasern aus den primären Optikuszentren sich ergiessen.

v. Monakow hat dann seine experimentellen Untersuchungen „über die Beziehungen der sogenannten Sehsphäre zu den infrakortikalen Optikuszentren und zum N. opticus“ an Katzen²⁾ fortgesetzt, und auch da konnte er in Übereinstimmung mit den Ergebnissen beim Kaninchen feststellen, dass nach Abtragungen aus dem Gebiet der kortikalen Sehsphäre (für deren Ausdehnung damals die Angaben von Munk über die Sehsphäre des Hundes massgebend waren), regelmässig sekundäre Veränderungen in den infrakortikalen Optikuszentren, nämlich im Corp. gen. ext., im Pulvinar und im Corp. quadr. ant. der operierten Seite sich einstellen³⁾. Dabei bilden im Corp. gen. ext. und im Pulvinar die Ganglienzellen den Angriffspunkt des degenerativen zur Nekrose und Resorption führenden Prozesses, während die gelatinöse Grundsubstanz erst in zweiter Linie und in minder hohem Grade schwindet, im Gegensatz zu den Veränderungen nach Augenenukleation, wo in diesen Gebilden vor allem die Grundsubstanz atrophiert, die Ganglienzellen nur unbedeutende Veränderungen zeigen. Im vorderen Zehnhügel scheint auch nach kortikalen Eingriffen (wie nach Enukleationen) das „oberflächliche Grau“ partiell zu atrophieren, hier lässt sich aber eine feinere Umgrenzung der atrophischen Elemente nicht vornehmen; das oberflächliche und das mittlere Mark erfährt eine erhebliche Reduktion. Über die näheren Beziehungen von bestimmten Teilen der Sehsphäre zu bestimmten Abschnitten der

¹⁾ v. Monakow, Arch. f. Psych. Bd. 14. Heft 3.

²⁾ Arch. f. Psychiatrie. Bd. 14 und 16.

³⁾ Nach Operationen an neugeborenen Tieren hat v. Monakow konstant auch eine Atrophie im gleichseitigen Tractus opt. gefunden, die sich auch auf beide Nn. optici fortsetzte; dagegen war bei einem Tier, welches im Alter von 4—5 Wochen operiert und nach vier Monaten getötet worden war, eine derartige Atrophie nicht feststellbar. v. Monakow schliesst daraus, dass diese Atrophie nicht als Rückbildungsprozess, sondern als Wachstumshemmung aufgefasst werden muss, die unter dem Einfluss der Atrophie in den primären Zentren sich entwickelt.

subkortikalen optischen Ganglien (anatomische Projektion) finden wir bei Monakow einige bemerkenswerte Angaben¹⁾. Nach partiellen Exstirpationen der Sehsphäre bei der Katze verbreitete sich die Atrophie in den primären optischen Zentren nicht in gleichmässiger Weise, sie verteilte sich vielmehr verschieden auf die einzelnen Zentren und ergriff innerhalb dieser besondere Regionen. „Nach Wegnahme der medialen Sehsphärenpartie werden vorwiegend die lateralen, nach Wegnahme der lateralen Sehsphärenpartie die medialen Abschnitte im Corp. gen. ext. von der Atrophie ergriffen. Das Pulvinar wird vorwiegend durch Abtragung der medialen, der vordere Zweihügel durch eine solche der lateralen Sehsphärenzone in der Entwicklung beeinträchtigt“²⁾.

Nachdem am Kaninchen und an der Katze über die optischen Bahnen und Zentren und deren Abhängigkeit von der Grosshirnrinde so wichtige und eindeutige Ergebnisse gewonnen waren, lag es natürlich nahe, die entsprechenden Verhältnisse auch beim Menschen näher zu studieren.

Das hat auch v. Monakow getan, und zwar zuerst an einem Fall von Porenzephalie beider Okzipitallappen im Gebiet der meningealen Äste der Art. cerebri post. bei einem achtmonatlichen menschlichen Fötus. Die pathologisch-anatomische Untersuchung zeigte eine weitgehende Übereinstimmung mit den experimentellen Ergebnissen: das Corp. gen. ext. „verhielt sich genau so wie beim Kaninchen, dem eine Sehsphäre abgetragen worden war, es ging nämlich derart zugrunde, dass man kaum eine normale Ganglienzelle im selben wahrnehmen konnte“³⁾, das Pulvinar zeigte ein ähnliches Bild wie das Corp. gen. ext., nur waren hier die pathologischen Veränderungen viel schwächer, das Corp. quadr. ant. war in noch geringerem Grade, aber auch deutlich ergriffen⁴⁾: damit war die prinzipielle Übereinstimmung in der Abhängigkeit der primären optischen Ganglien von der Grosshirnrinde beim Kaninchen, bei der Katze und beim

¹⁾ Arch. f. Psych. Bd. 16.

²⁾ v. Monakow, Einiges über die Ursprungszentren des N. opticus und über die Verbindungen desselben mit der Sehsphäre. Verhandl. der physiolog. Gesellsch. Berlin. 1885.

³⁾ Arch. f. Psych. Bd. 14. Heft 3. 1883.

⁴⁾ v. Monakow hat in seinen späteren Arbeiten noch eine grosse Anzahl von Fällen mit Herden im Okzipitallappen bearbeitet und die Veränderungen in den primären optischen Ganglien ausführlich studiert. Ich kann hier darauf nicht eingehen, da ich mich vor allem an experimentelle Untersuchungen halte.

Menschen bewiesen — eine Tatsache, die für die ganze spätere Hirnforschung von grundlegender Bedeutung gewesen ist.

Auch beim Hund hat v. Monakow die optischen Bahnen und Zentren nach experimentellen Eingriffen studiert ¹⁾. Es stand ihm eine Reihe der von Munk operierten Hundegehirne, an denen beide Sehsphären extirpiert worden waren, zur Verfügung. Ausserdem hat er selbst bei einem neugeborenen Hund eine doppelseitige Enucleatio bulborum vorgenommen. Das Ergebnis der anatomischen Untersuchung an Serienschnitten stimmte mit den früheren am Kaninchen, an der Katze und am Menschen im wesentlichen überein, wenn es auch in den Details manche interessante Abweichung darbot ²⁾. Bei den sehsphärenlosen Gehirnen waren die Ganglienzellen im Pulvinar und im Corpus gen. ext. grösstenteils zugrunde gegangen; von letzteren blieb hauptsächlich der kaudaldorsale Kern (den Monakow als Corp. gen. ext. a₁ bezeichnet) erhalten; nach doppelseitiger E nukleation boten die Ganglienzellen im Pulvinar und Corp. gen. ext. keine deutliche histologische Veränderung bis auf den kaudaldorsalen Kern (Corp. gen. ext. a₁), wo die Ganglienzellen grösseren Volumens fehlten; dafür war in diesem Falle sehr deutlich der Schwund der Marklamellen und der Substantia gelatinosa. Im Corp. quadr. ant. war nach kortikalen Läsionen das mittlere, nach peripherer E nukleation das oberflächliche Mark reduziert, beide nur in geringem Grade und ohne deutliche Beteiligung des oberflächlichen Graus (im Gegensatz zum Kaninchen); v. Monakow schliesst daraus, dass die Verhältnisse beim Hund, bei der Katze und wahrscheinlich auch beim Menschen wesentlich anders liegen als beim Kaninchen, wo der vordere Zweihügel das subkortikale Hauptsehzentrum bildet. Bezüglich der Ausdehnung der Sehsphäre in der Grosshirnrinde des Hundes kommt er zu dem Schluss, dass der Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext., des Pulvinars und des Corp. quadr. ant., dessen Zerstörung gerade ausreicht, um eine maximale vom Kortex überhaupt erreichbare sekundäre Degeneration derselben herbeizuführen, und den er als anatomische Sehsphäre bezeichnet, mit den von Munk angegebenen Grenzen der Sehsphäre sich ziemlich deckt, nur die frontale Grenze der Sehsphäre ist er geneigt weiter oralwärts an-

¹⁾ Arch. f. Psych. Bd. 20.

²⁾ Aus diesen Untersuchungen ging auch hervor, dass sekundäre Veränderungen nach Operationen bei erwachsenen Tieren sich nicht grundsätzlich, sondern nur durch ihre geringere Geschwindigkeit von denjenigen an neugeborenen operierten Tieren unterschieden — ein Ergebnis, das ich auf Grund meiner eigenen Erfahrungen vollkommen bestätigen kann.

zunehmen, als dies Munk getan hat¹⁾, indem er noch einen grossen Teil der Munkschen Augenregion F dazurechnet.

Durch diese ausgedehnten Untersuchungen beim Kaninchen, bei der Katze, beim Hund und beim Menschen war die Grundlage geliefert für eine exakte anatomische Gliederung der optischen Bahnen und Zentren. Speziell war dadurch festgestellt, dass bei höheren Säugern (Katze, Hund, Mensch) das Corp. gen. ext. das subkortikale Hauptsehzentrum bildet, in welchem der grösste Teil der Traktusfasern endet, und wo ein neues Neuron beginnt, dessen Achsenzylinder kortikalwärts ziehen und in die Rinde (wahrscheinlich die dritte und fünfte Schicht) einmünden.

Die Übertragung vom ersten auf das zweite Neuron im Corp. gen. ext. erfolgt nach v. Monakow nicht direkt, sondern durch Vermittlung von Golgischen Zellen zweiter Ordnung, welche er „Schaltzellen“ nennt und denen er die Fähigkeit zuschreibt, „Erregungen von verschiedenen Seiten zu empfangen und sie nach verschiedenen Richtungen zu übertragen und dies alles durch Vermittlung der Substantia gelatinosa“¹⁾. Die sich aufsplitternden Traktusfasern und die Schaltzellen bilden den „Retinaanteil“ des Corp. gen. ext., die übrigen Ganglienzellen seinen „Sehsphärenanteil“. Die Gesamtverhältnisse der optischen Leitung von der Netzhaut bis zum Kortex werden unter Berücksichtigung aller gewonnenen Ergebnisse durch ein Schema illustriert, in welchem das Neuronenprinzip im Aufbau des Zentralnervensystems meines Wissens zum ersten Mal deutlich zum Ausdruck kommt.

Einen weiteren Beitrag zur experimentellen Erforschung der optischen Bahnen hat Colucci³⁾ geliefert, indem er bei erwachsenen Hunden einseitige Eukleationen ausgeführt und danach die frischen sekundären Degenerationen im Tractus opt., im Corp. gen. ext., im Pulvinar und Corp. quadr. ant. mit Hilfe der Marchischen Methode studiert hat.

¹⁾ Zu dieser Begrenzung kommt er auf Grund der anatomischen Untersuchung, welche gezeigt hat, dass in den sehphärenlosen Gehirnen über die von Munk angegebenen Grenzen hinaus noch ein erhebliches Rindengebiet (ein grosser Teil der Munkschen Augenregion F) miterkrankt war, und man annehmen musste, dass auch die Schädigung dieses Rindenbezirkes zu den sekundären Veränderungen in den subkortikalen optischen Zentren beigetragen habe. v. Monakow verlegt daher die vordere Grenze der Sehsphäre viel weiter oralwärts — nur ca. 4—5 mm nach hinten von der Vereinigungsstelle des Sulc. ansatus und Sulc. coronarius; wir werden sehen, dass er auch darin das Richtige getroffen hat.

²⁾ Arch. f. Psych. Bd. 20. S. 69.

³⁾ Colucci, Ricerche sull' anatomia e sulla fisiologia dei centri visivi cerebrali. Atti della R. Accad. medico-chirurgica di Napoli. 1898.

Auch Probst hat die Degenerationen in den optischen Bahnen und Zentren experimentell-anatomisch mit Hilfe der Marchischen Methode an Hunden und Katzen studiert, und zwar sowohl nach peripheren wie nach zentralen Eingriffen (E nukleationen¹⁾ und Exstirpationen aus der Rinde des Okzipitallappens²⁾). Die Retinafasern enden nach Probst im oberflächlichen Mark des Corp. quadr. ant. (hauptsächlich des gegenüberliegenden, zu einem kleinen Teil auch des gleichseitigen), im Corp. gen. ext., mit einer spärlichen Portion auch im Pulvinar. Die „Sehsphärenfasern“³⁾ enden im oberflächlichen Mark des Corp. quadr. ant. (hauptsächlich des gleichseitigen, nur zu einem kleinen Teil auch des gekreuzten), im Corp. gen. ext. und in der dorsal-medial vom äusseren Kniehöcker gelegenen Sehhügelpartie — dem Pulvinar und dem lateralen Thalamuskern (lat. a und lat. b). Die Retinafasern und Sehsphärenfasern breiten sich somit in denselben oder eng benachbarten Gebieten der subkortikalen Ganglien aus, und zwar hängt eine Retina mit beiden äusseren Kniehöckern, beiden Pulvinarien und beiden vorderen Zueihügeln zusammen, während die Sehsphäre mit dem Pulvinar, dem lateralen Thalamuskern und dem Corp. gen. ext. nur einseitig verbunden ist; auch der vordere Zueihügel steht fast

¹⁾ Probst, Über den Verlauf der Sehnervenfasern und deren Endigung im Zwischen- und Mittelhirn. Monatsschr. f. Psych. u. Neur. 1900.

²⁾ Probst, Über den Verlauf der zentralen Sehfasern (Rindensehhügelfasern) und deren Endigung im Zwischen- und Mittelhirn und über die Assoziations- und Kommissurenfasern der Sehsphäre. Arch. f. Psych. 1901.

³⁾ Probst nimmt an, dass 2—3 Wochen nach der Operation nur der kortikofugale Anteil der Sehstrahlung (die Rinden-Sehhügelfasern), nicht auch schon der kortikopetale (die Sehhügel-Rindenfasern) in Degeneration begriffen ist. Eine Begründung dieser Annahme gibt uns Probst nicht; nach meinen eigenen Ergebnissen und denjenigen von De Vries erscheint sie mir unrichtig; ich glaube vielmehr, dass zu dieser Zeit auch im kortikopetalen Anteil der Sehstrahlung bereits eine retrograde Degeneration stattfindet. De Vries (Experimentelle Untersuchungen über die Rolle der Neuroglia bei sekundären Degenerationen grauer Substanz. 1909. Arbeiten aus dem Hirnanatomischen Institut) hat nämlich gefunden, dass nach Exstirpation des Okzipitallappens (bei Meerschweinchen und Kaninchen) die Ganglienzellen des Corp. gen. ext. schon nach wenigen Tagen die ersten Stadien einer sekundären Degeneration (hauptsächlich Reduktion des Protoplasmaleibes) zeigen. Ich selbst habe in einem Fall von partieller Exstirpation der Area striata bei einem erwachsenen Tier in dem zugeordneten Teil des Corp. gen. ext. schon nach acht Tagen deutliche Veränderungen an den Ganglienzellen gefunden (s. Versuch 3); bei einem anderen im Alter von ca. sechs Wochen operierten Tier zeigten die Ganglienzellen im degenerierten Abschnitt des Corp. gen. ext. schon 3½ Wochen nach der Operation die Endstadien der sekundären Degeneration (s. Versuch 4). Da es sich dabei um die Ursprungselemente der kortikopetalen Sehstrahlungen (der Sehhügelrindenfasern) handelt, so muss man annehmen, dass auch letztere nach Exstirpation der Sehrinde bereits von den ersten Tagen an pathologische Veränderungen erfahren, die wohl ein positives Marchi-Bild zu liefern imstande sind.

nur auf derselben Seite mit der Sehsphäre in Verbindung, indem nur spärliche Fasern in den gekreuzten vorderen Zweihügel übergehen.

Zuletzt hat Tanzi¹⁾ an neugeborenen Hunden und Kaninchen Enukleationen ausgeführt und die danach entstandenen Veränderungen in den primären optischen Ganglien und in der Grosshirnrinde mit Hilfe der Weigert-, der Nissl- und der Cox-Methode studiert. In Übereinstimmung mit früheren Autoren (besonders v. Monakow) hat er gefunden, dass im Corp. gen. ext. die Ganglienzellen nicht degenerieren, sondern nur eine Verkleinerung und eine Reduktion ihrer protoplasmatischen Fortsätze erleiden und deshalb und noch mehr wegen des Schwundes der Endfasern des N. opticus dichter aneinander zu liegen kommen, im übrigen aber ihre charakteristischen morphologischen Eigenschaften bewahren. In der Sehrinde des Kaninchens fand er keine Veränderungen, wohl aber in der Sehrinde des Hundes, wo die Zellen ebenfalls eine allgemeine Volumsreduktion und Verdichtung erfahren, und zwar besonders im Gyr splenialis an seiner zerebellaren Fläche, ausserdem auch in den Gyri. suprasplenialis und postsplenialis. Ähnliche Veränderungen in der Grosshirnrinde, und zwar mit der gleichen Lokalisation hatte bereits Berger²⁾ gefunden, nachdem er bei neugeborenen Hunden und Katzen ein künstliches doppelseitiges Ankyloblepharon angelegt und die Tiere 4—10 Monate lang am Leben gelassen hatte.

Ich habe in diesem Kapitel nur experimentelle Untersuchungen berücksichtigt, während ich auf die wichtigen anatomischen und klinischen Arbeiten über die optischen Bahnen und Zentren des Menschen (v. Monakow, Henschen u. a.) hier nicht eingegangen bin. Aber auch die Aufzählung von experimentellen Arbeiten erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit; ich wollte nur durch Besprechung der markantesten Ergebnisse den Leser in dieses Gebiet einführen und bitte die Autoren um Entschuldigung, wenn die Arbeiten des einen oder anderen dabei keine Erwähnung gefunden haben.

¹⁾ Tanzi, Sull'atrofia secondaria indiretta degli elementi nervosi. Riv. di patologia nervosa e mentale. 1902.

²⁾ Berger Experimentell-anatomische Studien über die durch den Mangel optischer Reize veranlassten Entwicklungshemmungen im Okzipitallappen des Hundes und der Katze. Arch. f. Psych. Bd. 33. 1900.

III. Methoden der Funktionsprüfung.

Aus äusseren (laboratoriumstechnischen) Gründen konnte ich meine in Berlin an Hunden begonnenen Untersuchungen¹⁾ in Zürich nur an Katzen fortsetzen.

Ich fand dabei Gelegenheit, ein Tier zu beobachten, welches bisher für das experimentell-physiologische Studium der Sehfunktion und deren Abhängigkeit vom Grosshirn noch nicht verwendet worden war, durfte dabei auch hoffen, vergleichend-physiologische Gesichtspunkte zu gewinnen, muss aber gleich bemerken, dass in bezug auf die rein physiologische Ausbeute meine Erwartungen sich nur zu einem geringen Teil erfüllt haben. Für eine genaue Gesichtsfeldbestimmung ist die Katze überhaupt weniger geeignet als der Hund, da sie sich bei der Untersuchung gewöhnlich unruhig, wenn nicht gerade wild verhält, den Kopf fortwährend dreht und dadurch eine genauere Absuchung der Grenzen des Gesichtsfeldes oft unmöglich macht; andere Tiere sind wiederum so ängstlich oder träge, dass sie gar nicht oder nur sehr unregelmässig reagieren; ganz besonders gross sind die Schwierigkeiten bei jungen Tieren, und an solchen habe ich vorwiegend operiert, da für mich bei diesen Untersuchungen anatomische Gesichtspunkte im Vordergrund standen, und ich möglichst ausgiebige und schnell verlaufende Degenerationen erhalten wollte.

Die Methoden der Sehprüfung, die ich bei der Katze angewendet habe, sind dieselben wie beim Hund²⁾, und ich will sie hier kurz rekapitulieren. Will man ein Auge einzeln prüfen, so wird das andere mit einem Leukoplaststreifen von entsprechender Breite und Länge zugeklebt. Die Grenzen des Gesichtsfeldes werden mit Hilfe der Nahrungs-(Fleisch)-Perimetrierung bestimmt; dabei wird das Tier durch ein vor der Schnauze gehaltenes Fleischstückchen nach Möglichkeit fixiert, und währenddessen führt der Untersucher mit der anderen Hand rasch ein zweites Fleischstück an einem Stab oder einer Pinzette in das Gesichtsfeld ein; sobald das Tier das Nahrungsstück erblickt, macht es eine Einstellungsbewegung der Augen nach der Richtung des im Gesichtsfeld erschienenen Reizes und sucht es mit der Schnauze zu ergreifen. Die Hand und das Instrument muss man bei diesen Prüfungen natürlich so halten, dass das Nahrungsstück zuerst im Gesichtsfeld erscheint; auch muss jedes Geräusch dabei vermieden werden. Indem

¹⁾ Pflügers Arch. Bd. 141 „Zur Physiologie der Sehsphäre“.

²⁾ Minkowski, Zur Physiologie der Sehsphäre. Pflügers Arch. Bd. 141. S. 176 bis 184.

man die Stellen beachtet, von denen aus am weitesten in der Peripherie des Gesichtsfeldes Reaktionen ausgelöst werden, kann man seine Grenzen mit einiger Genauigkeit bestimmen. Das Ergebnis der Nahrungsperimetrie wird mit Hilfe der Kreis- und der Auseinanderführungsmethode nachgeprüft. Die Auseinanderführungsmethode, die namentlich zur Feststellung von grösseren Gesichtsfelddefekten (z. B. des Ausfalls der ganzen oberen oder unteren Gesichtsfeldhälfte) und zur Demonstration vorzüglich geeignet ist, besteht darin, dass zwei Nahrungsstücke zuerst vor der Nase gehalten und dann nach verschiedenen Richtungen einzeln oder gleichzeitig auseinandergeführt werden. Gelangt das Nahrungsstück bei der Auseinanderführung in normale Teile des Gesichtsfeldes, so wird es meist von lebhaften Bewegungen der Augen und des Kopfes verfolgt, im Gegensatz zu amaurotischen oder amblyopischen Partien, wo es gar nicht beachtet wird.

Bei der Kreisführungsmethode wird das Nahrungsstück vor beiden Augen des Tieres im Kreis bewegt, so dass es sich abwechselnd auf oberen und unteren, inneren und äusseren Netzhautpartien abbilden muss. Das normale regsame Tier folgt gewöhnlich nach allen Richtungen mit entsprechenden lebhaften Bewegungen der Schnauze und der Augen; besteht aber ein grösserer Ausfall im Gesichtsfeld, so hört die Bewegung plötzlich auf, sobald das Nahrungsstück in diesen Gesichtsfeldteil gelangt.

Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden werden miteinander verglichen; besonders zuverlässig wird das Ergebnis dann, wenn man bei wiederholten Prüfungen ganz oder annähernd den gleichen Befund erhält.

Bei der Untersuchung befand sich das Tier auf einem Tisch. Die Fixation bestand nur darin, dass es eine lose Schlinge um den Hals hatte; letztere lief in eine Schnur aus, deren Ende an einem Fischband am Fenster befestigt war. Bei einigen, namentlich jüngeren Tieren war es möglich, sie am Hals sanft zu halten und dadurch den Kopf zu immobilisieren; andere geberdeten sich dabei wild oder hörten auf zu reagieren, so dass man auf dieses Hilfsmittel verzichten musste.

Den optischen Reflex (Droh- oder Gestikulationsreflex—Blinzeln auf rasche Annäherung eines Gegenstandes an das Auge) habe ich in der Weise geprüft, dass ich eine Pinzette rasch an das Auge aus verschiedenen Richtungen näherte. Unter normalen Umständen tritt dabei meistens (aber nicht konstant) ein lebhaftes Blinzeln ein. Bleibt dasselbe bei operierten Tieren aus oder ist es gegen das andere Auge abgeschwächt, so ist daraus auf eine Störung des optischen Reflexes zu

schliessen. Letztere kann bei kortikalen Operationen auf einer Schädigung sowohl der rezeptorischen (visuellen), wie auch der motorischen Komponente des Reflexes (z. B. bei Läsion des Orbikulariszentrums in der Rinde) beruhen; ergibt aber die Gesichtsfeldbestimmung einen Ausfall im grössten Teil des Gesichtsfeldes, so ist natürlich auch die Aufhebung resp. Abschwächung des optischen Reflexes am gleichen Auge durch eine Störung der visuellen Reflexkomponente bedingt.

IV. Normal-anatomisches über die Area striata und das Corpus geniculatum externum der Katze.

Bevor ich meine experimentell-anatomischen Ergebnisse mitteile, muss ich über die Area striata und das Corp. geniculatum externum der Katze, welche den Mittelpunkt meiner Untersuchungen bilden, einige normal-anatomische Bemerkungen vorausschicken.

Die Area striata, deren Beziehungen zum Sehakt schon den ältesten Autoren bekannt waren, ist beim Menschen und einigen Primaten besonders hoch entwickelt; sie ist hier charakterisiert durch eine Spaltung der Lamina granularis int. in zwei zellreiche Körnerlagen (Lamina granularis int. superf. et profunda nach Brodmann), welche eine zellarme Zwischenschicht (Lamina intermedia) einschliessen; im Weigert-Präparat liegt im Bereich der letzteren der Vicq d'Azyrsche oder Gennarische Streifen, eine schon mit blossem Auge in der grauen Substanz sichtbare tangentielle weisse Markmasse.

Der charakteristischen Entwicklung des Kalkarinatypus bei einigen Primaten steht die Mehrzahl der Säugetiere mit unvollkommen entwickeltem oder zurückgebliebenem Typus gegenüber. Bei den Karnivoren (Katze und Hund) erfährt die Lamina granularis int. nach Brodmann¹⁾ keine eigentliche Spaltung in eine oberflächliche und tiefe Körnerlage, es kommt vielmehr nur zu einer starken Verbreiterung der Schicht und an deren innerem Rande zu einer Verdichtungszone, die der Lamina granularis int. prof. entspricht. Man kann daher hier höchstens zwei Unterschichten, eine breite (IVb) mit der Stria Gennari und eine schmale und zellreichere (IVc) unterscheiden; die Lamina granularis int. superficialis (IVa) fehlt. Die übrigen Merkmale decken sich im grossen ganzen mit denen bei den Primaten. Charakteristisch

¹⁾ Brodmann, Beiträge zur histologischen Lokalisation der Grosshirnrinde. V. Mitteilung. Journ. f. Neurol. u. Psych. Bd. 6. 1906. S. 288.

ist ferner eine breite helle fünfte Schicht mit einzelnen grossen Pyramidenzellen (die Campbell sogar für das wichtigste Charakteristikum der Area striata der Karnivoren hält) und eine von ihr scharf abgesetzte,

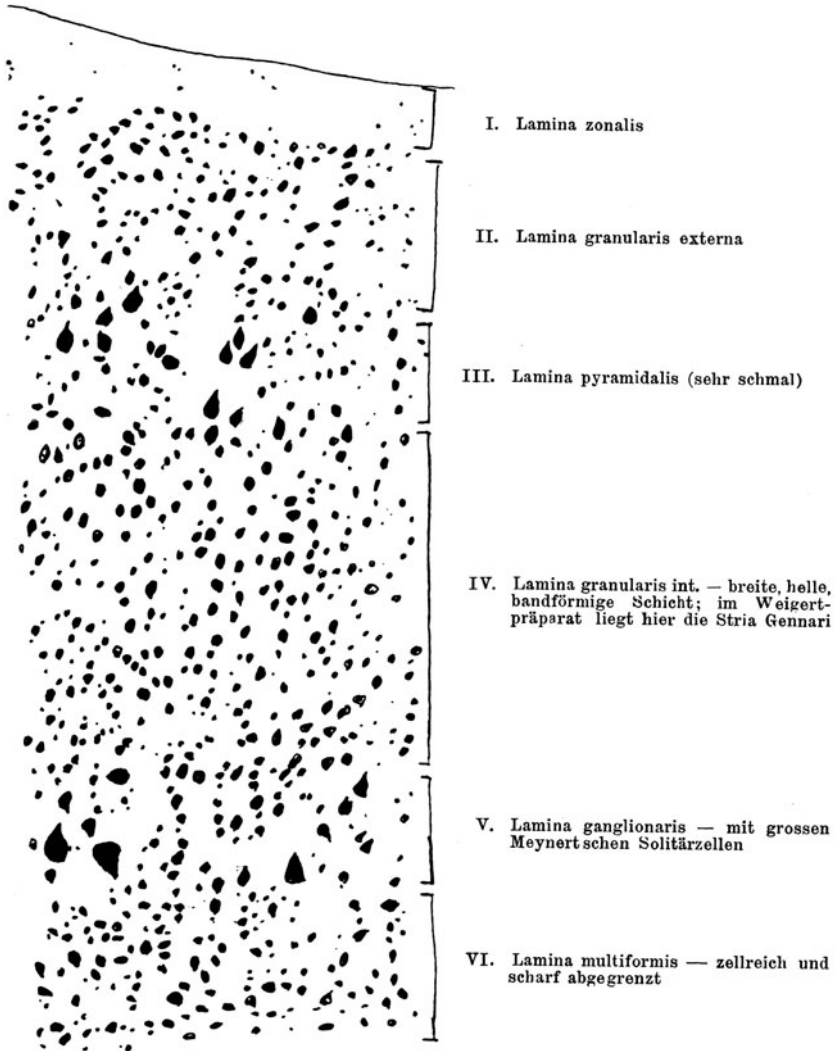


Fig. 1.

Area striata einer erwachsenen Katze aus der medialen Fläche des Gyr. marginalis.
Vergr. 80:1 — mit dem Abbeschen Apparat gezeichnet.

ungewöhnlich breite und zellreiche sechste Schicht; dazu kommt die Schmalheit der Rinde im allgemeinen, die durchschnittlich grössere Zelldichtigkeit und die Kleinheit der Zellen

Der Übergang der Area striata in die Umgebung voll-

zieht sich nicht so scharf und plötzlich wie beim Menschen, sondern es findet ein allmählicher Übergang statt, die Pyramidenzellen der dritten Schicht werden grösser und steigen tiefer im Querschnitt der Rinde herab, die Körnerschicht wird dichter und schmaler, die Laminae ganglionaris und multiformis heben sich weniger ab, kurz es treten wieder die Merkmale des gewöhnlichen Sechschichtentypus auf.

Die Ausbreitung der Area striata im Grosshirn der Katze ist von Brodmann und Campbell studiert worden, wobei beide Autoren im grossen ganzen zu einem übereinstimmenden Ergebnis kamen.

Wie beim Hund nimmt die Area striata bei der Katze hauptsächlich die mediale und zerebellare Fläche des Okzipitallappens

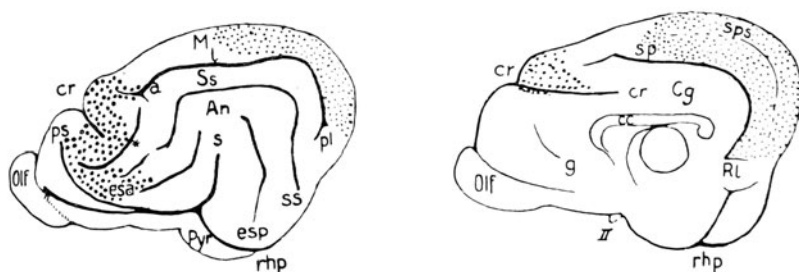


Fig. 2.

Die Ausbreitung der Area striata und der Area gigantopyramidalis in der Grosshirnrinde der Katze nach Brodmann. M — Gyrus marginalis. Ss. — Gyr. suprasylvius. Olf. — Lobus olfactorius. Pyr. — Lobus pyriformis. l. — Sulc. lateralis. pl. — Sulc. postlateralis. ss — Sulc. suprasylvius. esa — Sulc. ectosylv. ant. esp. — Sulc. ectosylv. post. s — Sulc. syivius. a Sulc. ansatus. cr — Sulc. cruciatus. sp. — Sulc. splenialis. sps — Sulc. suprasplenialis. rhp — Fiss. rhinica post. g — Sulc. gennalis.

ein. Nach Brodmann ist ihre Lage bestimmt durch die kaudalen zwei Drittel des Gyr. marginalis in seinem medialen und lateralen Anteil (s. Fig. 2). An der zerebellaren und medialen Fläche gehört das ganze Gebiet vom Sulcus recurrens bis zum oralen Ende des Sulcus suprasplenialis und etwas darüber hinaus zur Area striata, die Grenze deckt sich hier genau mit dem Boden des Sulcus splenialis. Auf der lateralen Fläche ist das Rindenfeld von geringerer Oberflächenausdehnung, da der laterale Teil des Gyrus marginalis an sich schmaler ist als der mediale, ausserdem bedeckt die Area striata in ihrem vordersten Viertel nicht mehr die ganze Breite dieser Windung, sondern zieht sich auf die dorsale Hälfte und schliesslich auf die Mantelkante zurück.

Ich selbst habe die Ausbreitung der Area striata an zwei frontalen Schnittserien (bei einer dreiwöchentlichen und bei einer erwachsenen Katze) studiert.

Der deutliche Typus der Area striata ist nur in einem relativ engen Gebiet, hauptsächlich an der medialen und zerebellaren Fläche des Gyrus marginalis und auch da nur stellenweise anzutreffen; von Schnitt zu Schnitt treten gewisse Unterschiede auf, ferner wird die Tektonik an allen Stellen unklar und verwischt, wo eine Furche vorhanden ist, und die Rinde sich darunter verjüngt, oder wo eine Biegung stattfindet, wie z. B. beim Übergang von der medialen auf die konvexe Fläche des Gyr. marginalis. Deshalb ist eine genaue Abgrenzung der Area striata gegen die Umgebung ausserordentlich schwierig, zumal der Übergang, wie bereits erwähnt, sich nicht scharf wie bei den Primaten, sondern allmählich vollzieht, und darin stimme ich mit Brodmann und Campbell völlig überein. Soviel steht jedenfalls fest, dass die Area striata weder über den Sulcus lateralis, noch über den Sulcus splenialis hinausgeht und dass die zweite

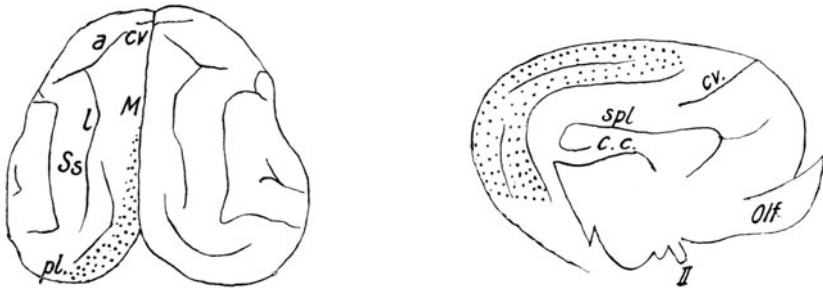


Fig. 3.

Ausdehnung der Area striata an der konvexen und der medialen Fläche der Hemisphäre nach der Frontalserie einer erwachsenen Katze. Bezeichnung der Furchen und Windungen wie in Fig. 2.

Windung an der Konvexität (Gyr. suprasylvius Ss.) und der Gyr. cinguli (Cg) an der medialen Fläche einen anderen zytoarchitektonischen Rindentypus besitzen. Auch darin kann ich Brodmann beistimmen, dass die orale Grenze der Area striata an der Medianfläche der Hemisphäre nur durch ein schmales Windungsstück vom kaudalen Rand der Area gigantopyramidalis getrennt ist. Nach meinen Ergebnissen reicht die vordere Grenze der Area striata an der medialen Fläche des Gyr. marginalis sogar weiter oralwärts, als es der Brodmannschen Zeichnung entspricht, indem ihr vorderster Zipfel in eine Frontalebene fällt, welche beim erwachsenen Tier 2,7—2,8 cm vom kaudalen Pol der Hemisphäre und nur ca. 2 mm kaudalwärts von der Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis liegt. Wohl ist hier der Typus der Area striata nicht mehr so scharf ausgeprägt wie in kaudaleren Regionen, indem die Pyramidenschicht etwas breiter, die Körnerschicht

schmäler ist; aber auch da haben wir, wenn auch nur in einem eng begrenzten Gebiet, noch eine relativ breite helle Körnerschicht, eine helle, ganglionäre Schicht mit einzelnen grossen Zellen und eine scharf abgesetzte, zellreiche und intensiv gefärbte multiforme Schicht — mithin die charakteristischen Merkmale der Area striata. An der Konvexität des Gyrus marginalis zieht sich die typische Area striata vom Sulc. lateralis allmählich gegen die mediale Kante zurück. Die Ausbreitung der Area striata, wie ich sie an der Frontalserie einer erwachsenen Katze bestimmt habe, wird durch Fig. 3 wiedergegeben.

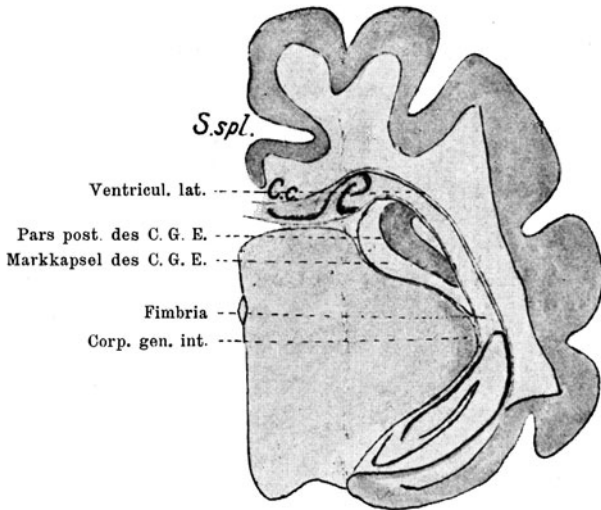


Fig. 4.

Frontalschnitt durch das kaudale Drittel des Corp. gen. ext. C. c. corpus callosum. S. spl. — Sulc. splenialis. Vergr. 3:1.

Da ich von den primären optischen Zentren das Corp. gen. ext. besonders eingehend studiert habe, will ich auch ihm eine kurze normal-anatomische Beschreibung widmen. Seine maximale sagittale Länge beträgt bei der erwachsenen Katze ca. 6 mm. Das kaudale Ende (sagittal gemessen ungefähr das kaudale Fünftel) ragt frei zwischen Pulvinar, lateralem Thalamuskern und Corp. gen. int. einerseits und Fimbria andererseits hinein und ist von einer Markkapsel umgeben, welche grösstenteils aus Traktusfasern besteht (s. Fig. 4).

Weiter vorn erfolgt die Vereinigung des Corp. gen. ext. mit dem Pulvinar und dem lateralen Thalamuskern, dann auch mit dem retrolentikulären Teil der inneren Kapsel. Auf Frontalschnitten hat das Corp. gen. ext. in den kaudalsten Ebenen die Form einer Birne, deren

Stielende lateral-ventralwärts gerichtet ist; aber schon bald treten an seiner Aussenfläche Markfasern auf (s. Fig. 4), die dann frontalwärts

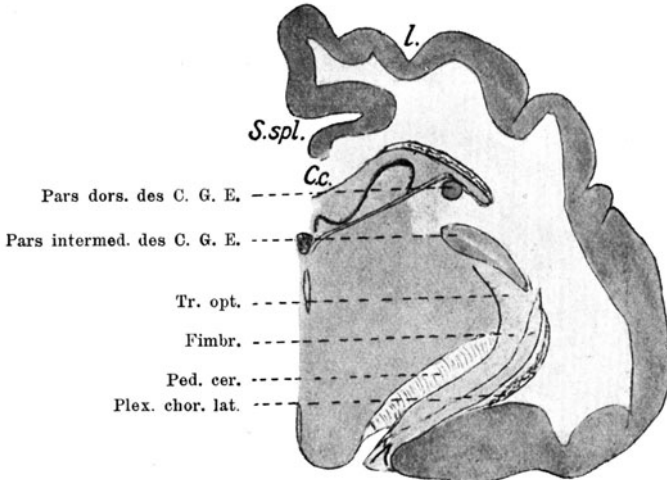


Fig. 5.

Frontalschnitt durch das mittlere Drittel des Corp. gen. ext. Vergr. 3:1.

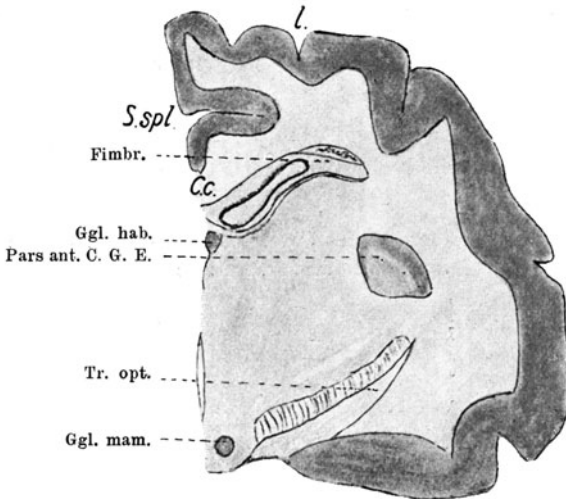


Fig. 6.

Frontalschnitt entsprechend dem Übergang des mittleren in das vordere Drittel des Corp. gen. ext. Vergr. 3:1.

immer tiefer in den grauen Querschnitt eindringen; schliesslich erfolgt durch diese Fasern (hauptsächlich Projektionsfasern aus der inneren Kapsel zum Corp. gen. ext., zum Pulvinar und den lateralen Thalamus-

kernen) eine Spaltung der grauen Substanz des Corp. gen. ext. in zwei Teile — einen dorsalen und ventralen (s. Fig. 5).

Je weiter nach vorn, desto mehr wird durch die einstrahlenden Projektionsfasern der obere Teil weiter dorsalwärts abgedrängt; er wird zugleich kleiner und verschwindet schliesslich ganz (s. Fig. 6).

Der untere Teil, der in kaudalen Partien einen länglichen Querschnitt hatte, rundet sich allmählich ab (Fig. 6). Im vorderen Drittel besitzt das Corp. gen. ext. einen annähernd runden Querschnitt (s. Fig. 6

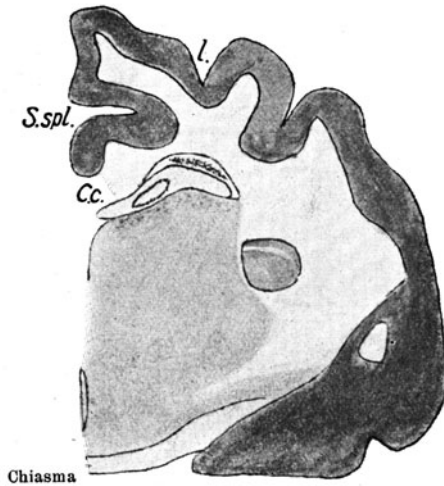


Fig. 7.

Frontalschnitt durch das vordere Drittel des Corp. gen. ext. Vergr. 3:1.

und 7); es ist hier von einer konzentrischen, ziemlich breiten Markzone umgeben, deren Fasern auf Frontalschnitten quer und schräg verlaufen.

Rein topographisch kann man danach im Corp. gen. ext. folgende Teile unterscheiden¹⁾, von denen die ersten drei ungefähr die gleiche sagittale Länge besitzen:

1. den hinteren Teil (Pars posterior) vom kaudalen Pol bis zu den Ebenen, wo durch einstrahlende Projektionsfasern eine Teilung des grauen Querschnittes des Corp. gen. ext. in zwei Unterabteilungen, eine ventrale und eine dorsale erfolgt; davon bildet die grössere ventrale

¹⁾ v. Monakow hat beim Hund im Corp. gen. ext. einen kaudaldorsalen (Corp. gen. ext. a₁.) kaudal-ventralen (Corp. gen. ext. b₁.), oral-dorsalen (Corp. gen. ext.) und oral-ventralen Kern (Corp. gen. ext. b) unterschieden.

2. den mittleren Teil (Pars intermedia) — von der Teilungsstelle bis zu den Ebenen, wo der frontale Querschnitt des Corp. gen. ext. annähernd rund wird;

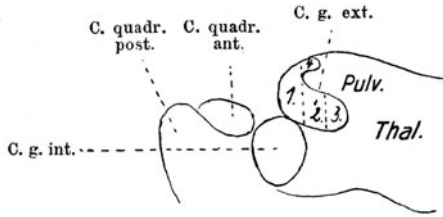


Fig. 8.

Sagittalschnitt durch die Corpora quadrigemina und Corpora geniculata. 1. Pars posterior, 2. Pars intermedia, 3. Pars anterior, 4. Pars dorsalis des Corpus gen.

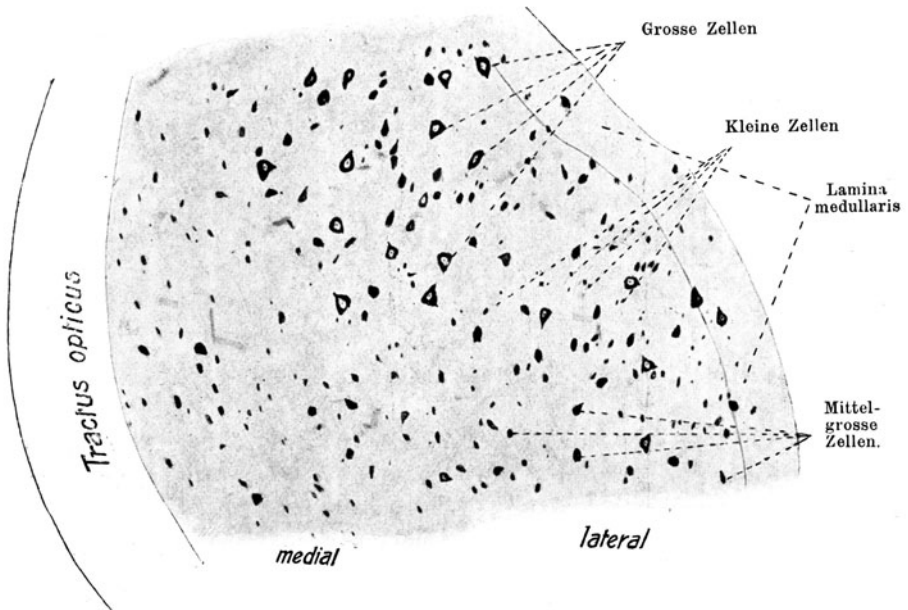


Fig. 9.

Ganglienzellen aus der Pars intermedia des C. G. E. zwischen Tract. opt. und Marklamelle. In der medialen an den Tractus opt. direkt angrenzenden Partie kommen vorwiegend nur kleine Zellen vor. Der dieser Zeichnung entsprechende Abschnitt des Corp. gen. ext. ist in Fig. 11 als Rechteck abgegrenzt.

3. den vorderen Teil (Pars anterior) — von da an bis zum oralsten Pol;
4. den dorsalen Teil (Pars dorsalis), welcher durch Projektionsfasern vom mittleren Teil abgetrennt ist.

Am deutlichsten werden wohl diese Verhältnisse durch einen Sagittalschnitt illustriert. Man sieht daraus, dass das Corp. gen. ext. eine einheitliche zusammenhängende graue Masse bildet, in der der dorsale Teil eine Umbiegung des hinteren nach vorn und oben bildet (s. Fig. 8).

In den meisten Ebenen des Corp. gen. ext. (mit Ausnahme der kaudalsten und oralsten) sind im Nissl-Präparat helle Streifen zu erkennen, welche Marklamellen entsprechen ¹⁾. Diese Lamellen ver-

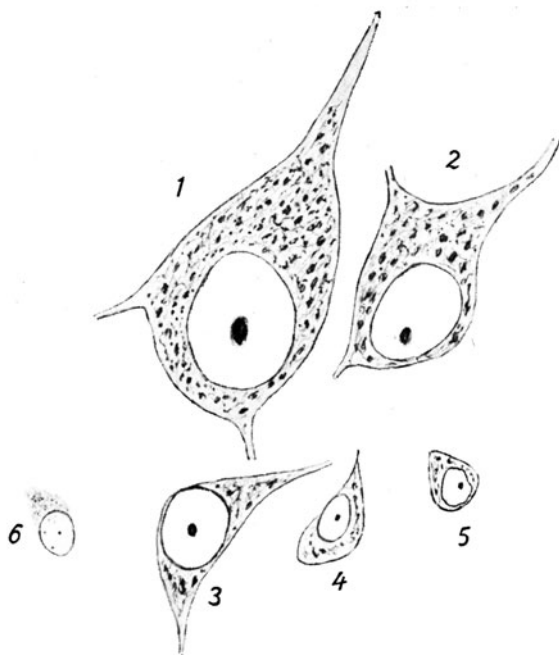


Fig. 10.

Zellen aus dem mittleren Drittel des Corp. gen. ext. bei Immersionsvergrößerung. 1. und 2. grosse Ganglienzellen, 3. mittelgrosse Ganglienzelle, 4. und 5. kleine Ganglienzellen, 6. Gliazelle.

laufen meist parallel mit den äusseren Konturen des Corp. gen. ext., sind somit in den vorderen Ebenen des Corp. gen. ext. rund (s. Fig. 7), in den hinteren länglich und schräg (s. Fig. 5).

Histologisch ist das Corpus gen. ext. bis auf einige besonders zu besprechenden Teile homogen gebaut. Die Ganglienzellen ²⁾ kann man nach der Grösse in drei Kategorien einteilen (s. Fig. 9):

¹⁾ Wie man sich an Faserpräparaten überzeugen kann.

²⁾ Die ich nur an Nisslpräparaten studiert habe.

1. grosse Zellen, deren Länge 40—65 μ , die Breite 25—40 μ beträgt.

2. mittelgrosse Zellen mit einer Länge von 15—40 μ , einer Breite von 10—25 μ und

3. kleine Zellen mit einem Durchmesser von 5—15 μ .

Die grossen Zellen sind entweder annähernd rund und besitzen dann gewöhnlich nur einen sichtbaren protoplasmatischen Fortsatz oder

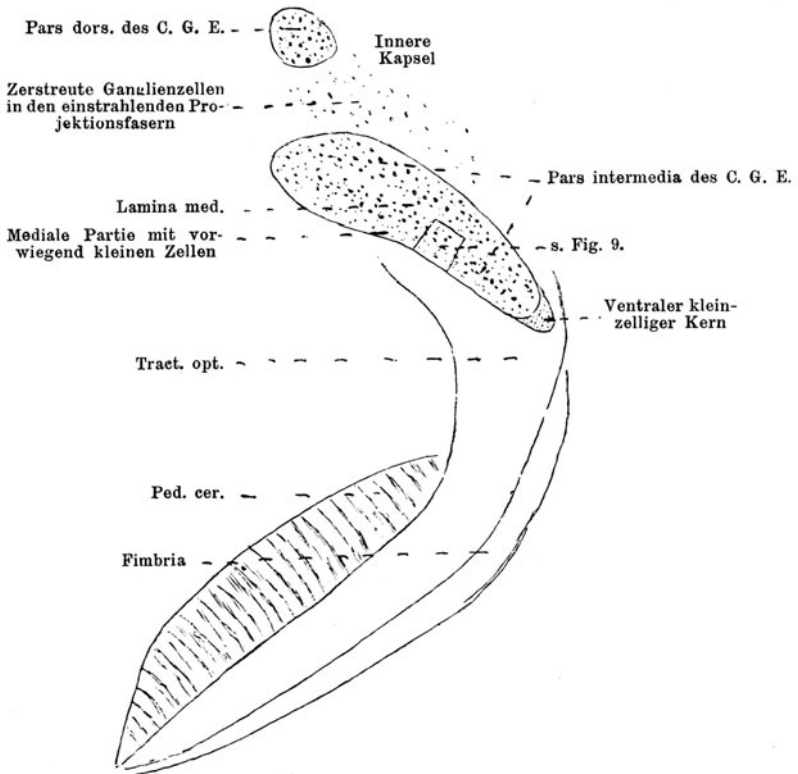


Fig. 11.

Frontalschnitt durch das mittlere Drittel des C. G. E. mit schematisch gezeichneten Zellen. Vergrößerung der Konturen 9:1.

eckig mit 2—5 Fortsätzen; sie haben einen schönen hellen, scharf abgegrenzten Kern und färben sich intensiv mit Toluidinblau dank den zahlreichen im Plasma enthaltenen Tigroidschollen; in den kleinen Zellen ist der Kern etwas dunkler, zuweilen nicht ganz regelmässig begrenzt, das Plasma auf spärliche Körnchen in unmittelbarer Nähe des Kerns reduziert; die mittelgrossen Zellen bilden eine Übergangsform zwischen den grossen und kleinen.

Diese drei Arten von Ganglienzellen sind über alle oben abgegrenzten Teile des Corp. gen. ext.: Pars post., Pars intermed., Pars ant. und Pars dors. gleichmässig verteilt; letztere bilden in ihrer Gesamtheit einen zusammenhängenden Kern, den v. Monakow nach seiner topographischen Lage im Verhältnis zu dem noch zu besprechenden ventralen kleinzelligen Kern als oberen Kern bezeichnet hat. Die grossen multipolaren Ganglienzellen bilden für ihn das besonders charakteristische Element; nur in denjenigen Partien, welche an den Tractus opticus unmittelbar angrenzen, also hauptsächlich in der medialen Partie der Pars intermedia und teilweise auch der Pars posterior kommen grosse Zellen nur vereinzelt vor; man findet in diesem Gebiet, welches in der Pars intermedia einen schmalen, an den Tractus opticus angrenzenden Streifen bildet, nur mittelgrosse und kleine Elemente, von länglicher, meistens spindel- oder stäbchenförmiger Gestalt (s. Fig. 9). Diese Verhältnisse werden auch durch Fig. 11 illustriert, wo die Zellen in den Querschnitt durch das mittlere Drittel des Corp. gen. ext. (Pars intermedia und Pars dorsalis) schematisch eingezeichnet sind.

Eine abweichende Tektonik bietet eine kleine Gruppe von Elementen am ventralen Ende des Corp. gen. ext. Es handelt sich um eine

dichte Ansammlung von Zellen, welche durch einen schmalen Marksaum vom grosszelligen Hauptkern des Corp. gen. ext. getrennt und sonst von allen Seiten (medial, lateral und ventral) von Traktusfasern umgeben ist (s. Fig. 11). Dieses Gebilde lässt sich vom Hauptkern des Corp. gen. ext. nicht nur topographisch, sondern auch morphologisch scharf unterscheiden: der Grösse nach entsprechen die meisten seiner Zellen den kleinen Zellen des Hauptkerns. Grosse Ganglienzellen kommen hier gar nicht, mittelgrosse nur vereinzelt vor; nach der Form sind die Zellen rund, länglich oder spindelförmig (s. Fig. 12). Dieser Kern ist im kaudalen Drittel des Corp. gen. ext. noch nicht vorhanden, er tritt erst in denjenigen Ebenen zum Vorschein, wo der Tractus



Fig. 12.

Ganglienzellen aus dem ventralen kleinzelligen Kern. Vergr. 80:1. Man vergleiche damit Fig. 9, wo die Zellen des Hauptkerns b. der gleichen Vergrößerung mit dem Abbeschen Apparat gezeichnet sind.

opticus als abwärts ziehendes Bündel an das Corp. gen. ext. herantritt (s. Fig. 11) und erschöpft sich im mittleren Drittel (er erscheint somit ungefähr nur in einem Drittel — dem mittleren — aller Frontalschnitte durch das Corp. gen. ext.); er sitzt überall dem ventralen Ende des Corp. gen. ext. haubenförmig auf; nach seiner Lage und seinen morphologischen Eigenschaften entspricht dieser Kern zweifellos dem ventralen Kern des Corp. gen. ext. des Kaninchens, befindet sich aber im Vergleich zu jenem auf einer rudimentären Stufe. Es ist dies der untere oder ventrale Kern v. Monakows, den ich nach seiner morphologischen Struktur auch als kleinzelligen bezeichnen möchte (ventraler kleinzelliger Kern — Nucleus ventralis parvocellularis) — im Gegensatz zu dem grosszelligen Hauptkern — dem oberen Kern v. Monakows.

Von histologischen Details möchte ich noch darauf hinweisen, dass überall dort, wo Projektionsfasern aus der inneren Kapsel in das Corpus geniculatum externum einstrahlen, einzelne Ganglienzellen mitten im Mark zu finden sind (s. Fig. 11); letztere bilden nirgends einen geschlossenen Kern, sondern sind im Mark zerstreut, und zwar sind sie im mittleren Drittel des Corp. gen. ext. längs des Verlaufs des Marks zwischen Pars dorsalis und Pars intermedia angeordnet (s. Fig. 11), im oralen, wo das Corp. gen. ext. einen runden Querschnitt besitzt, bilden sie von aussen einen halbkreisförmigen Kranz um denselben; es handelt sich da meistens um mittelgrosse (zum Teil auch grosse) blass gefärbte Zellen von verschiedener wenig charakteristischer Gestalt, für die ich die Bezeichnung „Markganglienzellen des Corp. gen. ext.“ vorschlagen möchte.

V. Experimentelles.

a) Fragestellung.

In der Einleitung habe ich bereits die wichtigsten Ergebnisse meiner physiologischen Untersuchungen am Hund mitgeteilt:

1. es besteht eine konstante Projektion der Netzhaut auf die Sehrinde und zwar so, dass im vorderen Teil derselben die oberen, im hinteren die unteren Teile der Netzhaut vertreten sind ¹⁾.
2. Die experimentell-physiologische Sehsphäre oder das optisch-sensorische Feld, jenes Rindengebiet, von dem allein

¹⁾ l. c. S. 306.

dauernde (und bei totaler Exstirpation desselben wahrscheinlich maximale) Ausfälle im Gesichtsfeld hervorgebracht werden, deckt sich mit der Area striata¹⁾, welche beim Hund und bei der Katze hauptsächlich die mediale und zerebellare Fläche des Okzipitalappens einnimmt.

Es galt nun, für diese physiologischen Ergebnisse exakte anatomische Grundlagen durch das Studium der sekundären Degenerationen in den subkortikalen optischen Ganglien, besonders im Corpus geniculatum externum zu suchen, indem hauptsächlich folgende Fragestellungen bestanden:

1. Lässt sich eine engere Beziehung bestimmter Teile der Sehsphäre zu bestimmten Abschnitten der subkortikalen optischen

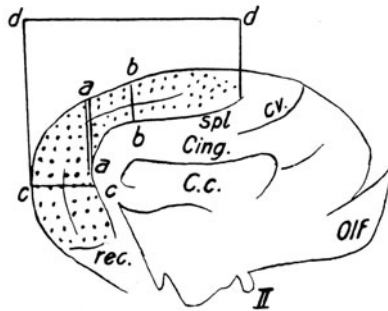


Fig. 13.

Mediale Fläche der Hemisphäre einer erwachsenen Katze. Natürliche Grösse. Durch den doppelten Strich *a a* ist die Grenze der vorderen und hinteren Exstirpation der Area striata markiert. *b b*, *c c*, *d d* — die wichtigsten Masse bei Exstirpationen der Area striata. *b b* — Abstand von der medialen Kante bis zum Sulc. splen. 5—6 mm (bei 3—6 wöchentlichen Tieren 4—5 mm). *c c* — Abstand vom kaudalsten Punkt der Hemisphäre bis zum absteigenden Ast des Sulc. splen. 8—10 mm (bei 3—6 wöchentlichen 6—8 mm). *d d* — Abstand vom kaudalsten Pol der Hemisphäre bis zum oralsten Punkt der Area striata 2,7—2,8 cm (bei 3—6 wöchentlichen 2,0—2,2 cm).

Zentren (speziell des Corpus geniculatum externum) anatomisch feststellen? Besteht somit eine anatomische Projektion des Corp. gen. ext. auf die Grosshirnrinde, welche für die physiologisch (wenigstens am Hund) festgestellte Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde eine notwendige Voraussetzung zu bilden scheint?

2. Deckt sich die kortikale Repräsentationszone des Corp. gen. ext., des subkortikalen Hauptsehzentrum der höheren Säuger, mit der Area striata, mit welcher,

¹⁾ l. c. S. 268.

wie die Untersuchungen am Hund gezeigt haben, die experimentell-physiologische Sehsphäre zusammenfällt?

Zur Lösung der ersten Frage habe ich zunächst grosse partielle Exstirpationen im Bereich der Area striata ausgeführt; dabei war es natürlich geboten, die gleichen Operationen zu machen, die ich beim Hund bereits gemacht hatte, und zwar:

1. Exstirpationen des vorderen Teils der Area striata vom vordersten Pol derselben an der medialen Fläche der Hemisphäre bis zur Umbiegungsstelle des Gyr. marginalis in die zerebellare Fläche (ventro-mediale Grenze — Sulc. splenialis, laterale Grenze — Sulcus lateralis). Siehe Fig. 13.
2. Exstirpationen des hinteren Teils der Area striata, welcher an der basal-zerebellaren Fläche des Okzipitallappens das Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulcus splenialis und dem Sulc. recurrens einnimmt und an der Konvexität kaudalwärts vom Sulc. postlateralis liegt.

b) Operative Technik.

Zur Narkose hat sich mir bei Katzen eine Mischung von Äther und Chloroform zu gleichen Teilen am besten bewährt. Zur Blutstillung benutzte ich kleine Wattebäuschchen, welche in physiologischer NaCl-Lösung unmittelbar vor der Operation ausgekocht und auch während derselben in der warmen Lösung gehalten wurden, ferner Suprarenin Hoechst 1 : 1000, bei besonders hartnäckigen Blutungen Jodoformpulver (welches ebenfalls an Wattebäuschchen an die blutenden Stellen gebracht wurde). Die Blutungen bilden in diesem blutreichen Gebiet in der Nähe des Sinus longitudinalis und Sinus transversus die grösste operative Schwierigkeit; wohl nur aus diesem Grunde ist es mir z. B. trotz der grössten Anstrengungen nicht gelungen, bei einem jungen 3—6wöchentlichen Kätzchen eine Exstirpation der ganzen Area striata oder ihrer zerebellaren Partie auszuführen; die kleinen schwachen Tiere sterben entweder während der Operation oder 1—2 Tage nach derselben; ich musste dazu übergehen, für diese Operation halberwachsene oder erwachsene Tiere zu verwenden ¹⁾.

¹⁾ Überhaupt ist es mir nicht gelungen, neugeboren oder jung (3—6wöchentlich) operierte Tiere länger als 3—4 Monate nach der Operation am Leben zu erhalten. Nach einiger Zeit werden die Tiere träge, verlieren die Haare, fressen nicht mehr, magern sichtbar ab und gehen zugrunde. Bei der Sektion habe ich an den inneren Organen ausser einer allgemeinen Anämie nie etwas Auffallendes gefunden: nach dem ganzen Verlauf der Krankheit handelt es sich wohl um die „Katzensucht“ oder Staupe; und ist einmal ein junges Tier daran zugrunde gegangen, so werden auch die übrigen über kurz oder lang von dieser Epidemie befallen, die unaufhaltsam zum Tode führt.

Die Haut wurde vor der Operation rasiert, zuerst mit Seife, dann mit Alkohol gewaschen und mit Jodtinktur gepinselt. Der Hautschnitt ging immer durch die sagittale Mittellinie des Schädels, dann wurde der Muskel vom Knochen abpräpariert und die Weichteile mit Hilfe von Gewichtshäkchen auf die Seite gezogen. Zur Eröffnung des Schädels benutzte ich bei erwachsenen Tieren ein Trepan und erweiterte dann die Öffnung mit Hilfe der Knochenzange, bei jungen wurde mit Messer und Schere ein Knochenlappen gebildet und nach der Operation wieder geschlossen.

Bezüglich der operativen Technik am Gehirn selbst kann ich auf meine frühere Arbeit ¹⁾ verweisen. Ich war nur noch mehr bestrebt, exakt zu operieren und genau nach Millimetern Masse einzuhalten, die ich vorher am Gehirn eines annähernd gleichaltrigen Tieres bestimmt hatte. Zu diesem Zweck benutzte ich bei Hirnschnitten ein feines zweischneidiges Starmesser, an welchem eine Millimeterskala angebracht war. Die wichtigsten Masse, welche bei diesen Operationen in Betracht kommen, sind folgende: von der medialen Kante der Hemisphäre bis zur Aussenmündung der Sulc. splenialis: bei erwachsenen Katzen 5 bis 6 mm, bei 3—6wöchentlichen 4—5 mm; vom kaudalsten Pol der Hemisphäre bis zum oralsten Pol der Area striata bei erwachsenen 2,7 bis 2,8 cm, bei 3—6wöchentlichen 2,0—2,2 cm; vom kaudalsten Pol bis zum absteigenden Ast des Sulc. splenialis: bei erwachsenen 8—10 mm, bei 3—6wöchentlichen 6—8 mm (s. Fig. 13).

c) Grosse partielle Exstirpationen der Area striata.

Aus einer grösseren Anzahl von partiellen Exstirpationen der Area striata will ich über die drei reinsten Fälle berichten.

Versuch 1.

15. IX. 1911. Linksseitige Exstirpation des vorderen Teils der Area striata bei einer vierwöchentlichen Katze. Der Hirnschnitt wird unmittelbar nach innen vom Sulc. lateralis angelegt und senkrecht in 3 mm Tiefe von hinten nach vorn geführt; dann wird der Gyr. marginalis mit dem Spatel in einem Stück exstirpiert.

Funktionsprüfung: in den ersten Tagen nach der Operation ist kein genaues Ergebnis zu erhalten wegen der Trägheit und Reaktionslosigkeit des Tieres; am 10. Tag und später ist keinerlei Defekt im Gesichtsfeld nachweisbar.

¹⁾ l. c. S. 247—249.

Das Tier stirbt vier Wochen nach der Operation.

Sektion. Grenzen des Defekts: vorn nicht ganz bis zur Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis; hinten 6—7 mm vom kaudalsten Pol der Hemisphäre; medial bis zum Sulc. splenialis; lateral — nicht ganz bis zum Sulc. lateralis. Grösste sagittale Länge des Defekts 1,7 cm. Von der Area striata ist jedenfalls die ganze basal-zerebellare Partie und der hinterste Teil des Gyr. marginalis erhalten, der vordere abgetragen.

Das übrige Gehirn ist makroskopisch intakt. Eine Differenz der Nn. und Tractus optici ist nicht vorhanden.

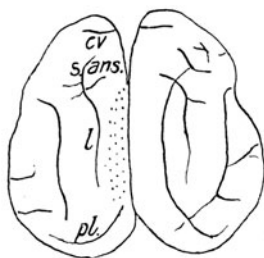


Fig. 14.

Die Grenzen des Defekts an der Konvexität sind durch Punkte markiert; an der medialen Fläche reicht er in gleicher sagittaler Ausdehnung bis zum Sulcus splenialis. Die Zeichnung ist wie alle übrigen makroskopischen Zeichnungen mit Hilfe des Pantographen hergestellt, stellt also eine authentische Reproduktion des Objekts in natürlicher Grösse dar.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Das Gehirn wurde wie alle übrigen sofort nach der Sektion in 96 %igen Alkohol gebracht; nach 3—4tägiger Härtung wurde es in Frontalschnitte von 1 cm Dicke (an der medialen Kante gemessen) zerlegt. Nach beendigter Fixation und Entwässerung wurden die Blöcke in Zelloidin eingebettet und eine kontinuierliche frontale Schnittserie angelegt; die Schnitte von 15 μ Dicke wurden nach Nissl gefärbt. Für die Wahl dieser Methode war mir das Bestreben massgebend, feine zelluläre Veränderungen in den subkortialen optischen Ganglien zu studieren, und ich halte diese Wahl nach den gewonnenen Ergebnissen für eine durchaus glückliche. Allerdings kamen dabei das Mark und die Substantia gelatinosa nicht zur Darstellung, aber in einigen Fällen war es möglich, aus dem Verhalten der Glia, der gegenseitigen Lagerung der Ganglienzellen u. a. indirekte Schlüsse über Veränderungen am Mark zu ziehen.

Die mikroskopische Untersuchung bestätigt zunächst die richtige Ausführung der Operation. Der Defekt beginnt in den mittleren Ebenen des vorderen Zueihügels und endet in einer Ebene, welche ca. 4 mm nach vorn vom Chiasma liegt. Er hat überall annähernd den gleichen Umfang, indem er vom Sulc. lateralis bis zum Sulc splenialis reicht;

die untere Lippe des Sulc. splenialis ist erhalten, von der oberen ist ein kleiner Teil zurückgeblieben.

Die Verhältnisse werden durch Fig. 15 illustriert. Die abgetragene Rindenpartie ist schraffiert; die Ausdehnung der Area striata ist an der normalen Seite durch Punkte angegeben. Zur Orientierung muss bemerkt werden, dass wohl infolge des Narbenzuges eine Verschiebung stattgefunden hat so dass die Rinde, welche normalerweise ventralwärts vom Sulc. splenialis liegt, jetzt teilweise dorsal von ihm zu liegen kommt; man ersieht daraus, dass der vordere Teil der Area striata in toto abgetragen, die übrige Rinde intakt ist. Vom Defekt zieht ein

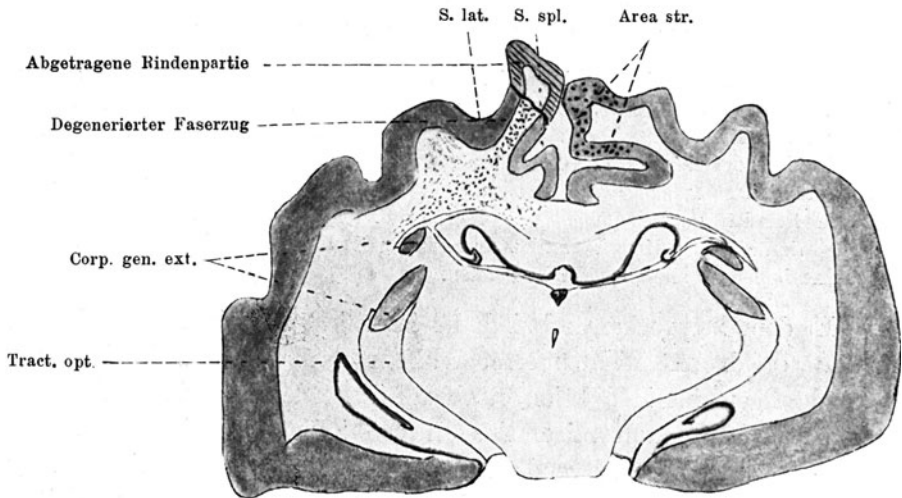


Fig. 15.

Frontalschnitt durch das mittlere Drittel des Corpus geniculatum externum. Vergr. 3:1.
Nach einem Originalpräparat mit dem Pantographen gezeichnet.

degenerierter Faserzug, welcher sich in den Balken (Kommissurenfasern), in die benachbarte zweite Windung (Assoziationsfasern) und in das sagittale Mark (Projektionsfasern) fortsetzt (Fig. 15). Bei so jungen Tieren ist das Studium der sekundären Veränderungen im Mark an Nisslpräparaten ausserordentlich schwierig, denn die reaktiven und resorptiven Vorgänge in der weissen Substanz spielen sich sehr rasch ab, so dass schon nach vier Wochen nicht mehr viel davon zu sehen ist; nur in unmittelbarer Nähe des Defekts ist der degenerierte Faserzug an einer starken Vermehrung der Gliakerne zu erkennen; in einiger Entfernung davon verliert er sich rasch, und daher ist der Verlauf der degenerierten Fasern im sagittalen Mark nicht näher zu verfolgen. Ich

gehe daher zu einer Betrachtung der sekundären Veränderungen in den subkortikalen optischen Ganglien über.

Corpus quadrigeminum anterius.

Zunächst einige normal-anatomische Bemerkungen. Der vordere Zweihügel ist bei der Katze kleiner als beim Kaninchen und es fällt schwer, in ihm die sieben Schichten von Ganser¹⁾ auseinanderzuhalten. Unter einer schmalen Ependymschicht beginnt das oberflächliche Grau; innerhalb desselben kann man nach v. Monakow noch zwei Unterabteilungen unterscheiden: eine äussere, die aus kleineren, vorwiegend runden, dicht zusammenliegenden Elementen besteht, und eine innere, wo die Zellen grösser werden und eine stern- oder spindelförmige Gestalt besitzen. Das oberflächliche Mark bildet nicht einen deutlichen Streifen wie beim Kaninchen, sondern ein diffuses Faserwerk zwischen den Zellen des mittleren Graus und geht ohne scharfe Grenze in das tiefe Mark über, welches als schmaler, aber deutlicher Streifen das tiefe oder röhrenförmige Grau umgibt.

Bei dieser komplizierten histologischen Struktur fällt es ausserordentlich schwer, feinere Veränderungen im Corp. quadr. ant., zumal wenn nur Zellpräparate zur Verfügung stehen, zu beurteilen. Man muss sich auch hüten, kleine Differenzen in der Kontur und der Breite der normalen und der operierten Seite ohne weiteres als Zeichen einer sekundären Veränderung aufzufassen; denn erstens gelingt es nur ausnahmsweise ganz symmetrische Schnitte zu bekommen, und zweitens finden infolge des Narbenzuges nach der Operation leicht gewisse Verschiebungen statt, die die äussere Konfiguration auch der subkortikalen Gebilde verändern können.

In dem besprochenen Fall habe ich mich von einer Veränderung im Corp. quadr. ant. nicht überzeugen können, und zwar weder in bezug auf eine allgemeine Reduktion, noch auf Veränderungen in bestimmten Schichten. Ein herdförmiger Ausfall von Zellen (wie im Corp. gen. ext. — s. unten) ist nirgends vorhanden, die allgemeine Anordnung und die Dichtigkeit der Zellen ist in allen Schichten auf beiden Seiten gleich. Die grossen charakteristischen Elemente des mittleren Graus sind sicher nicht verändert, und auch im oberflächlichen Grau ist keine sichere Differenz feststellbar.

Corpus geniculatum externum.

Das Corpus geniculatum externum habe ich bei meinen Untersuchungen ganz besonders eingehend studiert. Um ganz objektive und einwandfreie Bilder davon zu bekommen, habe ich in jedem Falle eine Reihe von Querschnitten durch das Corp. gen. ext. mit dem Abbeschen Apparat gezeichnet, so dass die reproduzierten Bilder eine authentische

¹⁾ Mit einer Modifikation der Einteilung von Tartuferi unterscheidet Ganser (Arch. f. Psych. Bd. 33) im Corp. quadr. ant. folgende sieben Schichten: 1. Zonale Fasern (nur bei höheren Säugern vorhanden). 2. Oberflächliches Grau. 3. Oberflächliches Mark. 4. Mittleres Grau. 5. Mittleres Mark. 6. Tiefes Mark. 7. Tiefes oder röhrenförmiges Grau.

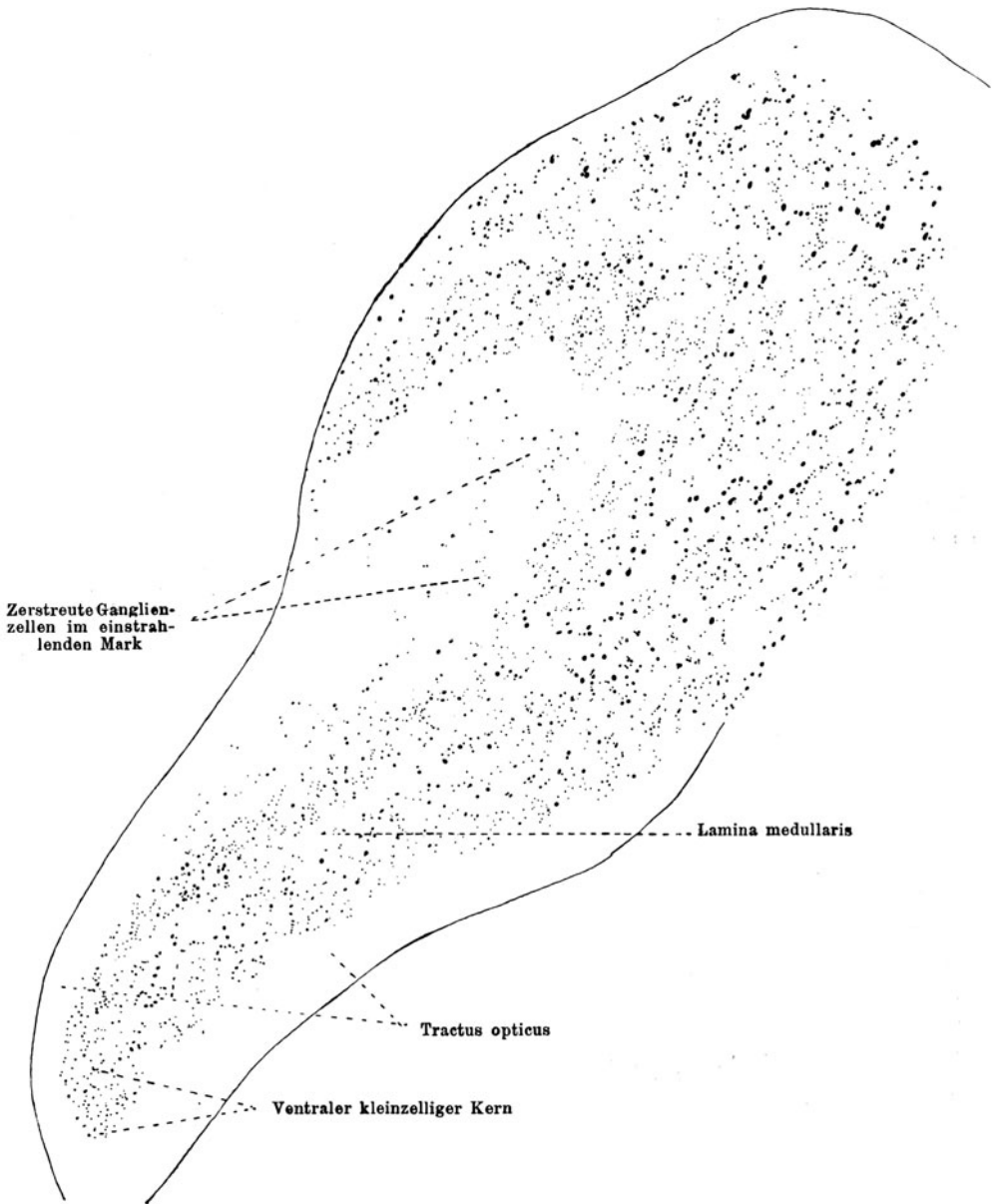


Fig. 16.

Frontalschnitt aus dem kaudalen Drittel (Pars post.) des Corp. gen. ext. Vergr. 16:1.

Wiedergabe der Präparate, in welcher die Elemente Zelle für Zelle gezeichnet sind, darstellen.

Aus den reproduzierten Querschnitten, wo die erhaltenen Zellen schwarz, die degenerierten rot gezeichnet sind, sieht man, dass das

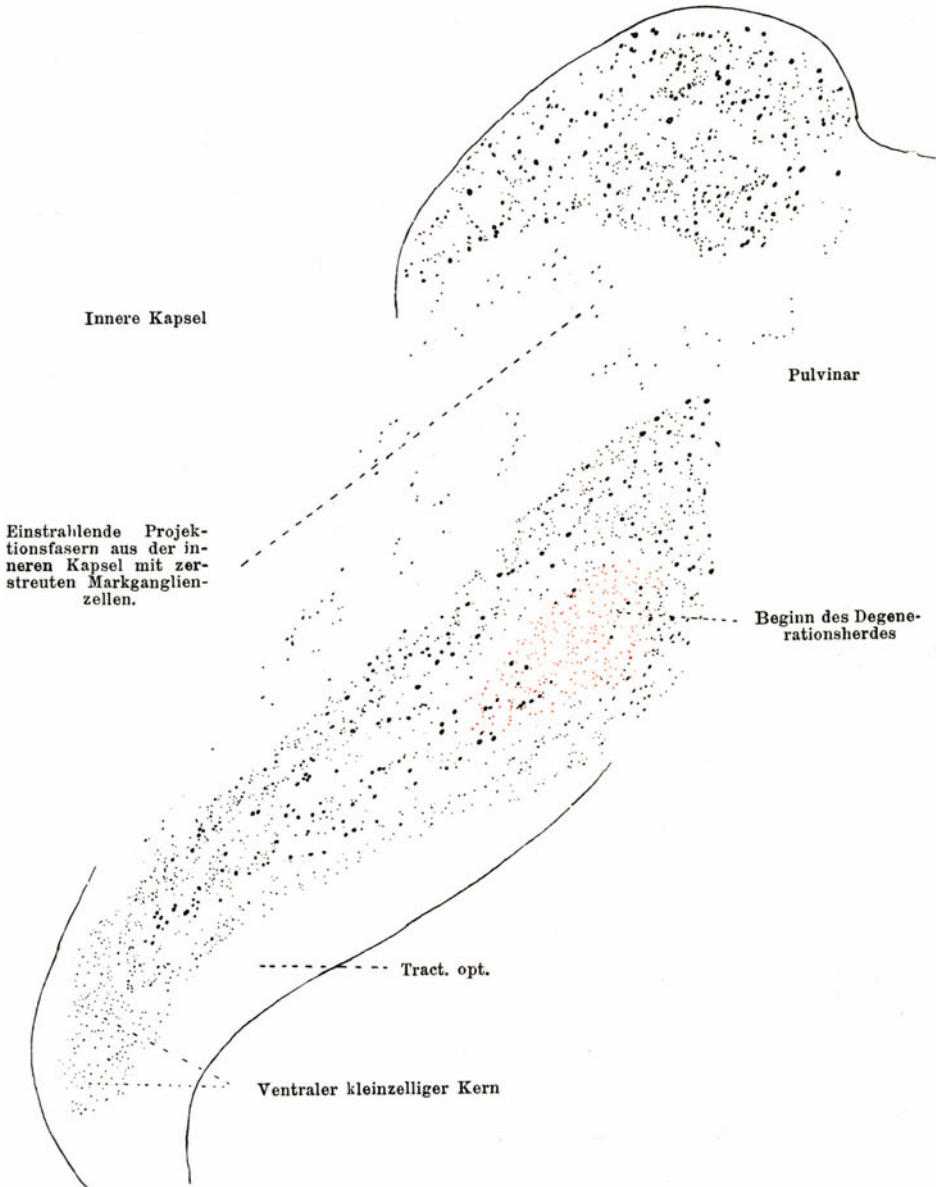


Fig. 17.

Frontalschnitt beim Übergang des kaudalen in das mittlere Drittel des Corp. gen. ext.
Oben — Pars dorsalis, unten — Pars intermedia des C. G. E. Vergr. 16:1.

kaudale Drittel (Pars post.) des Corp. gen. ext. vollkommen normal ist (Fig. 16) ¹⁾; beim Übergang des kaudalen in das mittlere Drittel,

¹⁾ In den degenerierten Abschnitten sind die Zellen rot gezeichnet.

wo durch einstrahlende Projektionsfasern aus der inneren Kapsel eine Spaltung des Corp. gen. ext. in die Pars dorsalis und Pars intermedia stattfindet, beginnt ein Degenerationsherd im dorsalen Teil der Pars

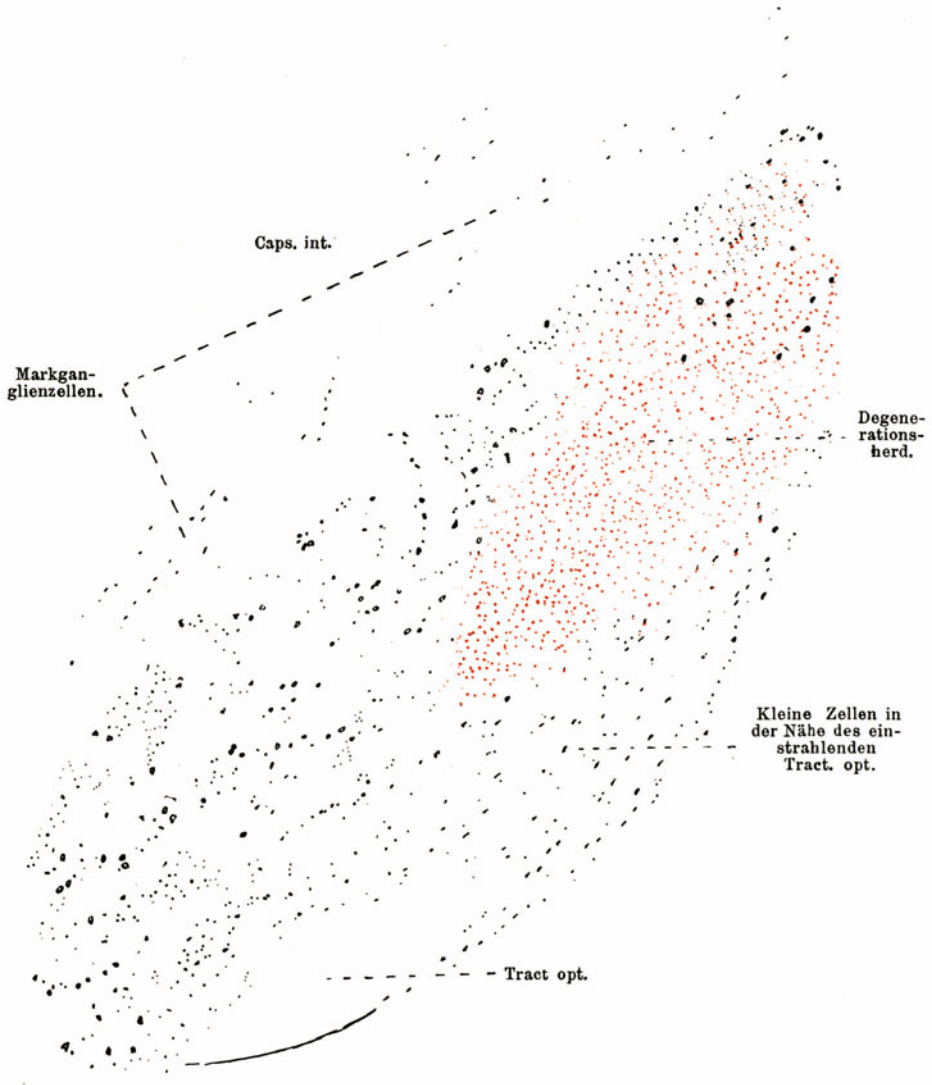


Fig. 18.

Frontalschnitt aus dem mittleren Drittel (Pars intermedia) des C. G. E. Vergr. 26:1.

intermedia (Fig. 17); letzterer vergrößert sich allmählich oralwärts (Fig. 18), nimmt beim Übergang des mittleren in das vordere Drittel des Corp. gen. ext. den grössten Teil des Querschnitts (Fig. 19) und

im vorderen Drittel (Pars ant.) den ganzen Querschnitt ein (Fig. 20).

Der ventrale kleinzellige Kern ist erhalten (Fig. 16 und 17), ebenso sind erhalten die kleinen, neben dem Tract. opt. liegenden Zellen im medialen Teil der Pars intermedia (Fig. 17 und 18), und die zerstreuten Ganglienzellen im einstrahlenden Mark aus der inneren Kapsel (Mark-

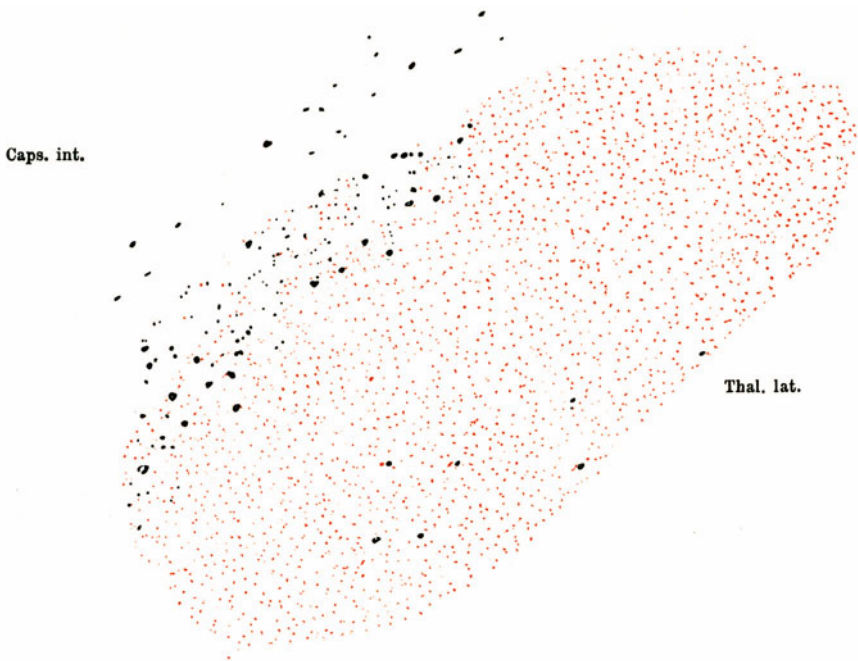


Fig. 19.

Frontalschnitt beim Übergang des mittleren in das vordere Drittel des Corp. gen. ext. Vergr. 26:1.

ganglienzellen) (Figg. 16—20); im vorderen Drittel des Corp. gen. ext., wo der ganze Querschnitt degeneriert ist, bilden letztere den einzigen erhaltenen Bestandteil (sofern man sie als Bestandteil des Corp. gen. ext. überhaupt auffassen kann). Die Degeneration im Corp. gen. ext. erstreckt sich somit nur auf bestimmte Partien des grosszelligen Hauptkerns, und zwar das ganze vordere und einen von hinten nach vorn stetig zunehmenden Teil des mittleren Drittels.

Studiert man den Degenerationsherd bei stärkerer Vergrößerung (80:1), so sieht man, dass kleine und kleinste Ganglienzellen resp. Reste von solchen, die sich von der Glia wohl unterscheiden lassen, im ganzen Querschnitt zerstreut sind. Um diese Verhältnisse deutlich zu machen, reproduziere ich zwei gleich grosse Ausschnitte aus symmetrischen Partien (aus dem Zentrum) des Querschnitts durch das vordere Drittel des Corp. gen. ext. auf der operierten und der normalen Seite (auch diese Zeichnungen sind mir dem Abbeschen Apparat hergestellt). (S. Fig. 21.)

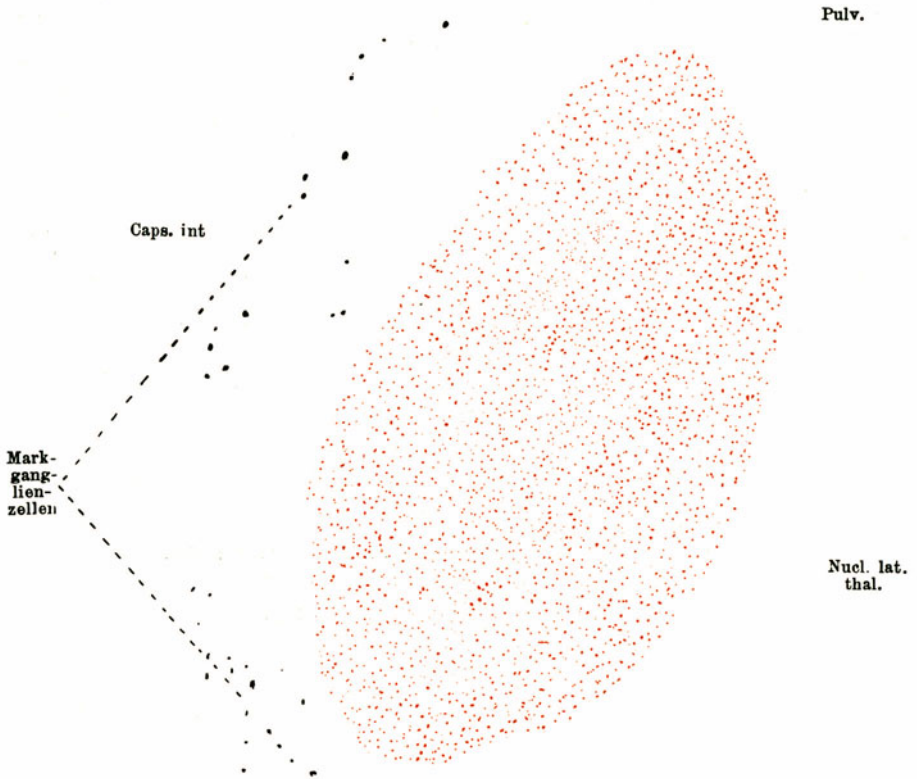


Fig. 20.

Frontalschnitt aus dem vorderen Drittel des Corp. gen. ext. Vergr. 26:1.

Man sieht daraus, dass auf der operierten Seite grosse und mittlere Ganglienzellen nicht mehr anzutreffen sind; dagegen findet man ausser der Glia noch zweierlei Elemente: erstens kleine dunkle, kompakte Gebilde, die etwas grösser und dunkler sind als die Gliakerne — hochgradig degenerierte Ganglienzellen — und zweitens einzelne kleine Zellen, die ein annähernd normales Aussehen bieten, indem sie eine Kontur und einen hellen Kern erkennen lassen — erhaltene kleine Ganglienzellen. Letztere sind über den ganzen Querschnitt ziemlich gleichmässig verteilt, entsprechen auch nach ihrer Form und ihrer Zahl annähernd den kleinen Zellen des normalen Querschnitts, und es liegt daher die Annahme nahe, dass sie als besondere anatomische Kategorie von der Degeneration verschont geblieben sind (im Gegensatz zu den grossen und mittleren Zellen). Dass es sich bei diesen Zellen um erhaltene kleine Zellen und nicht um in

Degeneration begriffene grosse handelt, davon kann man sich beim Studium von Immersionsbildern mit voller Klarheit überzeugen (Fig. 22); beide Arten von Zellen lassen sich deutlich auseinander halten (s. Fig. 22).

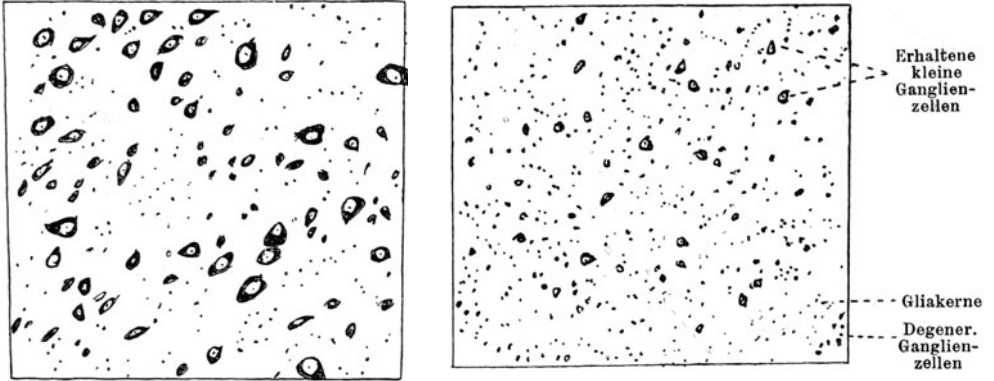


Fig. 21.

Gleichgrosse Ausschnitte aus symmetrischen Partien eines Querschnitts durch die vorderen Drittel der Corpora gen. ext. links; normale, rechts operierte Seite (mit dem Abbeschen Apparat gezeichnet). Vergr. 80:1.

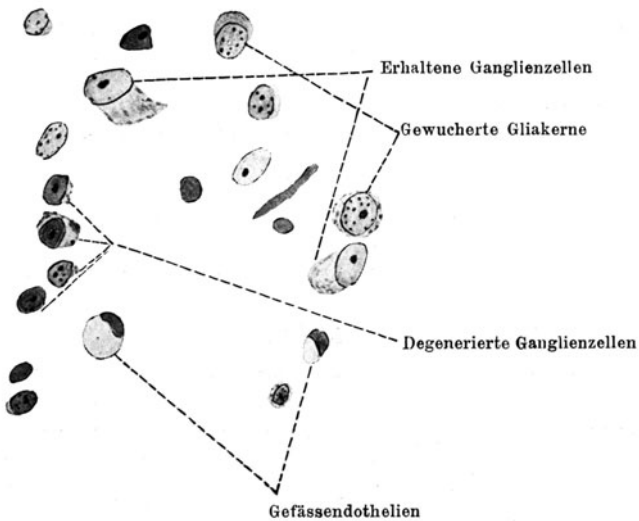


Fig. 22.

Immersionsbild aus dem Zentrum des degenerierten Querschnitts im frontalen Drittel des Corp. gen. ext.

Die erhaltenen Ganglienzellen besitzen einen hellen regelmässig begrenzten Kern mit dunklem Kernkörper und ein Plasma, in dem Tigroidschollen enthalten sind; sie unterscheiden sich hauptsächlich nur durch eine Reduktion des Plasmas von gleich grossen

Elementen der gesunden Seite. Die übrigen Ganglienzellen dagegen zeigen verschiedene Stadien der chronischen sekundären Degeneration; besonders charakteristisch sind die Veränderungen der Kerne, welche geschrumpft, unregelmässig begrenzt sind und eine dunkelblaue, gleichmässige, metachromatische Tinktion annehmen; das Plasma ist sklerosiert, in isoliert liegende, zusammengeballte Klumpen verwandelt.

Meine Fälle boten mir auch Gelegenheit, das Verhalten der Glia bei der sekundären Degeneration grauer Substanz zu studieren; ich knüpfte dabei an die interessanten Untersuchungen von de Vries ¹⁾ aus dem hiesigen Institut an, deren wesentlichstes Ergebnis „Das Stützgewebe gelangt bei der sekundären Degeneration der grauen Substanz zu einer manifesten Hyperatrophie und zeigt also keine mitotischen Kernteilungen und keine Vermehrung der Zahl der Gliakerne“ ich bestätigen kann. Vergleicht man die beiden Hälften der Fig. 21, so ist die Zahl der Zellen in der degenerierten Partie im Vergleich zur normalen wohl vermehrt; man muss aber den Umstand berücksichtigen, dass der ganze Querschnitt des Corp. gen. ext. geschrumpft ist, und dass daher die Zellen dichter zu liegen kommen. Um ein ganz präzises Ergebnis zu erlangen, habe ich einerseits die Flächen der Querschnitte der Corp. gen. ext. in dem Präparat, dem Fig. 21 entnommen ist, mit Hilfe des Amslerschen Planimeters gemessen, andererseits die Zellen in den gezeichneten Ausschnitten gezählt und dabei folgende Zahlen erhalten.

	Fläche des ganzen Querschnitts bei 80er Vergrösserung.	Zahl der Ganglienzellen im gezeichneten Ausschnitt	Zahl der Gliakerne darin
Degenerierte Seite . . .	38,6	115	290
Normale Seite	69,5	65	165
Verhältnis der Zahlen . .	$\frac{1}{1,8}$	1,77	1,75

Man sieht daraus, dass das Verhältnis der Zahlen der Gliakerne und Ganglienzellen (resp. deren Reste) in gleich grossen Ausschnitten des Corp. gen. ext. der operierten und der normalen Seite demjenigen der Gesamtquerschnitte des Corp. gen. ext. bis auf $\frac{1}{10}$ genau umgekehrt proportional ist, dass somit eine Vermehrung der Glia nicht stattgefunden hat (es ergibt sich auch daraus, dass eine Resorption von degenerierten Ganglienzellen noch nicht stattgefunden hat). Im Immersionsbild (s. Fig. 22) sieht man an der Glia teils progressive (Zellen mit grossen chromatinreichen Kernen und vermehrtem Plasma), teils regressive Veränderungen (geschrumpfte dunkle Kerne, sklerosiertes Plasma etc.). Karyokinetische Figuren sind nicht zu finden.

Die charakteristischen Marksäume, welche zum Teil aus Traktusfasern bestehen, zeigen in den kaudalen erhaltenen Partien der Corp. gen. ext. keine Differenz zwischen rechts und links (Fig. 16 und 17), in Frontalebene (Fig. 19 und 20) sind sie im degenerierten Querschnitt kaum noch zu unterscheiden.

Das Pulvinar und der laterale Thalamuskern zeigen weder eine Volumsreduktion noch einen nachweisbaren Ausfall von Zellen

¹⁾ De Vries, Experimentelle Untersuchungen über die Rolle der Neuroglia bei sekundärer Degeneration grauer Substanz. Arbeiten aus dem Hirnanatomischen Institut der Universität Zürich. 1907.

(ich habe mich davon durch Zählungen an einigen von symmetrischen Stellen des Pulvinars und des lateralen Thalamuskerns mit dem Abbe'schen Apparat hergestellten Zeichnungen überzeugt). Der Befund kann, soweit die Zellen in Frage kommen, als negativ bezeichnet werden.

Die Tractus und Nn. optici zeigen keinerlei Differenz zwischen rechts und links.

Versuch 2.

12. IX. 1911. Linksseitige Exstirpation des hinteren Teils der Area striata bei einer 5—6 monatlichen Katze. Es wird die basal-zerebellare Fläche des Okzipitallappens und der hinterste Teil des Gyr. marginalis abgetragen.

Funktionsprüfung. COD¹⁾ — die ersten vier Wochen nach der Operation Reaktionslosigkeit in der oberen Hälfte der temporalen

1.

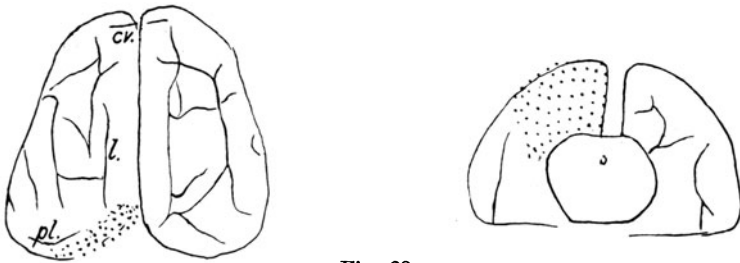


Fig. 23.

Ausdehnung des Defekts: 1. an der Konoexität. 2. an der zerebellaren Fläche.

drei Viertel des Gesichtsfeldes, bei wiederholten Proben mit Hilfe sämtlicher Methoden (Perimetrierung, Kreis- und Auseinanderführung) deutlich und sicher nachweisbar. Die völlige Reaktionslosigkeit in dieser Gesichtsfeldpartie macht dann einer hochgradigen Herabsetzung und Unregelmässigkeit der Reaktionen (Amblyopie) Platz, die bis zum Tode anhält; die Grenze der reaktionslosen, resp. reaktionsschwachen und der normal reagierenden Gesichtsfeldpartie liegt etwas (ca. 10°) oberhalb des horizontalen Äquators des Auges. COS. Im nasalen Gesichtsfeldviertel wird anscheinend nicht gesehen; sonst überall normale Reaktionen.

Ca. sechs Wochen nach der Operation bekommt das Tier Würmer (*Ascaris mystax*) im Stuhl und im Erbrochenen; es frisst nicht mehr, magert sichtlich ab und stirbt am 17. X. 1911, zwei Monate nach der Operation.

¹⁾ COD. Campus oculi dextri. COS. Campus oculi sinistri.

Sektion. Die Operation ist vollkommen richtig ausgeführt und umfasst die an der basal-zerebellaren Fläche des Okzipitallappens gelegene Partie der Area striata zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. recurrens. An der Konvexität ist die schmale Windung nach hinten vom Sulc. postlateralis zerstört. Das übrige Gehirn ist makroskopisch intakt.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Auf den sukzessiven Frontalschnitten lässt sich zunächst der makroskopische Sektionsbefund bestätigen, dass tatsächlich nur die zerebellare

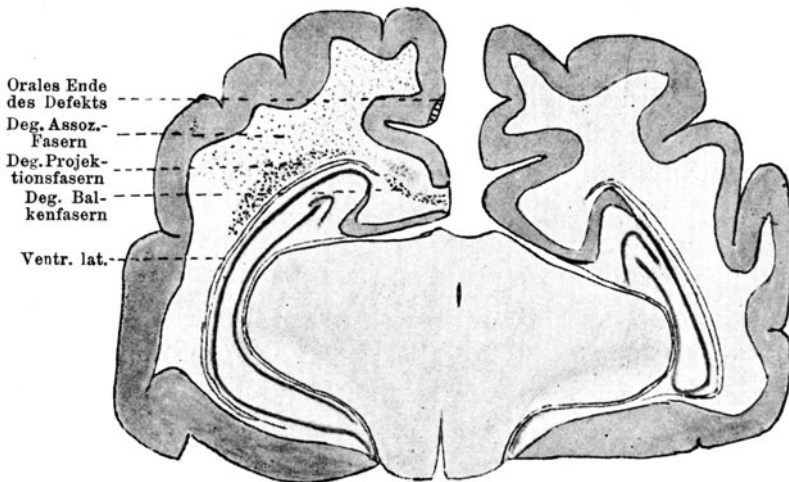


Fig. 24.

Frontalschnitt durch die Mitte des Corp. gen. int. Vergr. 3:1. (Mit dem Pantographen gezeichnet. Der Schnitt ist nicht ganz symmetrisch: die links getroffene Hälfte liegt weiter oralwärts als rechts.)

Fläche des Okzipitallappens und der kaudalste Teil des Gyr. marginalis zerstört sind.

In den Ebenen durch den mittleren Teil des Corp. gen. int. ist im Querschnitt nur noch eine kleine oberflächliche Rindenpartie aus der medialen Fläche der Hemisphäre abgetragen (s. Fig. 24).

Die degenerierten Faserzüge lassen sich hier im Gegensatz zum jungen Tier (s. S. 33) genau studieren, indem man sie bei schwacher Vergrößerung an Nisslpräparaten an einer starken Vermehrung der Gliakerne in der entsprechenden Markpartie erkennt, was durch den Vergleich mit der normalen Seite besonders deutlich wird (s. Fig. 24). Das sagittale Mark, welches die Projektionsfasern aus der ex-

stirpierten Rindenpartie enthält, ist in seiner dorsalen Etage degeneriert; ausserdem ziehen zahlreiche degenerierte Fasern in die erste und zweite Windung der Konvexität und zum Gyr. cinguli (Assoziationsfasern) und zum Balken (Kommissurenfasern); zwischen den degenerierten Projektions- und den Kommissurenfasern besteht hier eine degenerationsfreie Zone, da die degenerierten Balkenfasern sich bereits weiter kaudalwärts von den Projektionsfasern getrennt haben.

Im Immersionsbild findet man in den degenerierten Markpartien alle möglichen pathologischen Gliaformen, sowohl gewucherte, progressiv veränderte (mit chromatinreichen Kernen und vermehrtem Plasma), wie auch bereits in Rückbildung begriffene Elemente (geschrumpfte dunkle Kerne, sklerosiertes Plasma etc.); besonders charakteristisch sind grosse Zellen mit grossen, sehr blassen Kernen und reichlichem Plasma, welches Fortsätze aussendet (Spinnenzellen und Gliarasenzellen); im Gegensatz zum Verhalten der Glia bei sekundärer Degeneration grauer Substanz (s. S. 57) ist die Glia im Mark, wo letzteres degeneriert, zweifellos vermehrt.

Die degenerierten Projektionsfasern lassen sich Schnitt für Schnitt bis in die hinteren Teile der inneren Kapsel verfolgen, von wo sie in das Corp. gen. ext. (s. Fig. 25—28), in das Pulvinar und den lateralen Thalamuskern einstrahlen.

Corpus quadrigeminum anterius.

Auch in diesem Fall konnte ich mich wie in dem vorhergehenden von einer sicheren Veränderung im Corp. quadr. ant. nicht überzeugen. Wohl war seine Kontur auf der operierten Seite (wahrscheinlich infolge des Narbenzuges) verändert, aber es liess sich unter Berücksichtigung dieser Verschiebung weder eine deutliche allgemeine Volumsreduktion noch ein Ausfall von Zellen in einer bestimmten Schicht feststellen; auch v. Monakow¹⁾ hat in einem ähnlich operierten Fall nur eine minimale allgemeine Volumsreduktion gefunden, „die gerade an der Grenze der Nachweisbarkeit steht“, und bei der „von einer Lokalisation der Atrophie auf besondere Schichten nicht die Rede sein kann“.

Corpus geniculatum externum.

Vom Corp. gen. ext. habe ich, wie in Versuch 1, einige Frontalschnitte (bei 26facher Vergrösserung) mit dem Abbeschen Apparat gezeichnet.

Im kaudalen Drittel des Corp. gen. ext. (Pars post.) (s. Fig. 25) ist der ganze Querschnitt degeneriert, mit Ausnahme der Markganglienzellen (die im Volumen gegen die gesunde Seite vielleicht reduziert, aber keineswegs degeneriert sind); man sieht hier auch degenerierte

¹⁾ Arch. f. Psych. Bd. 16. Heft 1. S. 8. Versuch 5.

Faserzüge, welche von aussen her an das Corp. gen. ext. herantreten (Fortsetzung der degenerierten Fasern des sagittalen Projektionsmarks, s. Fig. 24).

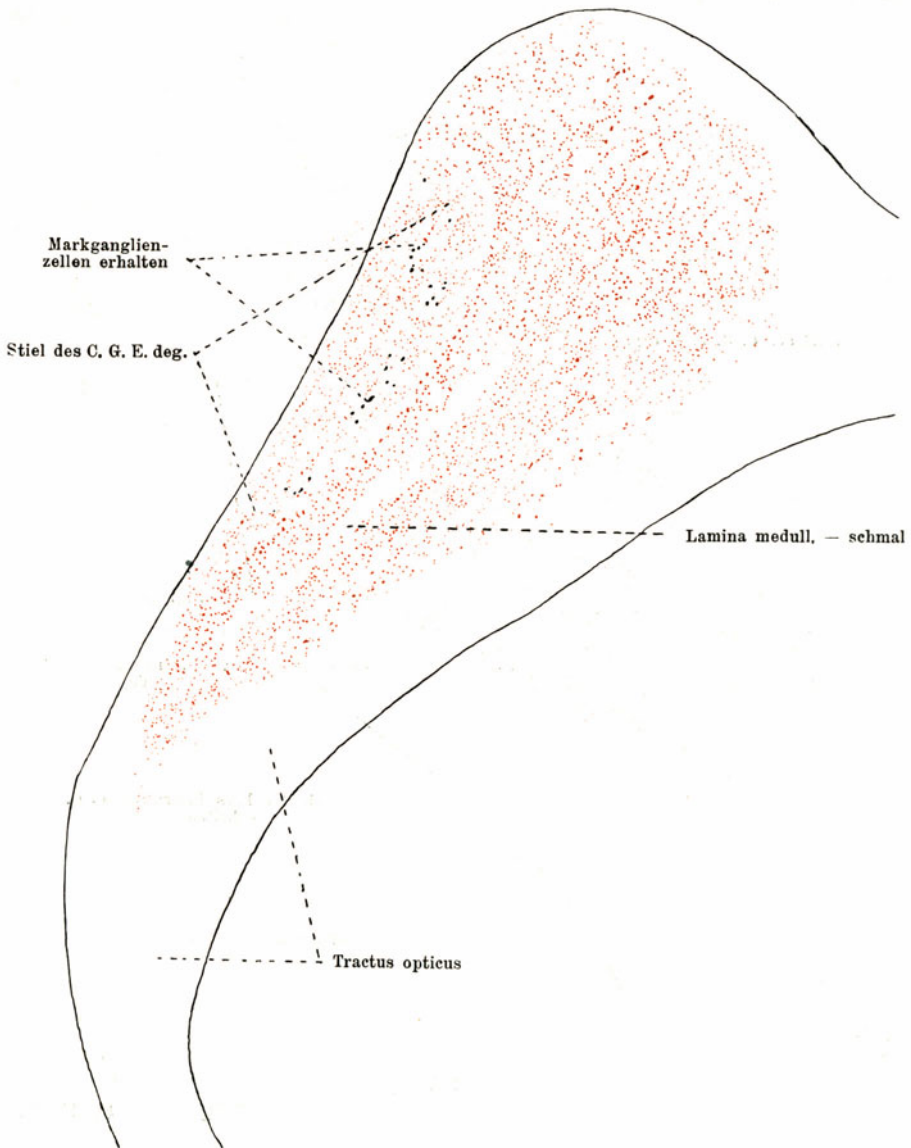


Fig. 25.

Frontalschnitt aus dem kaudalen Drittel des Corp. gen. ext. Vergr. 16:1.

Beim Übergang des kaudalen in das mittlere Drittel (s. Fig. 26) sind ausser den Markganglienzellen noch der ventrale kleinzellige Kern

und ein kleiner ventraler Abschnitt der Pars intermedia von der Degeneration verschont; der grösste Teil der Pars intermedia und die ganze Pars dorsalis des Corp. gen. ext. sind degeneriert; weiter oralwärts im mittleren

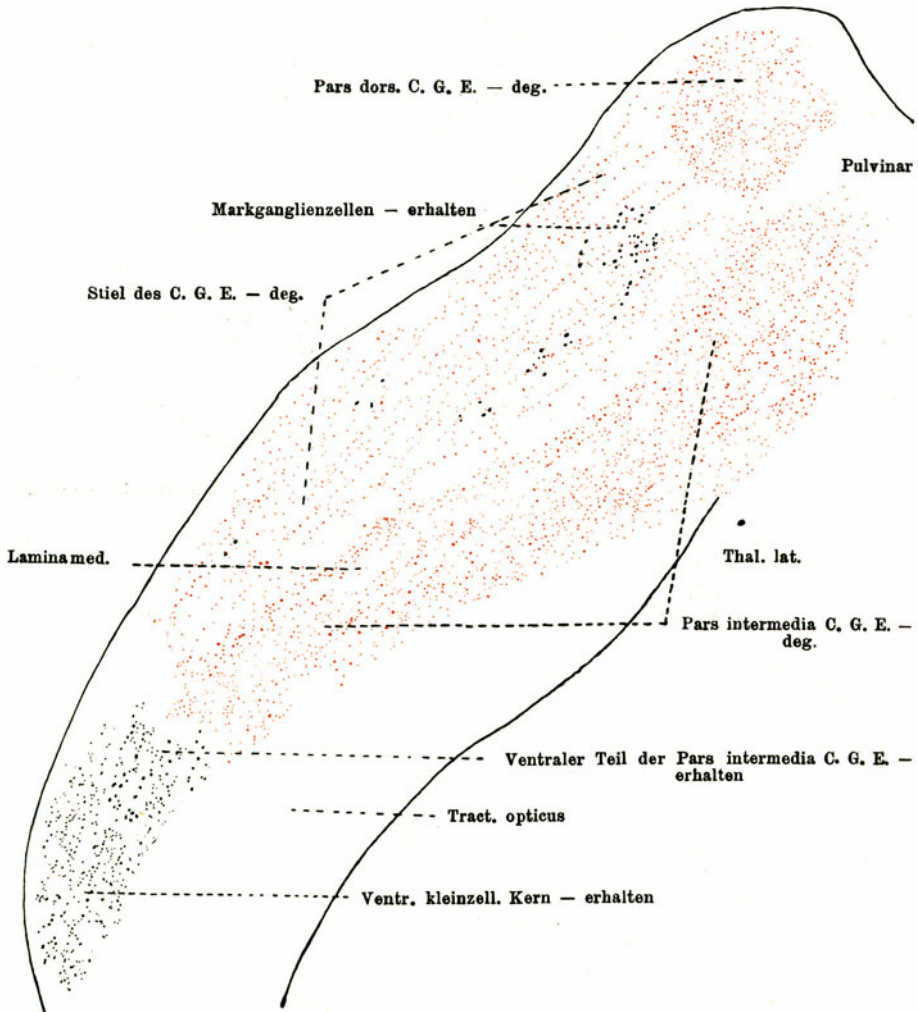


Fig. 26.

Frontalschnitt beim Übergang des kaudalen in das mittlere Drittel des C. G. E.
Vergr. 15:1.

Drittel des Corp. gen. ext. zieht sich der Degenerationsherd immer mehr auf die dorsolaterale Partie desselben zurück (s. Fig. 27 und 28); das orale Drittel (Pars ant.) des Corp. gen. ext. (s. Fig. 29) ist von einer Degeneration vollkommen frei, und die Zellen unterscheiden sich

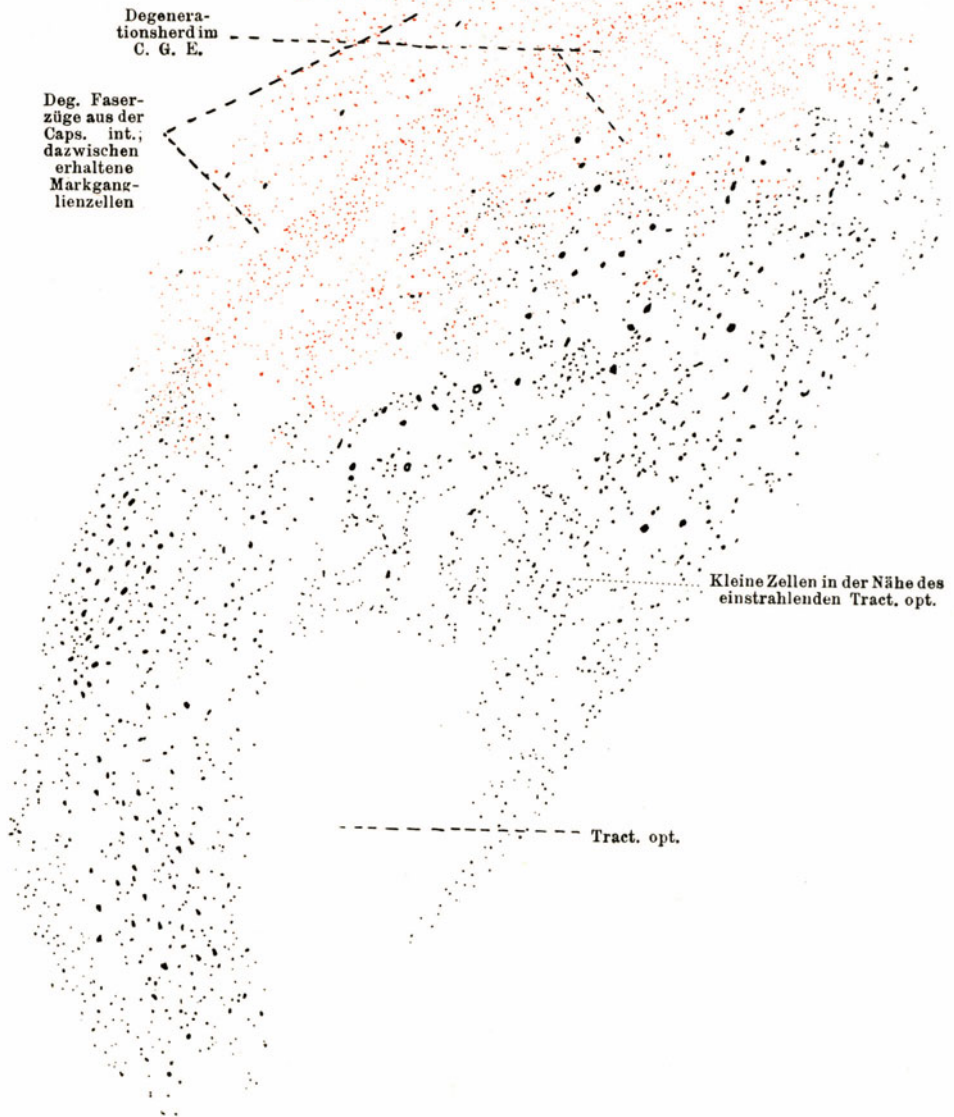


Fig. 27.

Frontalschnitt aus dem mittleren Drittel des C. G. E. Vergr. 22:1.

nach Zahl und Grösse nicht von der normalen Seite. Der ventrale kleinzellige Kern und die Markganglienzellen sind in diesem Falle wie auch in Versuch 1 erhalten.

Studiert man den Degenerationsherd mit Immersionsvergrößerung, so findet man auch hier (wie in Versuch 1) neben solchen Ganglien-

zellen die verschiedene Stufen der chronischen sekundären Degeneration¹⁾ zeigen (Schrumpfung und metachromatische Tinktion des Kerns, sklerosiertes zusammengeballtes Plasma), auch solche relativ gut erhaltene, im ganzen Querschnitt zerstreut liegende Elemente, die einen

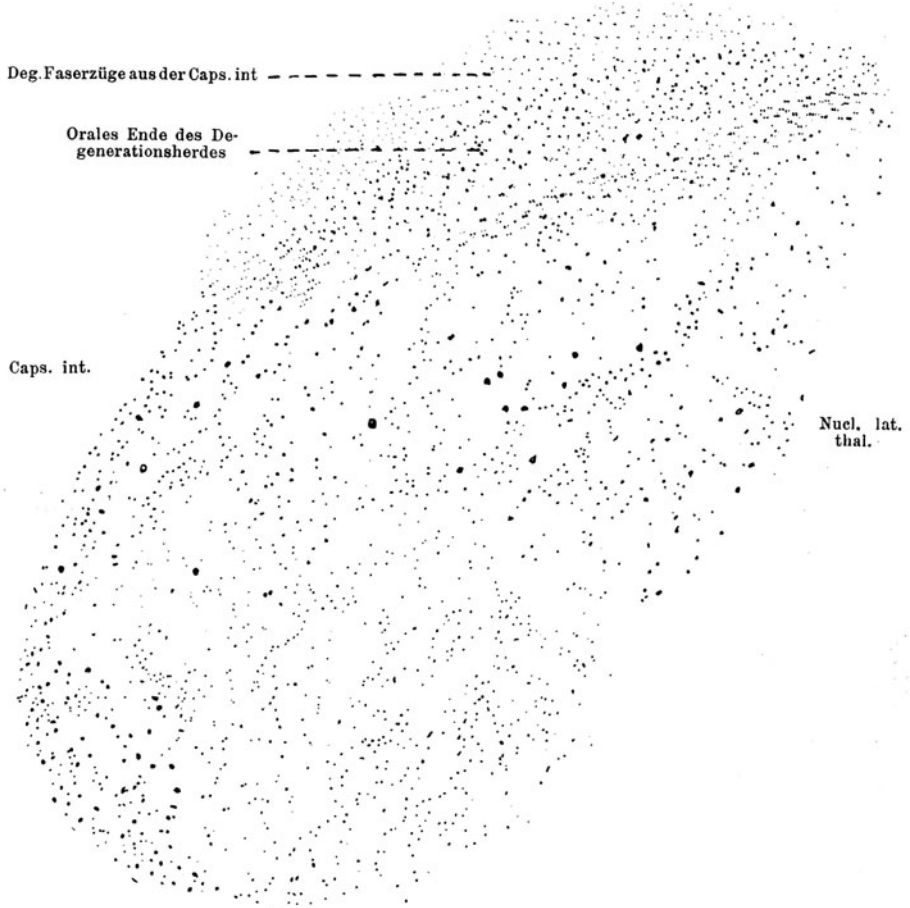


Fig. 28.

Frontalschnitt beim Übergang des mittleren in das vordere Drittel des C. G. E.
Verg. 26:1.

hellen, wohlgebildeten Kern mit dunklem Kernkörperchen und ein helles körniges Plasma besitzen.

Die Marksäume (Laminae medull.) sind in den kaudalen degenerierten Ebenen erheblich schmaler als auf der gesunden Seite (siehe

¹⁾ Die sekundäre Degeneration der Ganglienzellen ist hier, da es sich um ein erwachsenes Tier handelt, nicht soweit vorgeschritten, wie in Versuch 1, obwohl das Tier sogar länger nach der Operation gelebt hat.

Fig. 25 und 26), im oralen Drittel, wo der ganze Querschnitt normal ist, von gleicher Breite (s. Fig. 29).



Fig. 29.

Frontalschnitt aus dem vorderen Drittel des C. G. E. — normal. Vergr. 26:1.

Im Pulvinar und im lateralen Thalamuskern (diese beiden Gebilde sind anatomisch schwer voneinander zu sondern) habe ich ent-

gegen dem Befund von Monakow in einem ähnlich operierten Fall ¹⁾ weder eine deutliche Volumsreduktion noch einen sicher nachweisbaren Ausfall von Ganglienzellen feststellen können (dieser Befund wurde durch Messungen und Zählungen von Zellen an symmetrischen Stellen der operierten und der normalen Seite kontrolliert); dagegen erkennt man an einer deutlichen Vermehrung der Glia, dass degenerierte Faserzüge aus der inneren Kapsel dorsal von der Pars intermedia und Pars ant. des Corp. gen. ext. zu diesen Gebilden ziehen; da ein Ausfall oder eine Degeneration von Ganglienzellen im Pulvinar und im lateralen Thalamuskern (die zu erwarten wäre, wenn die degenerierten Projektionsfasern aus ihnen entsprängen), nicht nachweisbar ist, so darf wohl daraus der Schluss gezogen werden, dass die exstirpierte Partie der Area striata und dann wohl auch die ganze Area striata mit dem Pulvinar und dem lateralen Thalamuskern vorwiegend (vielleicht sogar ausschliesslich) durch kortikofugale Fasern verbunden ist; die Existenz solcher Fasern hat bereits Probst mit Hilfe der Marchi-Methode nachgewiesen.

Die Tract. optici zeigen keinerlei Differenz zwischen rechts und links.

Die übrigen infrakortikalen Gebilde, der Luysche Körper, das Corp. gen. int. etc. sind völlig intakt.

Versuch 3.

25. X. 1911. Rechtsseitige Exstirpation des hinteren Teils der Area striata bei einer ca. achtmonatlichen Katze. Es wird die basal-zerebellare Fläche des Okzipitallappens und der hinterste Teil des Gyr. marginalis abgetragen (wie in Versuch 2).

Funktionsprüfung nicht genau ausführbar, da das Tier nach der Operation träge ist und keine Nahrung zu sich nimmt, optische Reflexe rechts +, links fehlend.

1. XI. 1911. Das Tier stirbt sieben Tage nach der Operation.

Sektion. Der Defekt umfasst das Gebiet an der zerebellaren Fläche des Okzipitallappens zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. recurrens, an der Konvexität die schmale Windung nach hinten vom Sulc. postlateralis.

¹⁾ Arch. f. Psych. Bd. 16. Heft 41. S. 7 und 8.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Ich kann mich bei der anatomischen Besprechung dieses Falles kurz fassen. Das Tier hat nur sieben Tage nach der Operation gelebt, trotzdem zeigte sich schon nach dieser kurzen Zeit im Corp. gen. ext. eine deutliche Veränderung im Sinne der beginnenden sekundären Degeneration, und zwar entspricht ihre Ausbreitung im grossen ganzen derjenigen in Versuch 2, wo die gleiche Operation ausgeführt worden war; das kaudale Drittel ist in toto von der sekundären Degeneration ergriffen — bis auf eine mediale Gruppe von Elementen (s. Fig. 30, 1); im medialen Drittel ist die Pars dorsalis ¹⁾ in toto degeneriert, in der Pars intermedia zieht sich der Degenerationsherd auf die dorsolaterale Partie des Querschnitts zurück (s. Fig. 30, 2) und das frontale Drittel ist von Degeneration vollkommen frei (Fig. 30, 3).

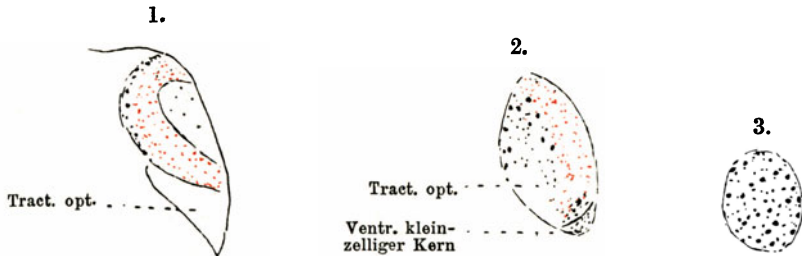


Fig. 30.

Drei Frontalschnitte durch das rechte Corp. gen. ext.: 1. Aus dem kaudalen Drittel; 2. aus dem mittleren Drittel; 3. aus dem frontalen Drittel desselben. Vergrösserung der Konturen 5:1. Die in den Initialstadien der sekundären Degeneration begriffenen Zellen sind rot, die normalen schwarz gezeichnet.

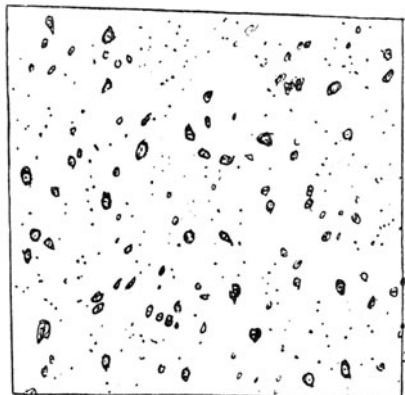
Im Immersionsbild kann man sich überzeugen, dass es sich um verschiedene Stadien der sekundären Degeneration von Ganglienzellen handelt, und es ist auffallend,

¹⁾ Die Pars dorsalis corp. gen. ext. (in Fig. 30 nicht reproduziert, s. Fig. 5, 17 und 26), welche dem Corp. gen. ext. a₁ von Monakow entspricht, war im zweiten (s. Fig. 26) und dritten Versuch in toto von der sekundären Degeneration ergriffen; ich kann mich daher seiner Behauptung (Arch. f. Psych. Bd. 20, Heft 3) nicht anschliessen, wonach dieser Teil „nach Wegnahme der ganzen Sehsphäre bei Hunden und Katzen (erwachsen oder neugeboren operiert) nur wenig beeinträchtigt wird, jedenfalls nicht direkt“. Monakow sah sich zur Annahme veranlasst, dass die meisten Zellen dieses Abschnittes (Corp. gen. ext. a₁) nicht zum Sehsphärenanteil des Corp. gen. ext. gehören, sondern Ganglienzellen zweiter Kategorie von Golgi (Schaltzellen) sind, „aus deren Achsenzylindern sich markhaltige Nervenfasern nicht bilden, und die durch Nervenetze mit den mannigfaltigsten Fasersystemen indirekt verbunden sind“; nach dem Ergebnis der beiden Versuche 2 und 3 kann ich mich seiner Auffassung nicht anschliessen und halte auch die Pars dorsalis des Corp. gen. ext. für einen Sehsphärenanteil desselben; die negativen Befunde von Monakows sind wohl darauf zurückzuführen, dass in den von ihm untersuchten Munkschen Hundegehirnen die basal-zerebellare Fläche des Okzipitallappens nicht in genügender Ausdehnung zerstört war.

wie ausgesprochene Veränderungen bereits sieben Tage nach der Operation vorhanden sein können. Selbst die Kerne sind vielfach verändert, geschrumpft und metachromatisch gefärbt; in den übrigen Zellen sind die Kerne noch anscheinend intakt, und die Veränderung beschränkt sich auf das Plasma, welches reduziert, aufgehellt erscheint und ein Retikulum enthält, worin die Tigroidschollen grösstenteils aufgelöst sind. Die Veränderung fällt schon bei schwacher Vergrösserung in die Augen, indem die Zellen (namentlich die grossen) in ihrem Volumen erheblich reduziert sind, was durch einen Vergleich des in Degeneration begriffenen kaudalen Drittels des Corp. gen. ext. mit dem normalen frontalen ohne weiteres deutlich wird (s. Fig. 31).

In den übrigen subkortikalen Gebilden (Pulvinar, Corpus quadr. ant. etc.) war keine deutliche Veränderung nachweisbar.

Aus dem kaudalen Drittel des C. G. E.



Aus dem frontalen Drittel des C. G. E.

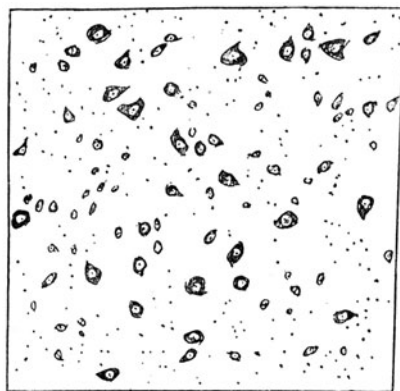


Fig. 31.

Zellen aus dem kaudalen und aus dem frontalen Drittel des rechten Corp. gen. ext., bei der gleichen (80fachen) Vergrösserung mit dem Abbeschen Apparat gezeichnet. Bemerkenswert ist die starke Volumesreduktion der Zellen im kaudalen Drittel schon 7 Tage nach der Operation.

Zusammenfassung.

Das anatomische Studium dieser drei Fälle liefert nach mancher Richtung hin ein interessantes und wichtiges Ergebnis, besonders über die Beziehungen des Grosshirns zum Corpus geniculatum externum. Es handelt sich um drei reine Exstirpationen des vorderen, resp. hinteren Teils der Area striata; das Studium der sekundären Degeneration im Corp. gen. ext. zeigt nun ohne weiteres, dass im zweiten und dritten Fall gerade jene Teile des Corp. gen. ext. sekundär zugrunde gegangen sind, welche im ersten Fall erhalten blieben (vgl. Figg. 16—20 mit 24—29 und 30). Addiert man nun die exstirpierten Rindenpartien und die degenerierten Gebiete des Corp. gen. ext., so erhält man einerseits die ganze Area striata, anderseits den ganzen grosszelligen Haupt-

kern des Corp. gen. ext. (anscheinend bis auf eine Gruppe von kleineren Zellen in der Nähe des einstrahlenden Tract. opt. im medialen Teil der Pars intermedia, s. Fig. 18 und 27); letzterer bildet somit in allen seinen Teilen (Pars. post., Pars intermedia, Pars ant. und Pars dors.) einen Grosshirnanteil, oder wie wir uns jetzt noch präziser ausdrücken dürfen, einen Anteil der Area striata — nach deren Exstirpation er sekundär degeneriert.

Der ventrale kleinzellige Kern und die Markganglienzellen, vielleicht auch eine Gruppe von Zellen in der medialen Partie der Pars intermedia neben der Einstrahlung des Tract. opt., bleiben von der Degeneration verschont und sind somit vom Grosshirn nicht direkt abhängig. Auch im grosszelligen Hauptkern gehen nur die grossen und mittleren Zellen sekundär zugrunde, während die kleinen Zellen, die im ganzen Querschnitt zerstreut liegen, wenigstens zum Teil und für eine gewisse Zeit erhalten bleiben; letztere sind danach ebenfalls vom Grosshirn nicht direkt abhängig, und es liegt die Annahme nahe, dass es sich dabei um Ganglienzellen zweiter Kategorie von Golgi handelt, aus deren kurzen Achsenzylindern sich keine markhaltigen Nervenfasern bilden; ihr zerstreutes Vorkommen im ganzen Querschnitt des grosszelligen Hauptkerns und die Tatsache, dass sie nach Exstirpation der Area striata im Gegensatz zu den grossen und mittleren Zellen erhalten bleiben, spricht dafür, dass diese Zellenkategorie eine besondere funktionelle Aufgabe zu erfüllen hat; nach der Monakowschen Annahme könnte es sich um „Schaltzellen“ handeln, denen die Fähigkeit zukommt, „Erregungen von verschiedenen Seiten zu empfangen und sie nach verschiedenen Richtungen zu übertragen“.

Daraus, dass nach Exstirpation des vorderen Teils der Area striata (Versuch 1) die vorderen, nach Exstirpation des hinteren (Versuch 2 und 3) die hinteren Teile des Corp. gen. ext. sekundär zugrunde gehen, dass der Degenerationsherd gegen die erhaltenen Partien in jedem Fall scharf abgegrenzt ist, ergibt sich ohne weiteres, dass eine anatomische Projektion des Corp. gen. ext. auf die Grosshirnrinde im Sinne von engen Beziehungen zwischen bestimmten Teilen der Area striata und des Corp. gen. ext. besteht, und zwar so, dass die vorderen (und zugleich oberen) Teile der Area striata mit den vorderen ¹⁾

¹⁾ Dass der vordere Teil der Area striata bei der Katze mit dem vorderen Teil des Corp. gen. ext. in Verbindung steht, geht auch aus einer interessanten Beobachtung von Valkenburgs (Mitteilungen aus der Königl. Akademie der Wissenschaften Amsterdams 1911) hervor; bei einer sagittalen Durchtrennung der kaudalen Balkenhälfte erhielt er als Nebenläsion einen 8 mm langen, auf die Rinde beschränkten Erweichungs-

(und nur mit diesen), die hinteren (und zugleich unteren) mit den hinteren Teilen des Corpus geniculatum externum in Verbindung stehen.

d) Kleine Exstirpationen aus dem Bereich der Area striata.

Nachdem somit in grossen Zügen das Vorhandensein einer Projektion des Corp. gen. ext. auf die Grosshirnrinde festgestellt worden war, erschien es geboten, dasselbe noch ins Detail zu verfolgen. Zu diesem Zweck habe ich kleine Exstirpationen aus dem Bereich des vorderen, an der medialen Fläche des Gyr. marginalis gelegenen Teils der Area striata ausgeführt.

Versuch 4.

1. XII. 1911. Linksseitige Exstirpation eines 5 mm langen Rindenstückchens aus der Konvexität und der medialen Wand des Gyr. marginalis bei einer ca. dreimonatigen Katze.

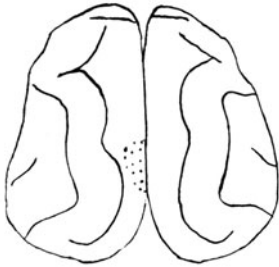


Fig. 32.

Umfang des Defekts an der Konvexität (an der medialen Hemisphärenwand reicht er bis zum Sulcus splenialis).

Funktionsprüfung: keinerlei Störung im Gesichtsfeld nachweisbar. Keine Differenz der Lidspalten und der optischen Reflexe.

25. XII. 1911. Das Tier stirbt nach kurzer Krankheit, wahrscheinlich an Würmern (*Ascaris mystax*), 3½ Wochen nach der Operation.

Sektion. Grenzen des Defekts: lateral — 0,2 medialwärts vom Sulc. lateralis, medioventral — bis zum Sulc. splen., frontal — 1,5 vom kaudalen Pol der Hemisphäre, kaudal — 1,0 davon. Die Grenzen des Defekts sind scharf gegen die gesunde Umgebung abgegrenzt.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Die mikroskopische Untersuchung an Frontalschnitten bestätigt, dass der Defekt auf die Area striata beschränkt ist, indem nur ihre an der Konvexität und an der medialen Hemisphärenwand gelegene Partie

herd im Gyr. marginalis, dessen kaudales Ende ungefähr 2½ mm nach hinten vom kaudalen Ende des Balkenspleniums lag; nach dieser Läsion, welche das frontale Drittel der Area striata enthielt, sah er eine Degeneration fast sämtlicher Ganglienzellen im vorderen Drittel des gleichseitigen Corpus gen. ext.

in der angegebenen sagittalen Ausdehnung (s. Fig. 31) abgetragen ist (die dorsale Lippe des Sulc. splenialis ist zum Teil erhalten); der Defekt ist in den gleichen Ebenen anzutreffen wie das Corp. gen. ext.

In den subkortikalen Ganglien sind nur im Corp. gen. ext. sekundäre Veränderungen zu finden, und zwar sieht man hier einen scharf begrenzten Degenerationsherd, der, wenn man von hinten nach



Fig. 33.

Frontalschnitt aus dem vorderen Drittel des Corp. gen. ext. Vergr. 26:1.

vorn fortschreitet, in den vorderen Ebenen des mittleren Drittels (wo die Pars dorsalis des Corp. gen. ext. noch nicht ganz verschwunden ist) zuerst auftritt, und zwar in der medialen Partie des Pars intermedia. Der Degenerationsherd vergrößert sich allmählich oralwärts und nimmt in den Ebenen des vorderen Drittels des Corp. gen. ext. eine zentrale Partie im Querschnitt ein (s. Fig. 33); in den oralsten Ebenen sind die dorsalen zwei Drittel des Corp. gen. ext. degeneriert, das ventrale Drittel erhalten (s. Fig. 34).

Im Pulvinar, im lateralen Thalamuskern, im Corp. quadr. ant. sind keine Veränderungen nachweisbar.

Mit Immersionsvergrößerung studiert, zeigt der Degenerationsherd ähnliche Veränderungen wie in Beobachtung 1 (s. Fig. 22). Er besteht vorwiegend aus degenerierten Ganglienzellen, die durch einen geschrumpften, metachromatisch (hell- bis dunkelblau) tingierten Kern und sklerosiertes, intensiv gefärbtes, zu amorphen Massen zusammengeballtes Plasma mit Schwund der Fortsätze charakterisiert sind; dazwischen kommen, allerdings sehr spärlich, vereinzelt kleine Zellen vor, die relativ gut erhalten sind, indem sie einen hellen Kern und helles körniges Plasma besitzen.

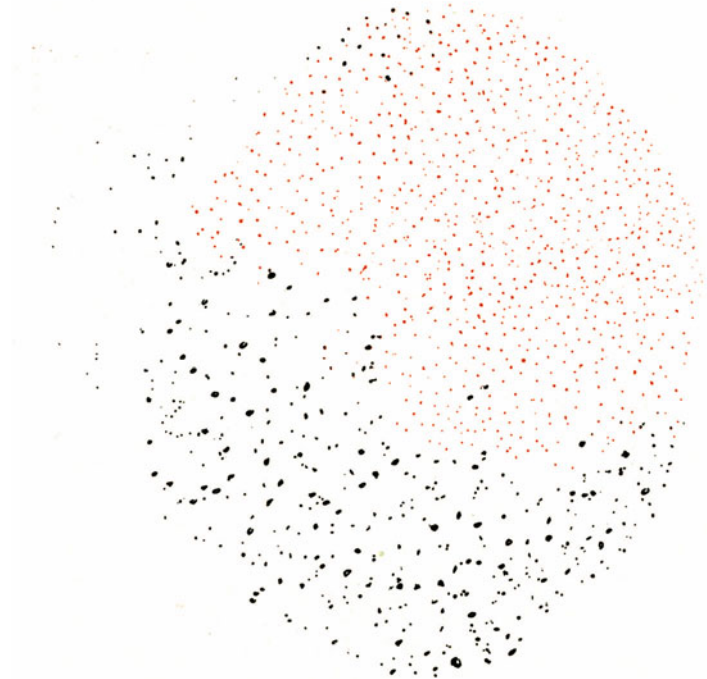


Fig. 34.

Frontalschnitt aus den oralsten Ebenen des Corp. gen. ext. Vergr. 26:1.

Versuch 5.

2. II. 1912. Linksseitige Exstirpation eines 5—6 mm langen Rindenstückchens aus der oralsten Partie der Area striata (nach vorn bis zu einer Frontalebene, welche der Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. later. entspricht) bei einer ca. drei Monate alten Katze.

Funktionsprüfung: Abgesehen von den ersten Tagen nach der Operation ist keinerlei Ausfall im Gesichtsfeld nachweisbar. Keine Differenz der Lidspalten und der optischen Reflexe.

16. III. 1912. Das Tier wird sechs Wochen nach der Operation getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: vorn — 0,8 kaudalwärts vom medialen Ende des Sulc. cruciatus; hinten: 1,5 kaudalwärts vom medialen Ende des Sulc. cruciatus, 2,0 oralwärts vom kaudalen Pol der Hemisphäre; medio-ventral — bis zum Sulc. splen., lateral bis zum Sulc. later. (das fronto-laterale Ende des Defekts reicht bis zur Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis).



Fig. 35.

Umfang des Defekts an der Konvexität der Hemisphäre (an der medialen Wand reicht er in gleicher sagittaler Ausdehnung bis zum Sulc. splenialis).

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Der Defekt beginnt mit seinem kaudalen Ende ca. 3 mm oralwärts vom frontalen Pol des Corp. gen. ext. und erstreckt sich auf die Rinde und den Markstrahl der ersten Windung vom Sulc. lateralis an der Konvexität bis zur Aussenmündung des Sulc. splenialis an der medialen Hemisphärenwand. Das Studium der gesunden Seite ergibt, dass in den Schnitten, die das kaudale Ende des Defekts enthalten, die Area striata in ihrem oralsten Teil an der medialen Fläche der Hemisphäre noch getroffen ist (Fig. 36).

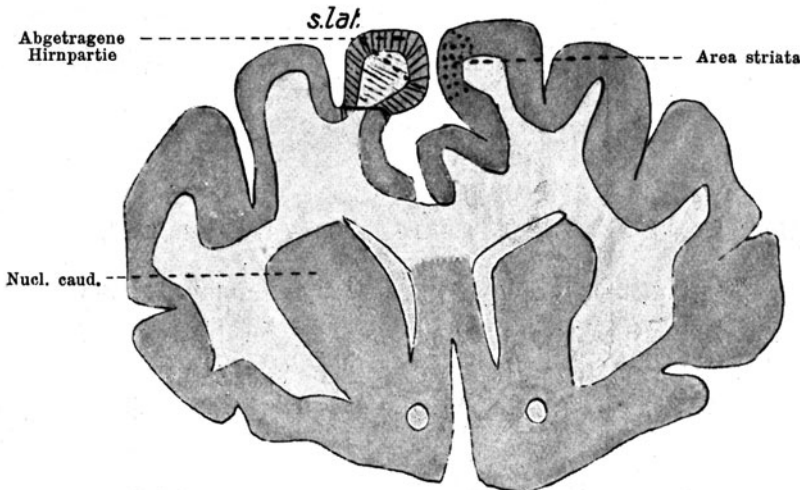


Fig. 36.

Frontalschnitt durch das kaudale Ende des Defekts. Vergr. 3:1. Die abgetragene Rinden- und Markpartie ist durch Striche markiert.

Im Corp. gen. ext. ist nur im oralen Fünftel ein Degenerationsherd vorhanden, welcher überall eine kleine ventrale Partie des Querschnittes einnimmt und vom normalen Rest desselben scharf abgegrenzt ist (s. Fig. 37). Der geringe Umfang des Degenerationsherdes im Vergleich zu Versuch 4, wo das exstirpierte Rindenstück sogar etwas kleiner gewesen ist, spricht dafür, dass nur ein Teil des



Fig. 37.

Frontalschnitt aus dem oralen Fünftel des C. G. E. Vergr. 26:1.

abgetragenen Rindenstückes (wohl nur sein kaudales Ende) noch zum Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext. im Kortex gehört.

In den übrigen subkortikalen Gebilden (Pulvinar, lateraler Thalamuskern, Corp. quadr. ant.) konnte ich keine Veränderungen feststellen.

Zusammenfassung.

Die Operationen 4 und 5 stellen kleine partielle Exstirpationen (von ca. 5 mm Durchmesser) innerhalb des vorderen Teils der

Area striata dar (welcher im Versuch 1 in toto extirpiert worden ist); in Versuch 4 ist der kaudale Abschnitt dieses vorderen Teils, in Versuch 5 sein oralster Abschnitt abgetragen; die Exstirpation 5 schliesst sich mit ihrem kaudalen Ende an das frontale Ende der Exstirpation 4 fast unmittelbar an. Die sekundäre Degeneration im Corp. gen. ext. stimmt mit derjenigen in Versuch 1 insofern überein, als es in Versuch 4 und 5 sich auch um eine Degeneration im vorderen Teil des Corp. gen. ext. (Pars ant.) handelt; während aber in Versuch 4 in den vorderen zwei Fünfteln des Corp. gen. ext. der grösste Teil des Querschnitts mit Ausnahme der ventralen Partie degeneriert ist (s. Fig. 33 und 34), ist in Versuch 4 im oralen Fünftel gerade diese ventrale Partie degeneriert, das übrige erhalten (s. Fig. 37). Es ergibt sich daraus ohne weiteres, dass eine Projektion des Corp. gen. ext. auf die Area striata nicht nur im grossen besteht, sondern eine sehr scharfe ist, indem kleinen Bezirken der Area striata ganz bestimmte insel-förmige Abschnitte des Corp. gen. ext. entsprechen; nach der Exstirpation eines solchen Bezirkes (von ca. 5 mm Durchmesser in Vers. 4 und 5) geht ein scharf abgegrenzter inselförmiger Abschnitt des Corp. gen. ext. sekundär zugrunde.

Durch die vorhergehenden Versuche ist nicht nur das Vorhandensein einer Projektion des Corp. gen. ext. auf die Grosshirnrinde festgestellt, sondern nach dem anatomischen Ergebnis der Versuche 1, 2 und 3 kann auch die Frage nach dem Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext. im Grosshirn, wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit, beantwortet werden. Denn da es sich bei Versuch 1 einerseits, bei den Versuchen 2 und 3 andererseits um reine partielle Exstirpationen der Area striata gehandelt hat, die in ihrer Summe der ganzen Area striata gleichen, und da die sekundären Degenerationen im Corp. gen. ext. summiert sich über den ganzen grosszelligen Kern desselben erstreckten, so darf wohl schon danach angenommen werden, dass der Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext., wenigstens seines grosszelligen Hauptkerns, in der Grosshirnrinde mit der Area striata zusammenfällt.

Dieses wichtige Ergebnis habe ich mich bemüht, nach zwei Richtungen hin zu kontrollieren. Bildet die Area striata tatsächlich den einzigen Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext. in der Grosshirnrinde, so steht zu erwarten, dass einerseits nach Exstirpationen von Rindenteilen aus der Nachbarschaft der Area striata keine Degeneration im Corp. gen. ext. auftritt, dass andererseits nach Exstirpationen

der ganzen Area striata das Corp. gen. ext. in toto degeneriert. Ich habe die Untersuchung nach diesen beiden Richtungen geführt; das Ergebnis stimmte mit dem auf Grund von partiellen Exstirpationen der Area striata (Versuche 1, 2 und 3) erhaltenen völlig überein.

e) Exstirpationen aus der 2. Windung (Gyr. suprasylvius) der Konvexität des Okzipitallappens.

Als Operationen ausserhalb der Area striata habe ich zwei Exstirpationen aus der zweiten Windung der Konvexität des Okzipitallappens (Gyr. suprasylvius) ausgeführt; ich musste mir aber von vornherein vergegenwärtigen, dass hier ungünstige anatomische Verhältnisse vorliegen, indem die sagittale Markstrahlung unmittelbar unter der zweiten Windung verläuft, und jede Läsion, die etwas tiefer geht, auch das sagittale Mark schädigen und Fasern unterbrechen muss,

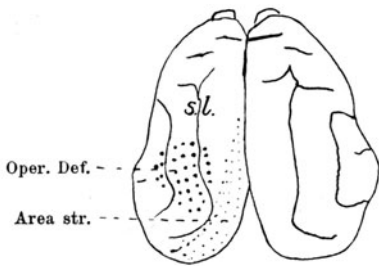


Fig. 38.

Die Ausdehnung der Area striata an der Konvexität ist durch feine, der operative Defekt durch gröbere Punkte markiert.

welche zu anderen Teilen des Okzipitallappens als den exstirpierten — mithin auch zur Area striata — verlaufen. Es konnten daher nur solche Operationen für die Frage nach dem Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext. in der Grosshirnrinde verwertet werden, bei denen die Exstirpation tatsächlich auf die Rinde und ihren Markstrahl beschränkt, das sagittale Mark intakt blieb. Es ist mir glücklicherweise gelungen, einen derartigen reinen Fall zu erhalten.

Versuch 6.

24. IV. 1911. Linksseitige Exstirpation einer Rindenpartie von 1 cm Durchmesser aus der zweiten Windung (Gyr. suprasylvius) der Konvexität. Die Rinde wird auf 2—3 mm Tiefe abgetragen.

Funktionsprüfung: von Anfang an ist keinerlei Ausfall oder Störung im Gesichtsfeld nachweisbar.

Das Tier stirbt an der Staupe 2½ Monate nach der Operation.

Sektion: Die Operation ist richtig ausgeführt. Die exstirpierte Partie entspricht ungefähr der Stelle A₁ von Munk. Grenzen des Defekts: medial bis zum Sulc. lateralis, stellenweise auch etwas über denselben hinaus; lateral bis zur Mitte des Gyr. ectosylv. med.; kaudal

bis zur Umbiegungsstelle des Sulc. lat. in den Sulc. postlateralis, frontal 1,7 vom kaudalen Pol der Hemisphäre. Grösste sagittale Länge des Defekts 1,2; grösste frontale Breite 1,0.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Der operative Defekt beginnt kaudal in den kaudalen Ebenen des Corp. gen. ext. und endet vorn ca. 4 mm oralwärts von seinem oralen Pol. An Frontalschnitten ist deutlich zu sehen, dass die Area striata in allen ihren Teilen und die Verbindung derselben

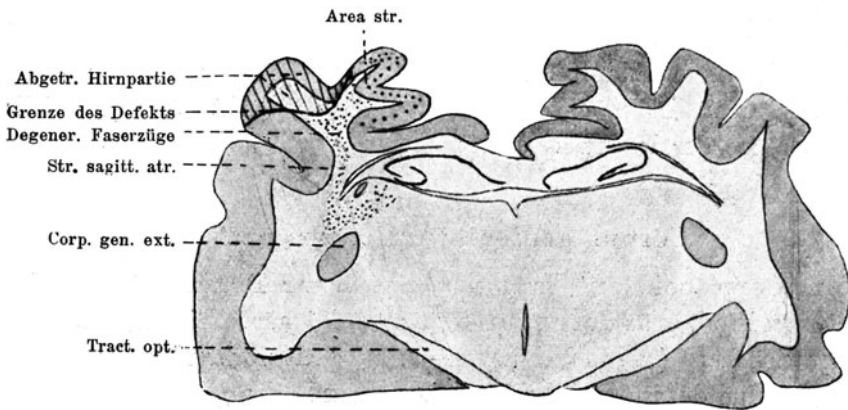


Fig. 39.

Frontalschnitt durch die Mitte des Defekts. Vergr. 3:1. Die abgetragene Rindenpartie mit ihrem Markstrahl ist hinzugezeichnet und durch Striche, die erhaltene Area striata durch Punkte markiert.

mit dem sagittalen Mark erhalten ist (s. Fig. 39). Die Abtragung beschränkt sich in sehr exakter Weise auf die Rinde der zweiten Windung (Gyr. suprasylv.) und deren Markstrahl. Die Tiefe des Defekts ist in allen Schnitten annähernd gleich, so dass die Zuleitung von Fasern aus dem sagittalen Mark zur Area striata nirgends in nennenswerter Weise unterbrochen sein dürfte. Die Hemisphäre ist wohl infolge des Narbenzuges stark nach der Seite der Operation verschoben, so dass zwischen beiden Hemisphären eine breite Spalte vorhanden ist (Fig. 39).

Degenerierte Markfaserzüge sind nur in unmittelbarer Nähe des Defekts deutlich, während sie im sagittalen Mark und in der inneren Kapsel nicht mehr genau zu verfolgen sind; das beruht wohl darauf, dass bei jungen Tieren die Resorption der Degenerationsprodukte rasch vonstatten geht, die gewucherte Glia dann bald regressive Veränderungen erleidet, so dass im Endstadium eine Vermehrung der Glia, an

der man an Nisslpräparaten die sekundäre Degeneration verfolgen könnte, nicht mehr vorhanden ist (s. auch Versuch 1). Dem Umfang nach ist das sagittale Mark gegen die gesunde Seite stark reduziert (siehe Fig. 39).

Corpus quadrigeminum anterius.

Eine sichere Veränderung ist bis auf eine geringe allgemeine Volumsreduktion nicht feststellbar. Die Beurteilung ist dadurch ausserordentlich erschwert, dass durch den Narbenzug auch das Corp. quadr. ant. der operierten Seite verschoben und in seiner Kontur verändert ist.

Eine geringe Reduktion der Zahl der Ganglienzellen im oberflächlichen Grau ist möglicherweise vorhanden, steht aber jedenfalls an der Grenze der Nachweisbarkeit.

Corpus geniculatum externum.

Im Corp. gen. ext. habe ich bei genauer Durchmusterung der Schnitte keine Veränderungen feststellen können. Ein abgegrenzter Degenerationsherd (wie in Versuch 1—5) ist nicht vorhanden, und auch eine allgemeine diffuse Reduktion der Zahl der Zellen gegen die gesunde Seite ist nicht nachweisbar. Um mich davon zu überzeugen, ob nicht doch eine allgemeine Reduktion stattgefunden hat, habe ich eine Reihe von Querschnitten (im ganzen 16) durch das ganze Corp. gen. ext. auf der normalen und auf der operierten Seite mit Hilfe des Projektionsapparates bei einer konstanten Vergrößerung gezeichnet, die Fläche jedes Querschnittes mit dem Amslerschen Planimeter gemessen und die so erhaltenen Zahlen summiert; das Resultat war ein für die gesunde und operierte Seite auffallend übereinstimmendes.

Pulvinar und lateraler Thalamuskern ¹⁾.

In den Ebenen, welche dem kaudalen und dem mittleren Drittel des Corp. gen. ext. entsprechen, sind die Zellen (sowohl Glia- wie Ganglienzellen) im Pulvinar und im lateralen Stratum des lateralen Thalamuskerns (unmittelbar angrenzend an die mediale Partie des Corp. gen. ext.) dichter gelagert als auf der gesunden Seite; dieser Befund konnte auch durch Zählung von Zellen an symmetrischen Stellen der operierten

¹⁾ Diese beiden Gebilde sind anatomisch schwer voneinander zu trennen.

und der gesunden Seite bestätigt werden (s. Fig. 40). Ein Ausfall von Ganglienzellen ist nicht feststellbar, dagegen scheint ein Teil derselben im Volumen gegen die gesunde Seite reduziert (s. Fig. 40).

Es ist daher der Schluss gerechtfertigt, dass in diesem Gebiet Nervenfasern zugrunde gegangen sind, worauf ein dichteres Aneinander rücken der zelligen Elemente sekundär erfolgte; in den oralen Ebenen des Corp. gen. ext. ist das nicht mehr der Fall.

Der Tract. opt. zeigt keinerlei Differenz zwischen rechts und links. Die übrigen subkortikalen Gebilde sind normal.

Das wichtigste Ergebnis dieses Versuches besteht darin, dass das Corp. gen. ext. nach einer Exstirpation aus der zweiten Windung

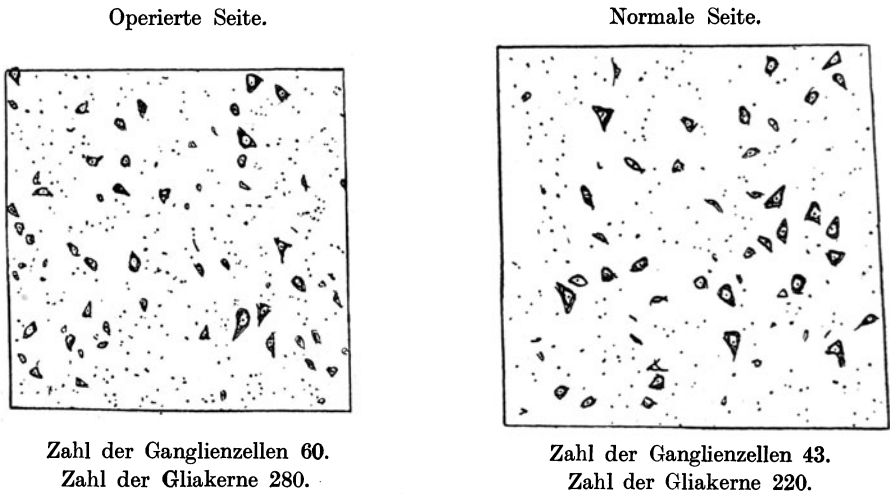


Fig. 40.

Symmetrische Stellen aus dem Pulvinar der operierten und der normalen Seite, mit dem Pantographen gezeichnet. Vergr. 80:1.

(Gyr. suprasylv.) der Konvexität des Okzipitallappens, somit aus der unmittelbaren Nachbarschaft der Area striata, keinerlei Veränderung (weder eine herdförmige Degeneration noch eine allgemeine Volumsreduktion) erleidet, dass danach dieses Gebiet, welches nach seiner Lage der Stelle A₁ von Munk beim Hund entspricht, keine direkte Verbindung mit dem Corp. gen. ext. durch Projektionsfasern besitzt.

Eine notwendige Voraussetzung für das Gelingen dieses Nachweises besteht, wie ich bereits erwähnt habe, darin, dass das sagittale Mark, welches unmittelbar unter der Rinde der zweiten Windung verläuft und Projektionsfasern auch zur Area striata führt, nicht lädiert wird; diese theoretische Überlegung wird durch den folgenden Versuch bestätigt.

Versuch 7.

20. V. 1911. Linksseitige Exstirpation eines Rindenstücks aus dem hinteren Ende der zweiten Windung (Gyr. suprasylv.).

Funktionsprüfung: es ist vom dritten Tag nach der Operation (vorher war wegen der Trägheit des Tieres eine genaue Untersuchung nicht ausführbar) bei wiederholten Prüfungen keinerlei Einschränkung des Gesichtsfeldes und auch keine Amblyopie nachweisbar.

Die rechte Lidspalte ist deutlich weiter als die linke. Der optische Reflex (Blinzeln auf rasche Annäherung eines Gegenstandes an das Auge) ist links meistens lebhaft, rechts fehlt er oder ist nur sehr schwach.

Der Nasenlidreflex (Lidschluss auf Bestreichen der Nase) ist links lebhaft, während er rechts träge und unausgiebig erfolgt und nicht zum vollkommenen Augenschluss führt. Auch wenn man das Tier am Hals fasst, so wird das linke Auge vollkommen, das rechte unvollkommen geschlossen; es besteht danach eine Parese im M. orbicularis oculi, die bis zum Tod unverändert bleibt.

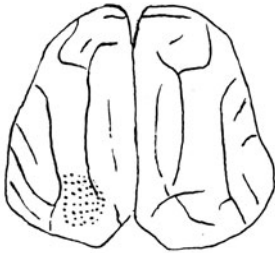


Fig. 41.

Das Tier wird am 5. IX. 1911 3½ Monate nach der Operation getötet.

Sektion: Grenzen des Defekts: medial — 0,4 von der medialen Kante der Hemisphäre, lateral — bis zum Sülc. suprasylv., hinten — 0,2 von der kaudalen Kante; vorn — 1,0 von der kaudalen Kante. An der basalzerebellaren Partie der Hemisphäre sind die Windungen links flacher und schmaler als rechts (s. Fig. 41).

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

In den Ebenen des Defekts sieht man, dass unterhalb der eigentlichen an sich unbedeutenden Abtragung sich eine Höhle gebildet hat, welche die erste Windung unterminiert (s. Fig. 42). Es ist ohne weiteres klar, dass die Verbindungen der Area striata mit dem sagittalen Mark in diesen Ebenen und kaudalwärts davon grösstenteils unterbrochen sind. Das rings um diese Höhle noch vorhandene Gewebe ist zerfetzt und kommt für eine nervöse Leitung ebenfalls nicht in Betracht.

Das gesamte Hemisphärenmark ist gegen die gesunde Seite hochgradig reduziert. Degenerierte Markfaserzüge verlaufen in der dorsalen

Etage des sagittalen Marks und lassen sich bis in die innere Kapsel und deren Einstrahlung in das Corp. gen. ext., das Pulvinar und den lateralen Thalamuskern verfolgen.

Corpus quadrigeminum ant.

Der vordere Zweihügel zeigt deutliche Veränderungen. Er ist auf der operierten Seite schmaler und niedriger als auf der gesunden, der obere Rand ist eingesunken (s. Fig. 42). Das oberflächliche Grau (welches schon mit der Lupe an einer intensiveren Färbung erkennbar

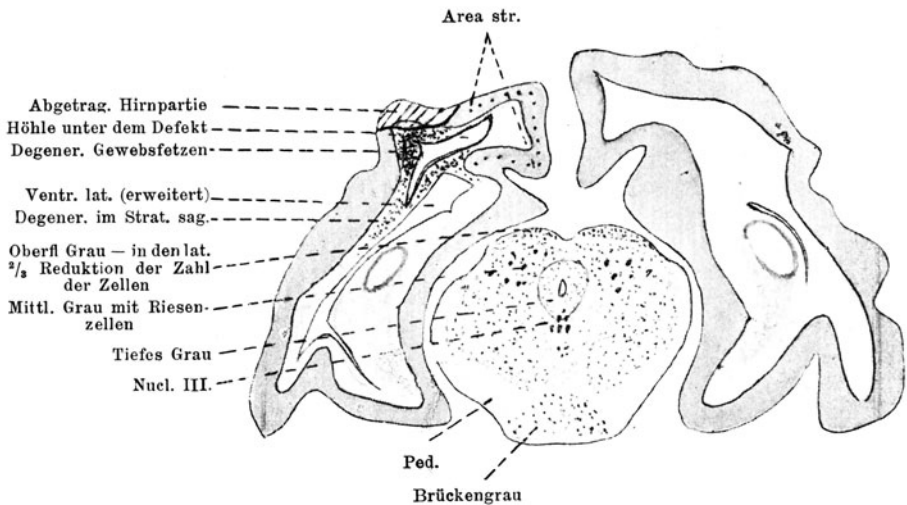


Fig. 42.

Frontalschnitt durch die Mitte des Defekts. (Kaudale Ebene des Corp. quadr. ant.) Die Ausdehnung der Area striata ist durch Punkte, die abgetragene Rindenpartie durch Striche markiert. Vergr. 3 : 1.

ist) ist niedriger und heller als auf der gesunden Seite. Bei mikroskopischer Untersuchung findet man, dass die Zahl der Ganglienzellen besonders in den lateralen zwei Dritteln des oberflächlichen Graus reduziert ist. Auch das mittlere Grau ist etwas schmaler, und die Zellen liegen hier dichter zusammen, was wohl auf einen Schwund von Mark in diesem Gebiet hinweist; die zelligen Elemente des mittleren Graus, darunter auch die charakteristischen Riesenzellen, *Corpus geniculatum externum* und das tiefe Grau zeigen keine Veränderungen.

Das *Corpus geniculatum ext.* zeigt einen Degenerationsherd (s. Fig. 43), welcher in den kaudalen Ebenen desselben beginnt, wo er die mediale Partie des Querschnitts einnimmt (s. Fig. 43:1); der

Degenerationsherd vergrößert sich oralwärts, nimmt beim Übergang des kaudalen in das mittlere Drittel den ganzen grosszelligen Hauptkern mit Ausnahme der Pars dorsalis ein (Fig. 43, 2). Weiter oralwärts nimmt er ab, zieht sich im mittleren Drittel auf die dorsolaterale Partie des Querschnitts zurück (Fig. 43, 3) und erschöpft sich beim Übergang des mittleren in das vordere Drittel, welches von Degenerationen frei ist (Fig. 43, 4).

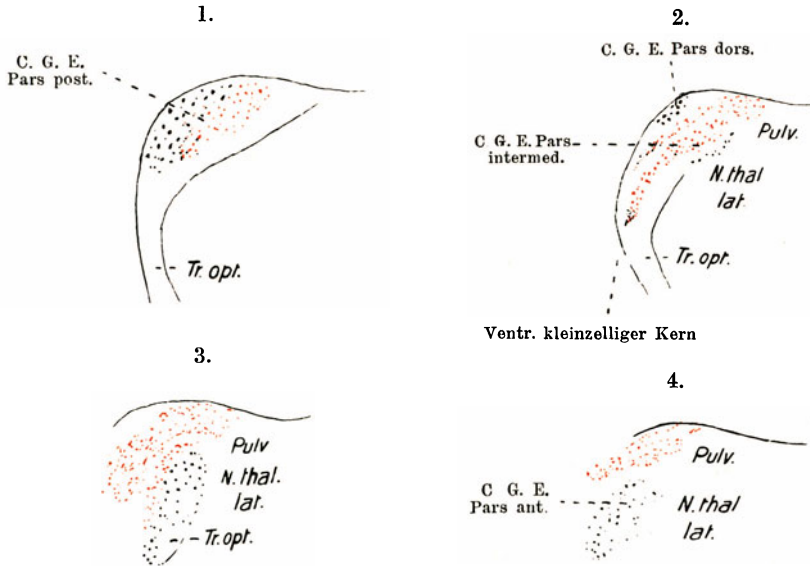


Fig. 43.

4 Frontalschnitte durch das Corp. gen. ext. 1. Aus seinem kaudalen Drittel, 2. aus dem Übergang des kaudalen in das mittlere Drittel, 3. aus dem mittleren Drittel, 4. aus dem oralen Drittel. Vergrößerung der Konturen 5:1; die Zellen sind schematisch, in den erhaltenen Partien schwarz, in den degenerierten rot gezeichnet.

Das Pulvinar zeigt in dem an das Corp. gen. ext. unmittelbar angrenzenden Gebiet eine Wucherung der Glia und einen deutlichen Ausfall von Ganglienzellen; bei Immersionsvergrößerung findet man darin zahlreiche Ganglienzellen in verschiedenen Stadien der chronischen sekundären Degeneration. Degenerierte Faserzüge lassen sich aus der inneren Kapsel durch den Stiel des Pulvinars in dieses Gebiet hinein verfolgen (s. Fig. 43; 2, 3 und 4).

Zusammenfassung.

Das Ergebnis der beiden letzten Versuche lässt sich in bezug auf das Corp. gen. ext. im wesentlichen dahin zusammenfassen, dass nach

einer Exstirpation aus der Konvexität des Okzipitallappens (aus dem Gyr. suprasylv.) ausserhalb der Area striata eine sekundäre Degeneration im Corp. gen. ext. nur dann auftritt, wenn durch ein Tiefergreifen der Läsion das unter der Rinde dieser Windungen verlaufende sagittale Mark mitlädiert wird, wie das in Versuch 7 der Fall gewesen ist; bleibt die Zerstörung tatsächlich auf die Rinde der 2. Windung und ihren Markstrahl beschränkt, so erleidet das Corp. gen. ext. keinerlei sekundäre Veränderungen (Vers. 6).

Versuch 7 ist auch insofern bemerkenswert, als hier ein deutlicher Ausfall von Ganglienzellen im oberflächlichen Grau des vorderen Zehnhügels und im Pulvinar vorhanden gewesen ist, ein Beweis dafür, dass ein Teil der Zellen des oberflächlichen Graus des Corp. quadr. ant. und des Pulvinars vom Kortex abhängig ist.

f. Totale Exstirpation der Area striata.

Wie ich bereits erwähnt habe, steht nach den Ergebnissen von partiellen Exstirpationen der Area striata (Versuche 1, 2 und 3) zu erwarten, dass nach Exstirpation der ganzen Area striata das Corp. gen. ext., vielmehr sein grosszelliger Hauptkern in toto zugrunde geht; das Studium der sekundären Degeneration im Corp. gen. ext. nach Total-exstirpation der Area striata hat diese Erwartung bestätigt. Leider ist es mir nicht gelungen eine ganz reine Exstirpation der Area striata zu erhalten; bei so ausgedehnten Exstirpationen, wo man vor allem bestrebt ist, ein bestimmtes Gebiet radikal zu entfernen, ist es unvermeidlich, dass auch die Nachbarschaft mehr oder weniger lädiert wird; dafür hat man aber die Sicherheit, das fragliche Gebiet, dessen Ausdehnung übrigens erheblichen Schwankungen unterliegt, wirklich in toto entfernt zu haben. Es bleibt mir noch übrig, über den entsprechenden Versuch zu berichten.

Versuch 8.

20. IX. 1911. Linksseitige totale Exstirpation der Area striata.

Funktionsprüfung: COD¹⁾ — Dauernder Ausfall der Reaktionen im grössten Teil des Gesichtsfeldes. Nur im nasalen Gesichtsfeldviertel (sowohl über der Nase wie auch in Verlängerung der Mittellinie derselben) wird prompt reagiert, auch nach aussen vom nasalen Gesichtsfeldviertel im unteren inneren Gesichtsfeldteil sind zuweilen Reaktionen erzielbar; im ganzen übrigen Gesichtsfeld (ungefähr in den temporalen

COD Campus oculi dextri; COS campus oculi sinistri.

drei Vierteln) sind keine Reaktionen auf optische Reize auslösbar; dieser Ausfall ist mit Hilfe der Perimetrierung, der Kreis- und Auseinanderführungsmethode und des Stossversuches bei wiederholten Prüfungen sicher feststellbar. Der Fixationspunkt liegt wenigstens zum Teil noch innerhalb des erhaltenen Teils des Gesichtsfeldes, was aus der geraden Haltung des Kopfes, der normalen Augenstellung und ganz besonders aus der Fähigkeit und Gewohnheit des Tieres mit konjugierten Blicklinien zu schauen, binokular zu fixieren, mit grosser Wahrscheinlichkeit hervorgeht.

COS. Dauernder Ausfall im nasalen Gesichtsfeldviertel; in den nach aussen von der Nase gelegenen temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes wird überall prompt reagiert.

Optische Reflexe (Blinzeln auf rasche Annäherung eines Gegenstandes an das Auge) links lebhaft, rechts dauernd aufgehoben.

Keine Differenz der Lidspalten.

Nasenlidreflex im Anfang rechts weniger lebhaft als links; nach vier Wochen keine Differenz zwischen rechts und links.

15. III. 1912. Ophthalmoskopische Untersuchung.

Im umgekehrten Bild (nach Atropinisierung): an der Papille sind keine auffallenden Veränderungen und keine Differenz zwischen rechts und links feststellbar. Der Ton der Papille ist beiderseits ein graurötlicher, und die Gefässe sind nur bis an den Rand der Papille zu verfolgen.

20. III. 1912. Das Tier wird getötet $\frac{1}{2}$ Jahr nach der Operation.

Sektion. Grenzen des Defekts: vorn — 0,8 kaudalwärts vom medialen Ende des Sulc. cruciatus, in der Ebene der Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. lateralis; lateral — in frontalen Partien bis zum Sulc. lateralis, in kaudalen — fast bis zur Mitte der zweiten Windung, medial — bis zum Balken, kaudal — bis zur kaudalen Kante der Hemisphäre. An der zerebellaren Fläche reicht der Defekt nicht ganz bis zum horizontalen Ast der Fiss. rhinica (bis auf 2—3 mm davon); das ganze Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splenialis und dem Sulc. rec. ist zerstört; in diesem Gebiet befindet sich eine schmale, 5—6 mm lange Spalte, welche in den Ventrikel führt. Die sagittale Länge des Defekts vom oralsten Punkt desselben bis zum kaudalsten Pol der Hemisphäre beträgt 2,3 cm.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Die Area striata ist sicher in toto zerstört. Der operative Defekt beschränkt sich aber nicht auf dieselbe, sondern es ist auch der

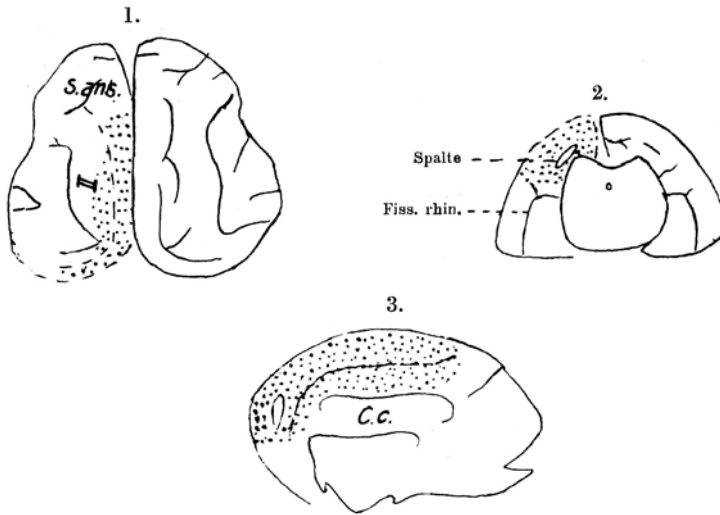


Fig. 44.

Ausdehnung des Defekts (durch Punkte angegeben): 1. an der Konvexität, 2. an der zerebellaren, 3. an der medialen Fläche der Hemisphäre. An der zerebellaren Fläche sieht man eine Spalte, die in den Ventrikel führt. Natürliche Grösse.

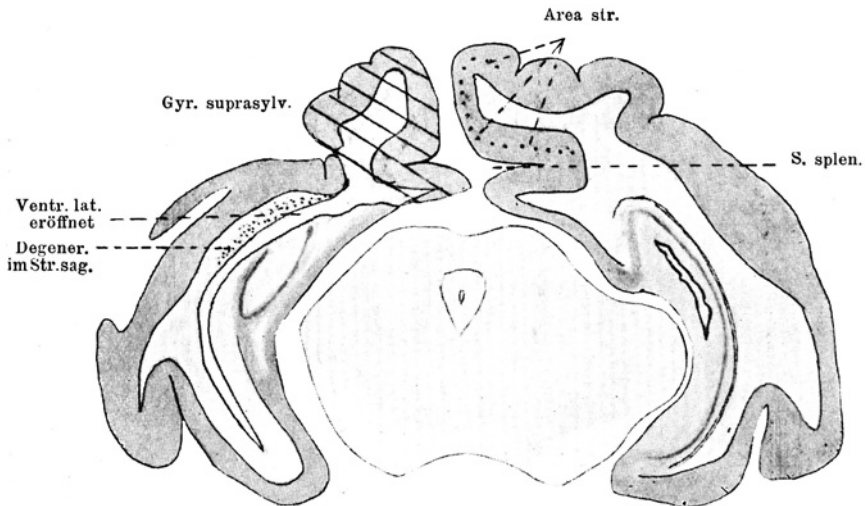


Fig. 45.

Frontalschnitt durch die mittleren Ebenen des Corp. quadr. ant. Die extirpierte Hirnpartie ist schematisch hinzugezeichnet und durch Striche markiert. Ausser der Area striata sind auch der Gyr. cinguli und der Gyr. suprasylv. abgetragen. Der Ventr. later. ist eröffnet. Vergr. 3:1.

Gyr. cinguli und ein Teil des Gyr. suprasylv. in den Bereich der Zerstörung mit einbezogen (s. Fig. 45). Der Ventrikel ist von der kaudal-

medialen Hemisphärenfläche aus eröffnet. Weiter vorn in der Ebene des Corp. gen. ext. ist auch der Balken durchtrennt. Diese Exstirpation kann deshalb keineswegs als reine Exstirpation der Area striata angesehen werden.

Das Stratum sagittale, welches unter der zweiten und dritten Windung verläuft, zeigt in seiner dorsalen Etage unmittelbar neben dem Ventricul. lat. einen Zug von degenerierten Fasern (s. Fig. 45), welcher sich in die innere Kapsel und in die subkortikalen Ganglien verfolgen lässt. Das gesamte Hemisphärenmark ist gegen die gesunde Seite hochgradig reduziert. Der Balken ist in seiner ganzen Höhe degeneriert.

Corpus quadrigeminum anterius.

Das Corpus quadrigeminum ant. ist in toto im Volumen gegen die gesunde Seite deutlich reduziert, von einem Ausfall von Zellen in einer bestimmten Schicht habe ich mich aber nicht überzeugen können. Die Beurteilung wurde auch dadurch erschwert, dass infolge des Narbenzuges eine Verschiebung und Veränderung der Konturen der subkortikalen Gebilde stattgefunden hat, und die Schnitte asymmetrisch waren.

Corpus geniculatum externum.

Der grosszellige Hauptkern des Corp. gen. ext. ist in allen seinen Teilen (Pars post., Pars dorsalis, Pars intermedia und Pars anterior) degeneriert (s. Fig. 46). Die Markganglienzellen sind erhalten, ebenso der ventrale kleinzellige Kern (s. Fig. 46, 2). Letzterer ist gegen die gesunde Seite etwas reduziert, aber die Ganglienzellen zeigen keine erheblichen Veränderungen.

Studiert man den degenerierten grosszelligen Hauptkern des Corp. gen. ext. bei Immersionsvergrößerung, so findet man ein ähnliches Bild wie in Versuch 1.

Die meisten Ganglienzellen zeigen, wie in Versuch 1, verschiedene Stadien der chronischen sekundären Degeneration, welche hauptsächlich durch Veränderungen der Kerne charakterisiert sind (s. Fig. 47); letztere sind geschrumpft, randständig, unregelmässig begrenzt und besitzen an Nisslpräparaten eine eigenartige (hellblaue) metachromatische Tinktion; häufig kann man auch Chromatinkörner innerhalb der Kerne unterscheiden (im Vergleich zu Versuch 1 sind die Kerne nicht so dunkel tingiert, was wohl darauf beruht, dass bei einem erwachsenen Tier der degenerative Prozess sechs Monate nach der Operation noch nicht soweit vorgeschritten ist wie bei einem im Alter von vier Wochen operierten vier Wochen danach); das Plasma dieser Zellen ist ebenfalls sklerosiert, statt der Tigroidschollen findet man darin nur amorphe, zusammengeballte, intensiv gefärbte Klumpen. Neben diesen chronisch irreparabel veränderten Elementen findet man aber im ganzen Querschnitt ziemlich gleichmässig verteilt einzelne kleine Zellen, welche einen runden hellen, regelmässig konturierten Kern besitzen (s. Fig. 47); das Plasma dieser Zellen ist sehr hell und enthält feine Körnchen. Zwischen den beiden

Gruppen von Zellen besteht jedenfalls ein charakteristischer Unterschied, der bei Betrachtung der Fig. 47 ohne weiteres deutlich wird. Während es sich bei der ersten Gruppe

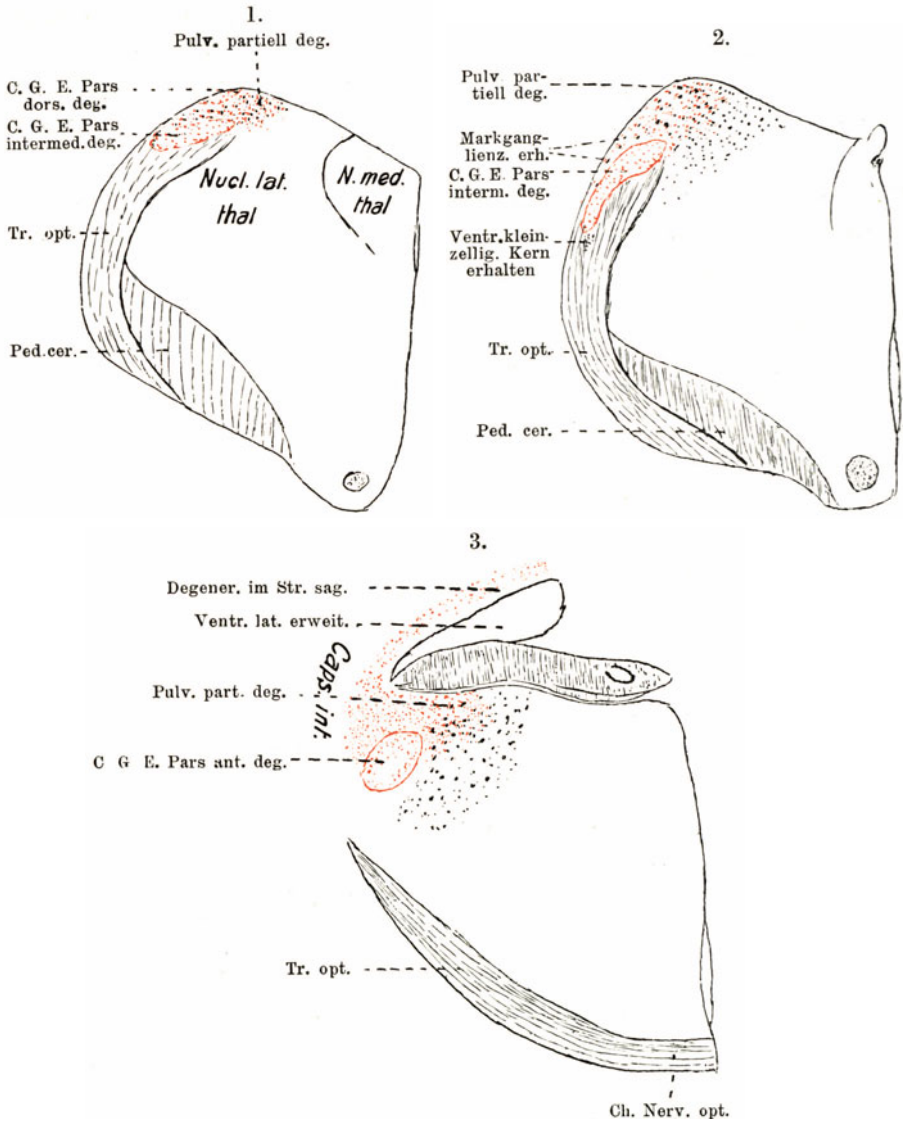


Fig. 46.

Frontalschnitte durch das Corp. gen. ext. und die angrenzenden Gebilde. 1. Aus dem kaudalen, 2. aus dem mittleren, 3. aus dem oralen Drittel des C. G. E. Vergrößerung der Konturen 5:1. Die Zellen sind schematisch — die degenerierten rot, die normalen schwarz gezeichnet.

um irreparable degenerative Prozesse handelt, kann man bei der zweiten wohl nur von einer Atrophie (Aufhellung und körnigem Zerfall des Plasmas) sprechen.

Pulvinar.

Das Pulvinar zeigt in den Ebenen des Corp. gen. ext. in dem an dasselbe unmittelbar angrenzenden Gebiet (s. Fig. 46; 1, 2 und 3) eine Wucherung der Glia und einen nicht sehr erheblichen Ausfall von Ganglienzellen. Es lässt sich deutlich verfolgen (s. Fig. 46, 3), wie die degenerierten Faserzüge aus der dorsalen Etage des Stratum sagittale in der Caps. int. eine Biegung medialwärts durchmachen, um sich in dieses Gebiet und das Corp. gen. ext. zu ergiessen. Die linke Thalamushälfte ist in toto etwas schmaler und niedriger als die rechte. Bei Immer-

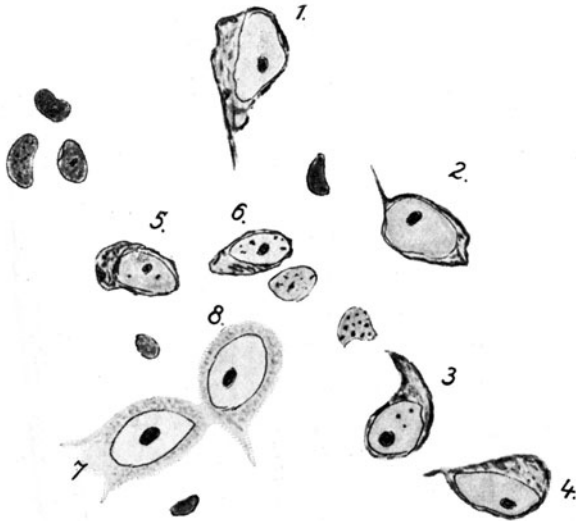


Fig. 47.

Immersionbild aus dem Zentrum des degenerierten Querschnitts im frontalen Drittel des Corp. gen. ext. (mit dem Pantographen gezeichnet). 1—6 sekundär degenerierte Ganglienzellen mit geschrumpften metachromatisch tingierten Kernen; 7 und 8 kleine Ganglienzellen mit annähernd normalen Kernen. Die übrigen Gebilde sind Gliakerne.

sionsvergrößerung sieht man im Pulvinar neben solchen Zellen, die verschiedene Stadien der chronischen sekundären Degeneration aufweisen (Schrumpfung und metachromatische Tinktion des Kerns, Sklerose des Plasmas etc.) auch ganz oder annähernd normale Elemente (in der Zeichnung [s. Fig. 46] habe ich das schematisch dadurch zum Ausdruck gebracht, dass ich zwischen den degenerierten Zellen [rot] auch einzelne normale [schwarz] gezeichnet habe). Die Veränderungen im Pulvinar — Untergang von Mark und partieller Ausfall von Ganglienzellen in dem an das Corp. gen. ext. unmittelbar angrenzenden Gebiet — sind ähnliche wie in Versuch 7.

Aus diesem Versuch können wir entnehmen, was nach einer Exstirpation, welche die ganze Area striata in sich schliesst und noch erheblich über diese hinausgeht (indem an der Konvexität noch der Gyr. suprasylvius, an der medialen Hemisphärenfläche der Gyr. cinguli mit zerstört sind) im Corp. gen. ext. von der Degeneration verschont bleibt und somit vom Grosshirn nicht direkt abhängig ist (nicht zum Grosshirnanteil desselben gehört); es sind dies der ventrale kleinzellige Kern (v. Monakows unterer Kern), die Markganglienzellen und einzelne, im ganzen Querschnitt zerstreut liegende kleine und mittlere Zellen.

g) E nukleationen der Augen.

Bevor ich die Ergebnisse der kortikalen Exstirpationen zusammenfassend bespreche, will ich noch über zwei Tiere berichten, bei denen ich periphere Operationen (E nukleationen der Bulbi) ausgeführt habe; bei einem dreitägigen Kätzchen wurden beide Bulbi, bei einer erwachsenen Katze der linke Bulbus enukleiert. Der Vergleich der Veränderungen in den subkortikalen optischen Ganglien nach zentralen und nach peripheren Eingriffen erscheint besonders geeignet, uns in die anatomisch-physiologischen Verhältnisse der optischen Zentren und Bahnen einen tieferen Einblick zu gewähren.

Versuch 9. Doppelseitige E nukleation.

18. IV. 1912. Doppelseitige E nucleatio bulborum bei einem dreitägigen Kätzchen. Die Operation wird in der von Gudden¹⁾ angegebenen Weise ausgeführt. Die nach der Geburt noch verwachsene Augenlidspalte wird mit zwei Schnitten umgangen, die nicht tiefer als bis zur Conj. palpebrarum dringen; die entstandene Hautinsel und die Nickhaut (Palpebra tertia) werden herausgeschnitten; der Bulbus wird mit einer Pinzette an der Konjunktiva gefasst und aus der Orbita etwas hervorgezogen, die Weichteile um denselben und der N. opt. mittels einer gebogenen Schere durchtrennt. Nach Stillung der Blutung werden die Hautränder durch einige Ligaturen geschlossen und mit Kollodium übergossen; die Heilung geht glatt vonstatten.

Als Vergleichstier wird ein Kätzchen aus dem gleichen Wurf benutzt.

In den ersten drei Wochen nach der Operation, solange die kleinen Tiere noch in der Kiste bleiben und nur an der Mutter saugen, ist kein Unterschied im Verhalten zwischen dem operierten und blinden Tierchen feststellbar. Ein Unterschied macht sich erst be-

¹⁾ Archiv f. Psych. Bd. 2. S. 713.

merkbar, wenn man die Kätzchen aus der Kiste herausnimmt. Am 10. V. 1912 ist folgendes im Protokoll vermerkt: „Nimmt man das blinde Kätzchen aus der Kiste und setzt es in einiger Entfernung davon auf den Boden, so fängt es an zu quietschen, bewegt sich vorsichtig mit gesenktem Kopf nach allen Richtungen. In seinen Wanderungen kommt es auch an den Milchnapf, setzt die Pfote hinein, berührt dann die Milch mit der Schnauze und trinkt davon; dann geht es weiter, kommt an die Wand, versucht an derselben emporzuklettern, gibt es dann wieder auf und geht weiter; während einer ½stündigen Beobachtung kommt es nicht an die Kiste, befindet sich vielmehr am entgegengesetzten Ende des Raumes. Bringt man es in die Nähe der Kiste, so dass es deren Wand mit dem Körper berührt, dann klettert es sofort hinein. Nimmt man das gesunde Kätzchen heraus, so begibt es sich sofort oder nach kurzem Besinnen zurück in die Kiste.

In der Entwicklung bleibt das blinde Kätzchen gegen das gesunde deutlich zurück; am 22. V. beträgt sein Gewicht 335 g, dasjenige des normalen 410 g.

4. VI. 1912. Das Tier, das seit einigen Tagen kränkelt und keine Nahrung zu sich nimmt, wird tot gefunden. Es hat sieben Wochen gelebt. Das Kontrolltier wird am gleichen Tag getötet.

Sektion. Die E nukleation ist vollständig. Die Orbita ist beiderseits von einer derben narbigen Masse ausgefüllt.

Das Hirngewicht beträgt beim blinden Tier 16,7 g, beim normalen 19,8 g (das Rückenmark wurde in beiden Fällen unterhalb der ersten Zervikalwurzel abgetrennt). Im Bau der Furchen und Windungen sind keine Differenzen vorhanden, die über die normale individuelle Variabilität hinausgehen. Schon bei makroskopischer Betrachtung sieht man, dass die Konvexität der Hemisphäre beim normalen Tier breiter ist als beim blinden und dass ihre Wölbung stärker ausgebildet ist; auch von der Basis betrachtet erscheint das blinde Gehirn schmaler als das normale; das wird auch durch Messungen bestätigt, während die sagittale Länge der Hemisphäre in beiden Gehirnen gleich ist.

Genaue Messungen (nach Berger¹⁾) zeigen, dass der Gyr. marginalis sowohl an der Konvexität (von der medialen Kante bis zum Sulc. lateralis) wie auch an der medialen Fläche (von der medialen Kante bis zum Sulc. splen.) beim blinden Tier ungefähr um 1 mm schmaler resp. niedriger ist als beim normalen, während die beiden dem Gyr. marginalis benachbarten Windungen — der Gyr. suprasylv. an der Konvexität und der Gyr. cinguli an der medialen Fläche keine Differenz ihrer Breite zeigen²⁾. (Breite des Gyr. marginalis an der Konvexität

¹⁾ Archiv f. Psych. Bd. 33. 1900.

²⁾ Sämtliche Masse wurden an den Gehirnen nach 48stündigem Aufenthalt in 10 % Formol aufgenommen. Es können überhaupt nur solche Masse miteinander verglichen werden, welche an in gleicher Weise behandelten Gehirnen und gleich lange nach der Sektion gewonnen wurden, da sich die Masse je nach der Fixierungsflüssigkeit und der Dauer erheblich verändern können. So habe ich mich z. B. davon überzeugt, dass

von der medialen Kante bis zu dem am weitesten lateral liegenden Punkt des Sulc. later.: beim normalen Tier — 6 mm, beim blinden — 5 mm; Höhe des Gyr. marg. von der medialen Kante bis zum Sulc. splen. [in der Ebene des kaudalen Pols des Corp. callosum]: beim normalen — 6 mm, beim blinden — 5 mm.)

Die Sehnerven sind beim blinden Tier beiderseits in dünne graue Fädchen verwandelt; an der Stelle des Chiasmas sieht man nur die untere (Guddensche) Kommissur als schmalen weissen Streifen. Vom Tract. opt. und Tract. peduncularis transversus ist auch mit der Lupe nicht die geringste Spur zu entdecken (beim Kontrolltier ist beides deutlich zu sehen). Die Nn. oculomotorii sind etwas dünner als beim Kontrolltier, aber ganz markweiss. Die übrigen Hirnnerven sind normal.

Beide Gehirne wurden in der Mittelebene sagittal zerschnitten; die linken Hemisphären wurden in Alkohol fixiert und nach Nissl gefärbt, die rechten in Formol und Chrom fixiert, unter Wasser uneingebettet geschnitten, mit Karmin und Pal-Karmin gefärbt; dadurch war es möglich, einerseits die Zellen, andererseits die Fasern und die Subst. gelatinosa am besten zur Darstellung zu bringen.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Corpus quadrigeminum ant.

Von einem deutlichen Ausfall von Ganglienzellen im oberflächlichen Grau des vorderen Zweihügels habe ich mich ebensowenig wie v. Monakow nach einer doppelseitigen E nukleation beim Hund ¹⁾ beim Vergleich mit Präparaten vom Kontrolltier überzeugen können; dagegen ist es mir aufgefallen, dass die grösseren sternförmigen Zellen im oberflächlichen Grau beim blinden Tier kleiner sind als die sternförmigen Zellen des normalen Tieres und von den kleineren nervösen Elementen des oberflächlichen Graus weniger zu unterscheiden sind; sie haben anscheinend eine Atrophie und Volumsreduktion erfahren, welche nach unseren jetzigen Kenntnissen am ehesten durch einen Ausfall von zentripetalen, in diesem Fall durch den Tract. opt. vermittelten Impulsen hervorgerufen wird. Die in das oberflächliche Mark und Grau des vorderen Zweihügels einmündenden Fasern des Tract. opt. bilden bekanntlich den phylogenetisch ältesten Anteil desselben; nur tritt

die maximale sagittale Länge der Hemisphäre (über dem Corpus callosum gemessen), die sofort nach der Sektion beiderseitig 3,9 cm betrug, nach 24stündigem Aufenthalt der rechten Hemisphäre in 10 % Formol auf 4,2 cm gestiegen, nach 24stündigem Aufenthalt der linken in 96 % Alkohol auf 3,3 cm gesunken war.

¹⁾ Archiv f. Psych. Bd. 20. S. 54.

letzterer beim Hund und bei der Katze gegenüber der in das Corp. gen. ext. einstrahlenden Hauptmasse des Tract. opt. sehr stark zurück, so dass die Atrophie des Corp. quadr. ant. nach einer doppelseitigen E nukleation hier im Gegensatz zum Kaninchen kaum nachweisbar ist.

Im mittleren und tiefen Grau habe ich keinerlei Veränderungen an den zelligen Elementen beobachtet, speziell sind die grossen Zellen des mittleren Graus ebenso gross und zahlreich wie beim Kontrolltier.

Die Markfaserpräparate aus der Gegend des vorderen Zweihügels sind beim Kontrolltier leider technisch misslungen, so dass ein Vergleich nicht möglich war. Beim blinden Tier fällt es auf, dass sowohl das oberflächliche wie das mittlere und tiefe Mark gut entwickelt sind, ein Beweis dafür, dass auch das oberflächliche Mark bei der Katze sich nur zu einem kleinen Teil aus Traktusfasern zusammensetzt.

Corpus geniculatum externum.

Das Corp. gen. ext. des blinden Tieres ist in seinem Volumen erheblich reduziert. Die maximale sagittale Länge desselben (vom kaudalsten Pol bis zum oralsten), die sich nach der Zahl der frontalen Serienschnitte, in welchen das Corp. gen. ext. auftritt, unter Berücksichtigung ihrer Dicke (15μ) genau feststellen lässt, beträgt beim normalen Tier 4,3, beim blinden 3 mm; auch ist jeder einzelne Querschnitt erheblich kleiner als beim Kontrolltier, was beim Vergleich von korrespondierenden Querschnitten des normalen und des operierten Tieres deutlich zu sehen ist. In kaudalen Partien ist das Corp. gen. ext. seiner aus Traktusfasern bestehenden Markkapsel völlig beraubt (im Karminpräparat sieht man statt deren nur einen dünnen intensiv gefärbten Streifen (s. Fig. 48); dagegen ist der Faserzug, welcher an Frontalschnitten von aussen in das Corp. gen. ext. eindringt und beim Übergang des kaudalen in das mittlere Drittel letzteres in zwei Teile (die Pars intermedia und Pars dorsalis) spaltet, ebenso gut entwickelt wie beim Kontrolltier und zeigt keinen Ausfall von Markfasern — er besteht somit nur aus Projektionsfasern; auch weiter vorn ist der Stiel des Corp. gen. ext. aus der inneren Kapsel und die Markkapsel um sein orales Drittel ebenso gut entwickelt wie beim normalen gleichaltrigen Tier.

Die Ganglienzellen des Corp. gen. ext. zeigen in allen seinen Teilen im Vergleich zum normalen Tier eine deutliche Volumsreduktion, die schon bei schwacher Vergrösserung in die Augen fällt. Betrachtet man dieselben mit starker Vergrösserung, so sieht man, dass es sich keineswegs um degenerative Veränderungen, wie nach korti-

kalen Exstirpationen, handelt; die Kerne sind intakt, das Plasma besitzt eine normale Struktur und enthält reichlich Tigroidschollen; die Zellen sind nur im Volumen reduziert. Durch Fig. 49, wo Zellen aus dem Zentrum des Querschnitts des oralen Drittels des Corp. gen. ext. beim normalen und blinden Tier bei der gleichen (250fachen) Vergrößerung mit dem Abbeschen Apparat gezeichnet sind, wird das deutlich zum Ausdruck gebracht; ganz grosse Ganglienzellen, wie beim normalen Tier, sind beim blinden überhaupt nicht anzutreffen, und auch die übrigen Zellenkategorien scheinen durchweg verkleinert zu sein. Ein Ausfall von Ganglienzellen ist nirgends vorhanden, vielmehr liegen die Zellen entsprechend der Reduktion des Gesamtquerschnitts dichter zusammen (s. Fig. 49). Diese Veränderung — Atrophie und dichtere Lagerung



Fig. 48.

Frontalschnitte durch den kaudalen (freiliegenden) Teil des rechten Corp. gen. ext. 1. Beim normalen, 2. beim blinden Tier; bei letzterem ist die aus Traktusfasern bestehende Markkapsel an Karminpräparaten in einen dünnen intensiv rot gefärbten Streifen verwandelt. Vergrößerung der Konturen 5:1.

der Ganglienzellen bezieht sich nicht auf einen bestimmten Abschnitt des Corp. gen. ext. (wie das v. Monakow nach einer ähnlichen Operation¹⁾ beim Hund angenommen hat, wo er namentlich den kaudal-dorsalen Abschnitt — Corp. gen. ext. a₁ atrophieren sah), ergreift vielmehr gleichmässig den grosszelligen Hauptkern in allen seinen Teilen (Pars post., Pars intermedia, Pars ant. und Pars dors.).

Der ventrale kleinzellige Kern zeigt ebenfalls eine allgemeine Reduktion und Verkleinerung von Zellen. Die Markganglienzellen sind nicht wesentlich verändert.

Im Pulvinar habe ich weder einen Ausfall oder eine Atrophie von Zellen noch einen Faserausfall feststellen können, was bei der ge-

1) Ausser der allgemeinen Volumsreduktion des Corp. gen. ext. und der Atrophie seiner Ganglienzellen hat v. Monakow danach als charakteristische Veränderung an Karminpräparaten einen Schwund der Substantia gelatinosa, der gelatinösen Grundsubstanz, welche hauptsächlich aus feinsten Endaufsplitterungen von Traktusfasern besteht, beobachtet.

ringen Zahl der in das Pulvinar ziehenden Traktusfasern nicht wundern kann. (Die Traktusfasern bilden eine feine Marklamelle im Stratum zonale des Pulvinars und enden mit Aufsplitterungen in der oberflächlichen Schicht desselben ¹⁾).

Das Ergebnis dieses Versuches lässt sich kurz zusammenfassen. Das Corp. gen. ext. ist in toto reduziert; die Ganglienzellen des grosszelligen Hauptkerns behalten ihre normale morphologische Struktur, sind aber schon nach sieben Wochen gegen das gesunde Kontrolltier überall deutlich verkleinert und bieten somit alle Merkmale einer

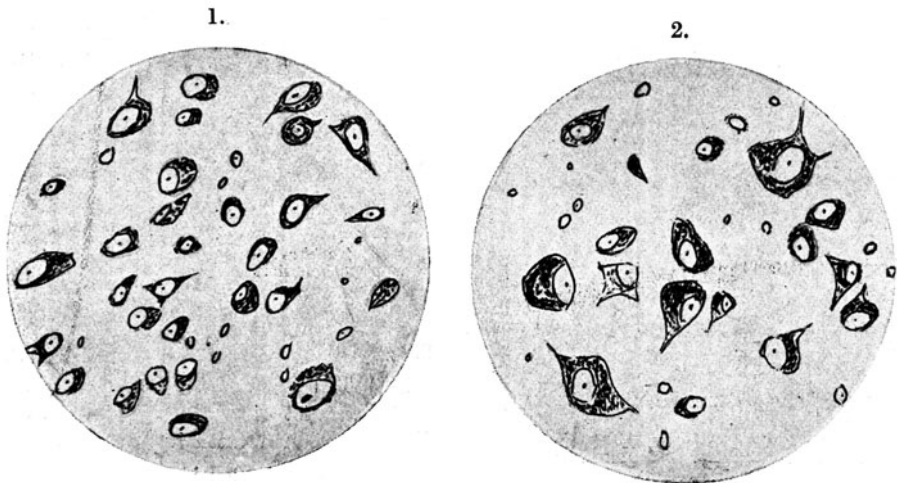


Fig. 49.

Zellen aus dem Zentrum des Querschnitts durch das orale Drittel des Corp. gen. ext. 1. Vom blinden Tier (doppelseitige Enuclation am 3. Tag nach der Geburt. Tod im Alter von 7 Wochen), 2. vom normalen Kontrolltier vom gleichen Wurf. Vergr. 200:1; Konturen der Zellen mit dem Pantographen gezeichnet.

Entwicklungshemmung, welche durch den Ausfall von peripheren Reizen bedingt ist; es ist das ein bemerkenswerter, schon von Monakow wiederholt hervorgehobener Gegensatz zu dem Verhalten derselben nach kortikalen Eingriffen, wo die Ganglienzellen des grosszelligen Hauptkerns einem unaufhaltsam fortschreitenden, zur völligen Destruktion und schliesslich Resorption führenden degenerativen Prozess verfallen (Versuche 1, 2, 3, 4, 5, 8). Im Corp. quadr. ant. besteht ebenfalls eine Atrophie der grösseren sternförmigen und spindelförmigen Elemente im oberflächlichen Grau, und es ist daher anzunehmen, dass der in das Corp. quadr. ant. einstrahlende Anteil des Tract. opt. sich um diese

¹⁾ Siehe Versuch 10 und Probst, Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. 1900. Bd. 8.

Elemente aufsplittert. Im Pulvinar lässt sich keinerlei Veränderung feststellen, was bei der geringen Zahl der in das Pulvinar einstrahlenden Traktusfasern der Erwartung entspricht.

Versuch 10. Linksseitige Eucleatio bulbi bei einer erwachsenen Katze.

Nach drei Wochen wird das Tier getötet.

Sektion: Die Eukleation ist vollständig. Am Gehirn ist bei makroskopischer Betrachtung nichts Abnormes feststellbar; es wird nach der Marchi-Methode bearbeitet, dabei soll die Aufsplitterung der Traktusfasern in den primären optischen Zentren, speziell im Corpus geniculatum externum, studiert werden.

Anatomischer Befund (Frontalschnittserie).

Der linke N. opticus ist vollkommen degeneriert, der rechte ist normal. In den frontalen Partien des Chiasma Nn. opticorum beginnt der Übergang von degenerierten Fasern auf die gekreuzte (rechte) Seite. Zuerst kommen zur Kreuzung jene Fasern des degenerierten Sehnerven, welche zentral gelegen sind, ihnen folgen weiter kaudalwärts die dorsal und ventral davon liegenden Fasern. In kaudalen Ebenen des Chiasma können besondere Bündel nicht mehr unterschieden werden, vielmehr ist der ganze Querschnitt ziemlich gleichmässig von der Degeneration ergriffen.

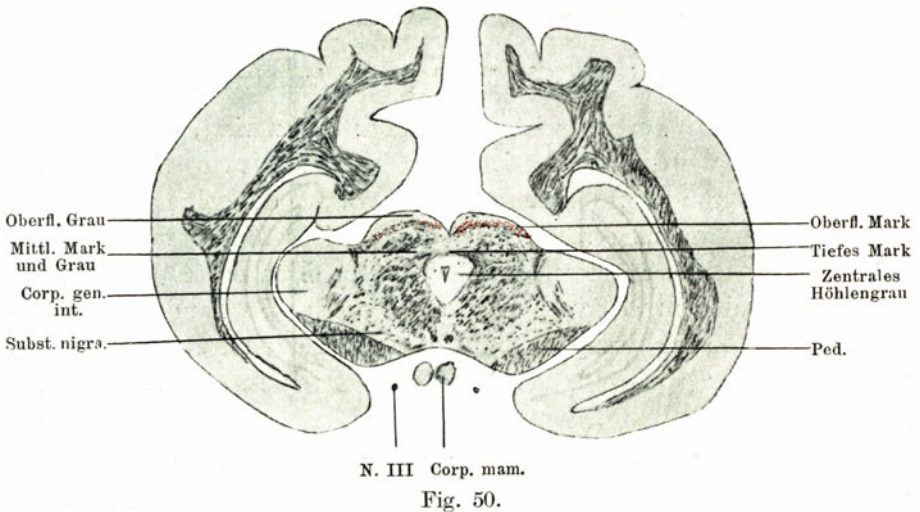
Auch in beiden Tractus optici sind die Degenerationsprodukte über den ganzen Querschnitt gleichmässig verteilt (s. Fig. 51—53); der gekreuzte (rechte) Tr. opticus ist stärker ergriffen als der gleichseitige — eine Bestätigung der bekannten Tatsache, dass bei der Katze und beim Hund die Zahl der sich kreuzenden Traktusfasern grösser ist als die der ungekreuzten.

Aus den Tractus optici zieht die Hauptmasse der degenerierten Fasern in die Corpora geniculata externa, kleine Portionen in die Corpora quadrigemina anteriora und die Pulvinaria.

In das Corpus quadrigeminum anterius gelangen die Traktusfasern durch den Arm des vorderen Zweihügels (Br. quadr. ant., s. Fig. 51). Letzterer verläuft zwischen Corp. gen. ext. und int. und wendet sich mediokaudalwärts, um in den vorderen Zweihügel zu gelangen. Hier verlaufen die degenerierten Traktusfasern in der äusseren Lage des oberflächlichen Marks (s. Fig. 50), um sich wahrscheinlich im oberflächlichen Grau endgültig aufzusplitteln. Auf der Seite der Euklea-

tion (links) findet man nur spärliche Schollen in Gestalt eines feinen Staubes, welcher über die ganze Breite des Corp. quadr. ant. ziemlich gleichmässig verteilt ist; auf der gekreuzten Seite sind die Schollen gröber und in der medialen und lateralen Ecke des oberflächlichen Marks etwas stärker angesammelt als in den zentralen Partien.

Eine kleine Portion von degenerierten Traktusfasern zieht aus dem Arm des vorderen Zueihügels medialwärts und oralwärts in der dorsalen Markschicht des Pulvinar (Stratum zonale, s. Fig. 51 und 52); diese Fasern bilden den von Monakow und Probst beschriebenen Retinaanteil des Pulvinar; sie gelangen bis in die Nähe des Ganglion



Frontalschnitt aus den vorderen Ebenen des Corpus quadrigeminum anterius. Vergr. 2 : 1.

habenulae, ohne indessen mit ihm Verbindungen einzugehen; die Zahl der degenerierten Fasern des Stratum zonale pulvinaris ist auf der der Enukleation gegenüberliegenden Seite (rechts) erheblich grösser als auf der gleichen.

Die Hauptmasse der Traktusfasern splittert sich in beiden Corpora geniculata externa auf. Die Art dieser Aufspaltung, speziell den Unterschied in der topographischen Verteilung derselben im gekreuzten und im gleichseitigen Corp. gen. ext. habe ich besonders eingehend studiert, weil ich dabei hoffte, neue Gesichtspunkte für die Frage nach der Projektion der Netzhaut auf das Corp. gen. ext. zu gewinnen.

Fig. 51 stellt einen Frontalschnitt aus dem kaudalen Drittel des Corp. gen. ext. dar; im gekreuzten (rechten) Corp. gen. ext. sind

feinere und feinste Schollen über den ganzen Querschnitt gleichmässig verteilt; nur an Stelle der Marklamellen (Laminae medullares), welche bekanntlich zum Teil aus Traktusfasern bestehen, findet man eine stärkere Ansammlung von etwas gröberen Schollen (in der Zeichnung ist das schematisch durch gröbere Punkte an Stelle der Marklamellen wiedergegeben). Im Gegensatz dazu ist im gleichseitigen Corp. gen. ext. nur eine bestimmte Partie, nämlich das mediale Drittel, mit der darin enthaltenen Marklamelle von der Degeneration ergriffen; die lateralen zwei Drittel sind von degenerierten Schollen vollkommen frei.

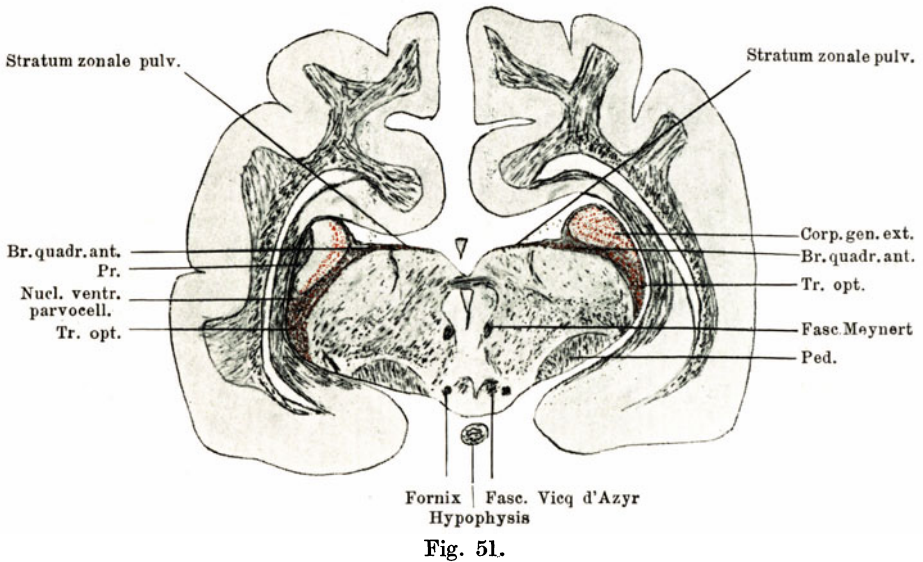


Fig. 51.

Frontalschnitt aus dem kaudalen Drittel des Corpus geniculatum externum. Vergr. 2 : 1.
Pr. = Projektionsfasern aus der inneren Kapsel.

Die Markkapseln des Corp. gen. ext. enthalten beiderseits degenerierte Schollen rings um den Kniehöcker herum, es besteht nur ein deutlicher quantitativer Unterschied zugunsten der gekreuzten (rechten) Seite.

Der ventrale kleinzellige Kern (Nucleus ventralis parvocellularis), der in dem nicht ganz symmetrischen Schnitt nur links (gleichseitig) getroffen ist, ist von degenerierten Schollen vollkommen frei.

Die von aussen her in das Corp. gen. ext. keilförmig einstrahlenden Fasern (s. Fig. 51, Pr.) sind ebenfalls auf beiden Seiten (in Fig. 51 sind sie nur links getroffen, rechts treten sie weiter oralwärts auf) von Degenerationen völlig frei, ein Beweis dafür, dass es sich um Projektions-

fasern aus der inneren Kapsel handelt, denen Traktusfasern nicht beigemischt sind.

Ähnliche Verhältnisse in bezug auf die Aufsplitterung von Traktusfasern in der Corpora geniculata externa sehen wir in Fig. 52, welche einem Frontalschnitt durch das mittlere Drittel des Corp. gen. ext. entspricht. Auch hier ist im gekreuzten (rechten) Corp. gen. ext. der ganze Querschnitt annähernd gleichmässig von der Degeneration ergriffen, und nur entsprechend den Marklamellen findet sich eine dichtere Ansammlung von Schollen. Im gleichseitigen (linken) Corp.

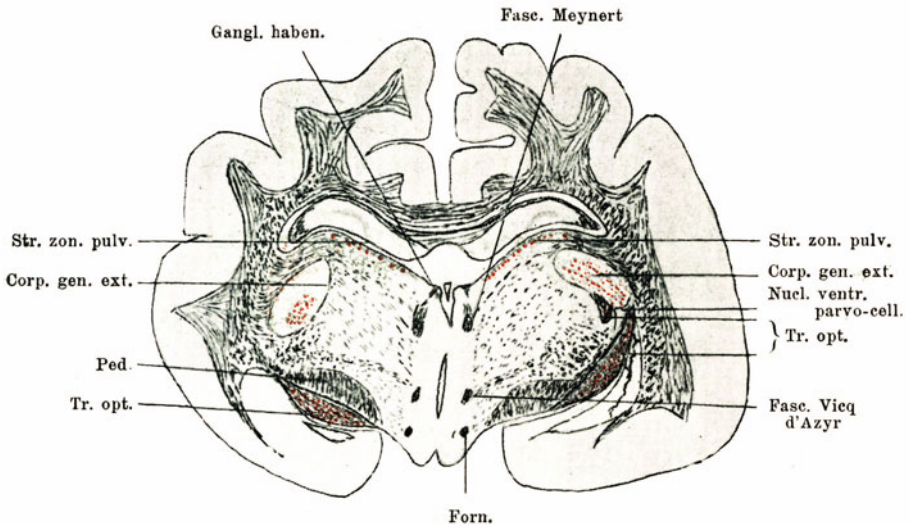


Fig: 52.

Frontalschnitt aus dem mittleren Drittel des Corpus geniculatum externum. Vergr. 2 : 1.

gen. ext. beschränkt sich die Degeneration auf eine zirkumskripte medioventrale Partie des Querschnitts; der übrige Querschnitt samt einer darin enthaltenen Marklamelle enthält keine Degenerationsprodukte.

Der gekreuzte (rechte) ventrale kleinzellige Kern (Nucl. ventr. parvocell.) enthält nur vereinzelte Schollen, von denen nicht mit Sicherheit zu sagen ist, ob es sich um echte Degenerationsprodukte handelt.

Die Markmassen lateral und dorsal vom Corp. gen. ext. sind beiderseits von Degenerationen frei (sie enthalten Projektionsfasern aus der inneren Kapsel zum Corp. gen. ext., zum Pulvinar und zum lateralen Thalamuskern), ebenso die Markkapsel um das Corp. gen. ext.

In einem Frontalschnitt durch die Mitte des vorderen Drittels des Corp. gen. ext. (Fig. 53) finden wir im gekreuzten äusseren Kniehöcker relativ spärliche, aber über den ganzen Querschnitt gleichmässig verteilte feine Schollen; das gleichseitige (linke) Corp. gen. ext. ist von Degenerationsprodukten überhaupt frei; dasselbe finden wir in allen Querschnitten, welche in ihrer Gesamtheit das orale Viertel des Corp. gen. ext. ausmachen. Die Markkapsel um das Corp. gen. ext. ist beiderseits von Degenerationen frei; auch die Marklamellen innerhalb des Querschnitts des Corp. gen. ext. sind beiderseits schollen-

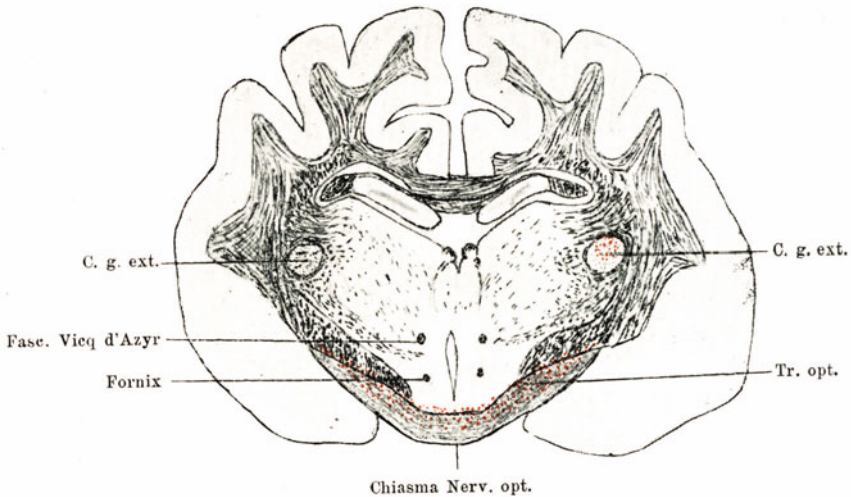


Fig. 53.

Frontalschnitt aus dem vorderen Drittel des Corpus geniculatum externum. Vergr. 2:1.

frei, sie enthalten somit im Gegensatz zu den Laminae medullares in den kaudalen zwei Dritteln des Corp. gen. ext. keine Traktusfasern.

Das Ganglion habenulae und die hintere Kommissur weisen keine Degenerationen auf.

Zusammenfassung.

Fasse ich nun das Ergebnis dieses Versuchs zusammen, so kann ich zunächst die Marchi-Untersuchungen von Probst: „Über den Verlauf der Nervenfasern und deren Endigung im Zwischen- und Mittelhirn“¹⁾ in allen wesentlichen Punkten bestätigen. Nachdem im Chiasma eine partielle Kreuzung stattgefunden hat, und der grössere Teil der

¹⁾ Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. 1900, Bd. 7.

Optikusfasern in den gegenüberliegenden Tractus opt. übergegangen ist, zieht die Hauptmasse der Traktusfasern in das Corp. gen. ext., eine kleine Portion zum Corp. quadr. ant. und zum Pulvinar. In den vorderen Zweihügel gelangen die Sehnervenfasern aus dem Tractus opt. durch den Arm des vorderen Zweihügels (s. Fig. 51); sie verlaufen im Corp. quadr. ant. in der äusseren Lage des oberflächlichen Marks, im gekreuzten vorderen Zweihügel in erheblich grösserer Zahl als im gleichseitigen (s. Fig. 50), und endigen wahrscheinlich mit Aufsplitterungen im oberflächlichen Grau. Eine Anzahl von Sehnervenfasern zieht aus dem Tract. opt. medial- und oralwärts zum Pulvinar, wo sie in der oberflächlichen dorsalen Markschicht (Stratum zonale) verlaufen; sie gelangen bis in die Nähe des Ganglion habenulae, mit dem sie aber keine Verbindungen besitzen (s. Fig. 51 und 52); auch in das gekreuzte Pulvinar gelangen mehr Sehnervenfasern als in das gleichseitige.

Die Hauptmasse der Traktusfasern mündet in das Corpus geniculatum externum; sie strahlen in letzteres hauptsächlich von der ventromedialen Seite ein und bilden zunächst die Marklamellen, Laminae medullares) in seinen kaudalen zwei Dritteln (im vorderen Drittel des Corp. gen. ext. bestehen die Marklamellen aus Fasern anderer Provenienz), um von da aus sich in der grauen Substanz aufzusplittern. In den ventralen kleinzelligen Kern gelangen anscheinend keine Traktusfasern; in der Verteilung der sekundären Degeneration über den übrigen Querschnitt des Corpus geniculatum externum, d. h. über seinen grosszelligen Hauptkern, besteht zwischen dem der E nukleation gegenüberliegenden und dem gleichseitigen äusseren Kniehöcker ein charakteristischer Unterschied, welcher bis jetzt von den Autoren [auch von Probst¹⁾] nicht gewürdigt worden ist. Die Angabe von Colucci²⁾, wonach nach einseitiger E nukleation die Sehnervenfasern im gleichseitigen Corp. gen. ext. in denselben Partien — nur in geringerem Grade — degenerieren, wie im gekreuzten, muss ich auf Grund meiner Ergebnisse als unrichtig hinstellen; vielmehr geht aus ihnen hervor, dass nach einer einseitigen E nukleation bei der Katze (und wohl auch beim Hund) die Degeneration im gekreuzten äusseren Kniehöcker sich über den ganzen Querschnitt überall annähernd gleichmässig verteilt, während die un-

¹⁾ An den Zeichnungen von Probst (l. c.) ist ein ähnlicher Unterschied in der Verteilung der sekundären Degeneration im gekreuzten und im gleichseitigen Corpus geniculatum externum wie der hier beschriebene zu sehen, und ich erblicke darin eine Bestätigung meines Befundes; eine Hervorhebung dieses Unterschiedes ist aber bei Probst nicht zu finden.

²⁾ Colucci, Ricerche sull' anatomia e sulla fisiologia dei centri visivi cerebrali. Atti della R. Accademia Medico-chirurgica di Napoli, 1898.

gleichseitigen auf eine bestimmte Partie — die medialen Teile des Querschnitts in den kaudalen drei Vierteln des Corpus geniculatum externum — beschränkt bleibt, und der Rest desselben — die lateralen Partien der kaudalen drei Viertel und das ganze orale Viertel — von einer Degeneration verschont bleibt; in bezug auf normal-anatomische Verhältnisse scheint daraus hervorzugehen, dass diejenigen Sehnervenfasern, welche im Chiasma nervorum opticorum einer Kreuzung unterliegen, sich im ganzen gekreuzten Corpus geniculatum externum aufsplittern, die ungekreuzten in einer bestimmten Partie des gleichseitigen — den medialen Teilen seiner kaudalen drei Viertel — ihr Ende finden; auf die physiologische Bedeutung dieses interessanten Befundes komme ich noch im letzten Kapitel zurück.

VI. Allgemeine Betrachtungen.

Zum Schluss sei es mir gestattet, die gewonnenen Ergebnisse kurz zusammenzufassen, sie von allgemeineren Gesichtspunkten aus zu betrachten und daraus, wenn möglich, einige Schlüsse in bezug auf die feinere Anatomie der optischen Bahnen und Zentren und die anatomisch-physiologischen Bedingungen des Sehakts zu ziehen.

Dass das Corp. gen. ext. einen Grosshirnanteil bildet, d. h. ein phylogenetisch junges Gebilde ist, „welches in seiner Existenz und zweifellos auch in seinen Funktionen vom Grosshirn ganz oder grösstenteils abhängig ist, resp. ohne dessen fortgesetzte Anregung und Betätigung verkümmert“, steht seit den klassischen Arbeiten von Monakows fest. Ich glaube nun auf Grund meiner Ergebnisse diese Abhängigkeit dahin präzisieren zu dürfen, dass der Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext. in der Grosshirnrinde der Katze sich mit der Area striata deckt, jenem zytoarchitektonisch differenzierten und gegen die Umgebung mehr oder weniger scharf abgegrenzten Rindenfeld, das in der ganzen Säugetierreihe mit nur geringen tektonischen Variationen anzutreffen ist. Nur von diesem Gebiet aus, welches bei der Katze die kaudal-mediale und zerebellare Fläche der Hemisphäre einnimmt und an der Konvexität nicht über den Sulc. lateralis hinausgeht, lassen sich sekundäre Degenerationen im Corp. gen. ext. erzielen (Versuch 1, 2, 3, 4 und 5), während Exstirpationen aus der Konvexität des Okzipitallappens, wenn sie tatsächlich auf die Rinde beschränkt bleiben und nicht durch tiefergreifende Läsionen auch die Sehstrahlung in Mitleidenschaft ziehen, im Corp. gen. ext. weder eine herdförmige

Degeneration noch eine allgemeine Volumsreduktion herbeiführen (Versuch 6). Nach einer Totalexstirpation der Area striata geht der ganze grosszellige Hauptkern des Corp. gen. ext. bis auf einzelne im ganzen Querschnitt zerstreut liegende kleinere Elemente sekundär zugrunde (Versuch 8); im Gegensatz dazu erleidet der ventrale kleinzellige Kern nach Grosshirnexstirpationen keine Degeneration, höchstens nur eine unbedeutende Atrophie; auch die Markganglienzellen, welche in die aus der inneren Kapsel einstrahlenden Projektionsfasern eingestreut sind, zeigen danach keine wesentliche Veränderung. Bezeichnen wir mit v. Monakow als Sehphärenanteil das Corp. gen. ext. jenen Teil desselben, „dessen Existenz von der Intaktheit der Sehphäre abhängig ist“, so wird letzterer durch den grosszelligen Hauptkern in allen seinen Teilen (Pars post., Pars dors., Pars intermedia und Pars ant.) gebildet, während der ventrale kleinzellige Kern und die Markganglienzellen keine Grosshirnanteile sind. Die zerstreuten kleinen Elemente des grosszelligen Hauptkerns, welche nach kortikalen Exstirpationen von der Degeneration verschont bleiben (s. Versuche 1 und 8), sind jedenfalls auch vom Grosshirn nicht direkt abhängig.

Nach von Monakow würde es sich bei letzteren um „Schaltzellen“ handeln, die zwischen dem peripheren und dem zentralen optischen Neuron, d. h. zwischen den Endaufsplitterungen des Tract. opt. im Corp. gen. ext. und den Ursprungszellen der Sehstrahlung eingeschaltet sind, und denen die Fähigkeit zukommt, „Erregungen von verschiedenen Seiten zu empfangen und sie nach verschiedenen Richtungen zu übertragen“. Tello¹⁾, ein Schüler Cajals, der die histologischen Verhältnisse des Corp. gen. ext. an Golgi-Präparaten studiert hat, konnte sich nicht davon überzeugen, dass die Traktusfasern sich um diese kleinen und nicht direkt um die grossen Zellen aufsplittern; er hält daher die Monakowsche Annahme für unwahrscheinlich und schliesst sich der Auffassung Cajals an, wonach diese kleinen Zellen mit kurzen Achsenzylindern (Golgische Zellen zweiter Kategorie) Kondensatoren darstellen, welche den nervösen Strom bei seiner Transmission von einem Neuron aufs andere (vom peripheren aufs zentrale) verstärken. Ich kann diese spezielle Frage nicht entscheiden; soviel steht aber auf Grund meiner Ergebnisse fest, dass im grosszelligen Hauptkern des Corp. gen. ext. überall einzelne kleine (vielleicht auch mittlere) Elemente enthalten sind, welche vom Grosshirn nicht direkt

¹⁾ F. Tello, Trabajos del laboratorio de investigaciones biologicas de la Universidad de Madrid. Tomo III. 1904.

abhängig sind; nach kortikalen Zerstörungen bleiben sie jedenfalls lange Zeit (bei einem erwachsenen Tier noch sechs Monate nach der Exstirpation) relativ gut erhalten, während alle übrigen Zellen des grosszelligen Hauptkerns nach Totalexstirpation der Area striata einer chronischen unaufhaltsam fortschreitenden sekundären Degeneration verfallen.

Das Corp. gen. ext. ist das einzige subkortikale Gebilde, in dem nach reinen Exstirpationen der Area striata eine Degeneration von Ganglienzellen nachweisbar ist; weder im Pulvinar noch im Corp. quadr. ant. lässt sich danach ein Ausfall von Ganglienzellen mit Sicherheit feststellen (Versuche 1—5). Einen deutlichen Ausfall von Ganglienzellen im Pulvinar und im Corp. quadr. ant. (im oberflächlichen Grau — Reduktion der Zahl der Zellen, besonders der sternförmigen und spindelförmigen Elemente mittlerer Grösse) habe ich überhaupt nur in einem Fall von Exstirpation aus der zweiten Windung der Konvexität (bei dem allerdings das sagittale Mark partiell durchtrennt war, Versuch 7) gesehen, woraus jedenfalls hervorgeht, dass ein Teil der Zellen des oberflächlichen Graus des vorderen Zweihügels und des Pulvinars vom Kortex abhängig ist. Etwas Genaueres über den Repräsentationsbezirk des Pulvinars und des Corp. quadr. ant. im Kortex kann ich nicht aussagen, jedenfalls fällt er keineswegs mit der Area striata — dem Repräsentationsbezirk für das Corp. gen. ext. — zusammen; das Fehlen von zellulären Ausfällen im Pulvinar und im Corp. quadr. ant. nach reinen Exstirpationen der Area striata (Versuche 1—5) spricht sogar dafür, dass in die Area striata, wenn überhaupt, so nur wenige Projektionsfasern einmünden, deren Ursprungszellen sich im Pulvinar oder im Corp. quadr. ant. befinden, dass die Area striata vielmehr an kortikopetalen Projektionsfasern nur die Strahlungen aus dem Corp. gen. ext. aufnimmt.

Über das Verhalten des Marks im Corp. quadr. ant. kann ich auf Grund meiner Präparate nichts Bestimmtes aussagen und will hier nur darauf hinweisen, dass nach Ganser, Monakow u. a. das mittlere Mark es ist, welches nach Grosshirnexstirpationen sekundär zugrunde geht.

Der periphere Eingriff (doppelseitige E nukleation bei einem neugeborenen Tier) lehrt uns, dass bei der Katze (ähnlich wie beim Hund nach v. Monakow) im Vergleich zum Kaninchen nur ein kleiner Teil des Tract. opt. in das Corp. quadr. ant. — dieses phylogenetisch älteste Sehzentrum — einmündet. Die Atrophie des Corp. quadr. ant. nach doppelseitiger E nukleation ist bei der Katze nur unbedeutend und erstreckt sich, soweit die zelligen Elemente in Betracht

kommen, nur auf eine relativ kleine Gruppe von Zellen (hauptsächlich sternförmige und spindelförmige Elemente mittlerer Grösse) im oberflächlichen Grau. Das Pulvinar zeigt danach keine Veränderung. Um so grösser ist der Teil des Tract. opt., der in das Corp. gen. ext. einmündet; letzteres nimmt die Hauptmasse der Traktusfasern auf, und es muss ihm daher die Hauptaufgabe bei der Verarbeitung der optischen Reize und deren Beförderung zur Grosshirnrinde zufallen. Fallen diese Reize aus, wie das nach einer doppelseitigen E nukleation beim neugeborenen Tier der Fall ist, dann erleiden die Ganglienzellen des Corp. gen. ext. eine Entwicklungshemmung und Atrophie, die schon nach sieben Wochen im Vergleich zu einem Kontrolltier des gleichen Wurfes deutlich ist. Das Corp. gen. ext. ist aber ein Grosshirn-anteil im Sinne von Monakows, für dessen Existenz und Funktion die Integrität der Grosshirnrinde eine notwendige Bedingung ist; jetzt wissen wir auch, dass sein Repräsentationsbezirk in der Rinde sich mit der Area striata deckt, und so wird es auch vom anatomischen Standpunkt verständlich, warum, wie meine früheren Experimente an Hunden gezeigt haben ¹⁾, nur von der Area striata aus dauernde (und bei totaler Exstirpation derselben wahrscheinlich maximale) Ausfälle im Gesichtsfeld herbeigeführt werden. Wohl ist es möglich, dass dem Kortex optische Impulse auch durch Vermittlung des phylogenetisch alten Sehzentrums — des Corp. quadr. ant. — und auch des Pulvinars (obwohl die Zahl der in das Corp. quadr. ant. und das Pulvinar mündenden Traktusfasern sehr gering ist) übermittelt werden, deren Repräsentationsbezirk sich, wie aus meinen Versuchen hervorgeht, keineswegs mit der Area striata deckt, vielmehr entweder ganz oder grösstenteils ausserhalb derselben liegt, aber entweder handelt es sich um solche Komponenten des Sehakts, die keinen Einfluss auf den Umfang des Gesichtsfeldes haben, und deren Ausfall dementsprechend durch perimetrische Prüfungen nicht aufgedeckt werden kann, oder die Area striata nimmt innerhalb des gesamten kortikalen Erregungsbogens, welcher für den Sehakt mit allen seinen Komponenten (ausser der rein optischen Licht- resp. Farbenkomponente auch die Raum- und Formenkomponente) in Betracht kommen, eine so dominierende Stellung ein, dass durch deren Zerstörung auch die übrigen Gebiete für längere Zeit oder sogar dauernd lahmgelegt werden (Diaschisiswirkung). In beiden Fällen würden wir eine Erklärung dafür haben, warum einerseits Exstirpationen ausserhalb der Area striata, speziell

¹⁾ Minkowski, Zur Physiologie der Sehsphäre. Pflügers Arch. Bd. 141. Kap. VI.

solche der zweiten Windung der Konvexität des Okzipitallappens, welche jedenfalls mit zum kortikalen Repräsentationsbezirk des Corp. quadr. ant. und des Pulvinars gehört (s. besonders Versuch 7), keine oder nur rasch vorübergehende Einschränkungen des Gesichtsfeldes zur Folge haben¹⁾ (vorausgesetzt, dass die Exstirpation auf die Rinde beschränkt bleibt und nicht durch tiefe Herde auch die sagittale Sehstrahlung lädiert), und andererseits Exstirpationen der Area striata für sich genügen, um einen dauernden maximalen Ausfall im Gesichtsfeld zu bewirken²⁾.

Die Frage, ob sich engere Beziehungen bestimmter Teile der Area striata zu bestimmten Abschnitten des Corp. gen. ext. im Sinne einer anatomischen Projektion des Corp. gen. ext. auf die Grosshirnrinde feststellen lassen, welche für die physiologisch beim Hund festgestellte Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde³⁾ eine notwendige Voraussetzung zu bilden scheint, ist durch meine Versuche (partielle Exstirpationen der Area striata — Vers. 1, 2, 3, 4 und 5) in positivem Sinne gelöst worden. Es hat sich gezeigt, dass die vorderen (und zugleich oberen, an der medialen und teilweise auch der konvexen Fläche des Gyr. marginalis gelegenen) Teile der Area striata mit den vorderen, die hinteren (und zugleich unteren an der basal-zerebellaren Fläche des Okzipitallappens gelegenen) — mit den hinteren Teilen des Corp. gen. ext. und nur mit diesen in Verbindung stehen (s. Vers. 1, 2 und 3), so dass nach einer partiellen vorderen (resp. hinteren) Exstirpation der Area striata nur der entsprechende vordere (resp. hintere) Teil des Corp. gen. ext. sekundär zugrunde geht; dass ferner die Projektion des Corp. gen. ext. auf die Area striata so scharf ist, dass sie sogar durch kleine Rindensexstirpationen von ca. $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser aus dem Bereich derselben nachgewiesen werden kann, indem nach einer derartigen Exstirpation ein distinkter, scharf abgegrenzter, inselförmiger Bezirk des Corp. gen. ext. sekundär zugrunde geht. Die näheren Verhältnisse dieser Projektion, soweit sie aus meinen Experimenten hervorgehen, können durch ein Schema illustriert werden — s. Fig. 54.

Eine weitere Frage ist die, ob diese scharfe anatomische Projektion auch über das Corp. gen. ext. in das periphere Neuron sich fortsetzt, so dass bestimmte (z. B. die vorderen) Abschnitte des Corp. gen. ext. und durch deren Vermittlung auch der Area striata mit bestimmten

¹⁾ Minkowski, l. c. Kapitel V.

²⁾ „ l. c. Kapitel VI.

³⁾ „ l. c. Kapitel IX.

(z. B. den oberen) Teilen der Netzhaut und nur mit diesen in Beziehung stehen.

Um diese Frage zu beantworten, müsste zunächst rein anatomisch festgestellt werden, wie sich die Traktusfasern im Corp. gen. ext. aufsplintern, ob die aus verschiedenen Netzhautteilen stammenden Fasern im Nervus und Tractus opt. in einer entsprechenden räumlichen

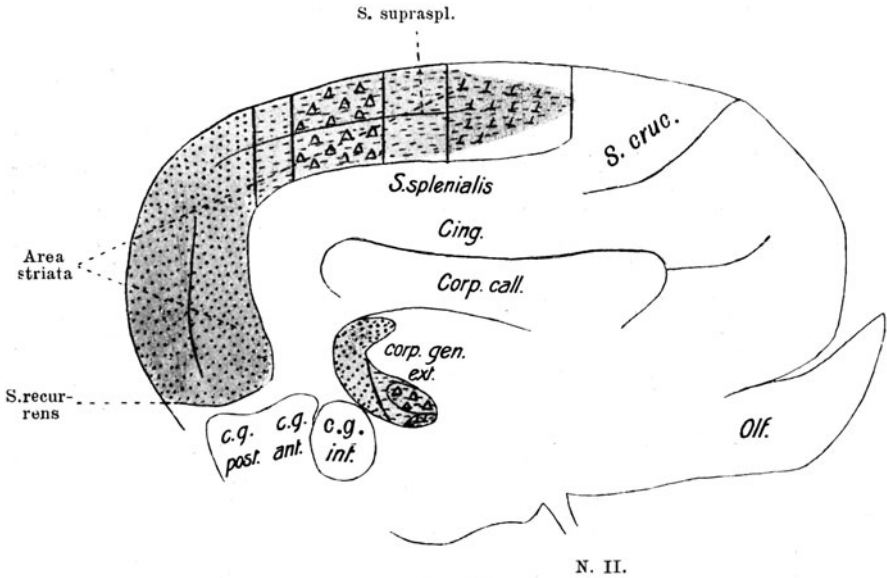


Fig. 54.

Fig. 54. Schema zur Illustration der Projektion des Corpus geniculatum externum auf die Grosshirnrinde bei der Katze.

Mediale Fläche der Hemisphäre; in die gleiche Ebene ist ein Sagittalschnitt durch die Corpora geniculata und Corpora quadrigemina eingezeichnet (in Wirklichkeit entspricht dieser Sagittalschnitt einer Ebene, die sich ca. 4 mm lateralwärts von der sagittalen Mittelebene befindet). Die Area striata (deren Hauptanteil an der medialen und zerebellaren Fläche der Hemisphäre liegt) und das Corp. gen. ext. sind gleich gefärbt, und dadurch wird zum Ausdruck gebracht, dass der Repräsentationsbezirk des Corp. gen. ext. in der Grosshirnrinde sich mit der Area striata deckt. Die Beziehungen bestimmter Teile der Area striata zu bestimmten Abschnitten des Corp. gen. ext., wie sie aus der Ausbreitung der sekundären Degenerationen im Corp. gen. ext. nach partiellen Exstirpationen der Area striata hervorgehen, sind aus der Zeichnung ohne weiteres klar, indem die korrespondierenden Teile der Area striata und des Corp. gen. ext. in gleicher Weise markiert sind. Man sieht daraus, dass eine scharfe Projektion des Corp. gen. ext. auf die Grosshirnrinde besteht und zwar so, dass die hinteren Teile der Area striata (: : siehe Versuche 2 und 3) mit den hinteren, die vorderen (= s. Versuch 1) mit den vorderen Teilen des Corp. gen. ext. in Verbindung stehen; dass ferner kleinen Abschnitten der Area striata (deren Durchmesser 5—6 mm beträgt, *AA* und *II*, s. Versuche 4 und 5) entsprechende scharf abgegrenzte inselförmige Bezirke des Corp. gen. ext. zugeordnet sind, die nach solchen kleinen Exstirpationen sekundär zugrunde gehen.

Anordnung und Trennung verlaufen und letztere auch bei ihrer Einstrahlung in das Corp. gen. ext. bewahren, oder ob entweder schon im Tract. opt. oder bei der Einstrahlung in das Corp. gen. ext. eine Mischung von Fasern stattfindet, so dass Fasern aus verschiedenen (vielleicht sogar entfernten) Netzhautabschnitten in dem gleichen Abschnitt des Corp. gen. ext. ihr Ende finden.

Direkte experimentelle Untersuchungen über die anatomischen Folgen von partiellen Zerstörungen der Netzhaut, resp. die danach auftretenden sekundären Veränderungen in den optischen Bahnen sind meines Wissens bis jetzt nur von Pick¹⁾ angestellt worden; er hat beim Kaninchen kleine Partien der Netzhaut, hauptsächlich mittels der galvanokaustischen Nadel, zerstört und danach die sekundären Degenerationen im N. opticus, im Chiasma und im gekreuzten Tract. opticus mit Hilfe der Marchi-Methode studiert. Aus seinen zahlreichen Versuchen schliesst er, dass „den verschiedenen Abschnitten des Retina im allgemeinen die gleich gelegenen Abschnitte im Opticus-Querschnitte entsprechen“; und, „in gleicher Weise gestaltet sich das Verhältnis zwischen Retina und Tractus der kontralateralen Seite“. Die Verteilung der sekundären Degenerationen in den primären optischen Zentren hat Pick nicht verfolgt; es erscheint aber a priori wahrscheinlich; dass, wenn die Retinafasern noch im Tract. opt. ähnlich angeordnet sind wie im Sehnerven und in der Netzhaut, sie auch bei ihrer Einstrahlung in die primären optischen Zentren, speziell in das Corpus geniculatum externum, nicht regellos durcheinander kommen, sondern auch hier entsprechend ihrem Ursprung aus verschiedenen Netzhautabschnitten eine bestimmte räumliche Anordnung und Trennung bewahren, resp. in bestimmten Abschnitten des Corp. gen. ext. ihr Ende finden.

Bei der Katze sind solche direkte Versuche mit partiellen Zerstörungen der Netzhaut nicht ausgeführt worden; aber indirekt lassen sich meines Erachtens aus der Verteilung der sekundären Degeneration in beiden äusseren Kniehöckern nach einseitiger Bulbusenukleation (siehe Versuch 10) interessante Schlüsse über die Frage der Projektion der Netzhaut auf das Corp. gen. ext. ziehen. Es hat sich gezeigt, dass die ungekreuzt verlaufenden Sehnervenfasern in einer bestimmten umschriebenen Partie des gleichseitigen Corp. gen. ext. (hauptsächlich im

¹⁾ A. Pick. Untersuchungen über die topographischen Beziehungen zwischen Retina, Opticus und gekreuztem Tractus opticus beim Kaninchen. Nova Acta der Ksl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. LXVI. Nr. 1.

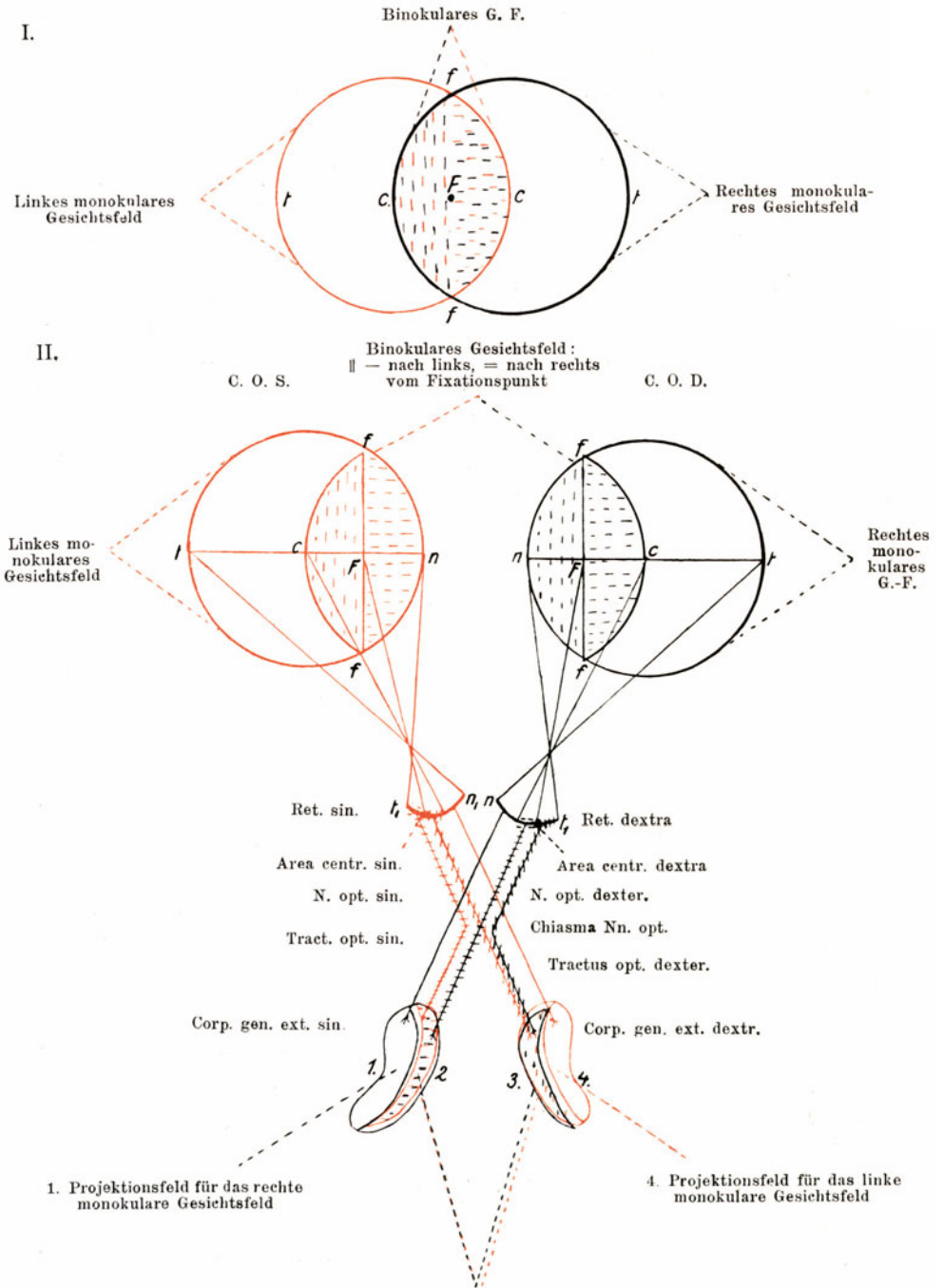
medialen Teil seiner kaudalen drei Viertel) ihr Ende finden, während die gekreuzten sich im ganzen Querschnitt des gekreuzten annähernd gleichmässig verteilen. Nun gehören, wie wohl nicht näher auseinandergeführt zu werden braucht, die ungekreuzten Sehnervenfasern, welche aus der lateralen Netzhautpartie hervorgehen, dem binokularen Gesichtsfeld (s. Fig. 55) und es ergibt sich daraus, dass letzteres im Corp. gen. ext. ein besonderes Projektionsfeld besitzt; die betreffende Partie enthält nach einseitiger Bulbusenukulation sowohl im gleichseitigen wie im gekreuzten Corpus geniculatum externum degenerierte Fasern, woraus hervorgeht, dass in diesem Gebiet gekreuzte und ungekreuzte Optikusfasern ihr Ende finden; da es sich aber bei den ungekreuzten Fasern um solche Fasern handelt, welche dem binokularen Gesichtsfeld zugeordnet sind, liegt die Annahme nahe, dass auch die gekreuzten Fasern, welche sich in dem gleichen Gebiet aufsplintern, ebenfalls zum binokularen Gesichtsfeld gehören, aus homonymen Netzhautpunkten des gekreuzten Auges stammen. Eine derartige Annahme ist auf Grund von Erfahrungen aus der menschlichen Pathologie¹⁾ und aus allgemein theoretischen Gründen schon wiederholt ausgesprochen worden; nun glaube ich, bei der Katze eine experimentell-anatomische Grundlage dafür geliefert zu haben, dass das binokulare Gesichtsfeld im Corp. gen. ext. ein besonderes Projektionsfeld — hauptsächlich in den medialen Partien seiner kaudalen drei Viertel — besitzt; die übrigen Teile des Corp. gen. ext., welche nach einseitiger Enukulation nur im gekreuzten Corp. gen. ext. degenerierte Optikusfasern enthalten, im gleichseitigen aber von einer Degeneration verschont bleiben — die lateralen Teile seiner kaudalen drei Viertel und das ganze orale Viertel — würden danach dem monokularen Gesichtsfeld entsprechen, welchem die nasale Hälfte der zerstörten Netzhaut zugeordnet ist.

¹⁾ Dafür spricht z. B. eine interessante Beobachtung von Henschen, wo der Herd auf die dorsale Hälfte des Corp. gen. ext. beschränkt war und einen dauernden, auf die gekreuzten unteren Quadranten sich erstreckenden Ausfall im Gesichtsfeld erzeugte. Henschen schliesst aus diesem Fall, dass „das affizierte Gebiet des Kniehöckers die beiden Retinahälften innerviert“, indem „die Fasern der beiden oberen Retinahälften sich im oberen Abschnitte des Kniehöckers mischen, und wahrscheinlich gilt dies auch für jedes kleinere Gebiet des Kniehöckers“; ferner, dass der dorsale Abschnitt des Kniehöckers dem dorsalen Quadranten der Retina entspricht, dass die dorsalen und ventralen Hälften des Kniehöckers einander nicht vertreten können (da sonst die Quadranten-Hemianopsie nicht während mehrerer Jahre unverändert geblieben wäre, wie dies der Fall war), und dass es somit „eine constante Lokalisation im Kniehöcker gibt“ (Henschen. Über Lokalisation innerhalb des äusseren Knieganglions). Neurologisches Zentralblatt 1898.

Diese Verhältnisse können wohl am besten durch ein Schema illustriert werden (s. Fig. 55). Nehmen wir der Einfachheit halber an, das Gesichtsfeld der Katze bilde einen Kreis, der Fixierpunkt F liege am horizontalen Äquator dieses Kreises und zwar an der Grenze des nasalen Viertels und der temporalen drei Viertel desselben; das entspricht ungefähr den tatsächlichen Verhältnissen¹⁾. Wie aus den Ergebnissen von Totalexstirpationen der Area striata hervorgeht (s. Versuch 8), macht der von ungekreuzten Sehnervenfasern versorgte Teil des Gesichtsfeldes ungefähr ein Viertel des ganzen aus; der Fixationspunkt liegt wahrscheinlich noch innerhalb des gleichseitig versorgten Gesichtsfeldteils, und zwar an der Grenze desselben. Wenn das Tier binokular fixiert, indem es die Fixationspunkte beider Augen zur Verschmelzung bringt, dann entsteht im Zentrum des gesamten Sehfeldes ein binokulares Gesichtsfeld, dessen Grösse sich aus dem Schema ohne weiteres ergibt (s. Fig. 55, I); es ist doppelt so gross wie die ungekreuzt versorgte nasale Gesichtsfeldpartie, von der wir ja angenommen haben, dass sie bis zum Fixationspunkt reicht, und erstreckt sich somit am horizontalen Äquator zwischen den Zentren beider Gesichtsfelder. Nach links und nach rechts vom binokularen Gesichtsfeld erstrecken sich die monokularen Gesichtsfelder des linken resp. des rechten Auges. Das linke Gesichtsfeld, die linke Netzhaut, die aus ihr entspringenden Sehnervenfasern und die sie aufnehmenden Teile der Corp. gen. ext. sind im Schema rot gezeichnet resp. begrenzt, das rechte Gesichtsfeld usw. schwarz. Die monokularen Gesichtsfelder, die ihnen zugeordneten Netzhautteile, Optikusfasern und Corp. gen. ext.-Teile sind von einer Schraffierung frei, das binokulare mit seinem nervösen Leitungsapparat schraffiert, und zwar die linke Hälfte des binokularen Gesichtsfeldes durch vertikale, die rechte durch horizontale Striche. Den monokularen Gesichtsfeldern entsprechen die nasalen Hälften beider Netzhäute, welche nur durch gekreuzte Fasern versorgt werden (unschraffiert), dem binokularen Gesichtsfeld die temporalen (schraffiert); davon werden die lateralen (durch horizontale rote resp. vertikale schwarze Striche markierten) Partien gleichseitig innerviert, die medialen (durch vertikale rote resp. horizontale schwarze Striche markierten) gekreuzt.

Die durch gleichgerichtete (vertikale resp. horizontale) Striche markierten Teile beider Netzhäute sind homonyme Netzhautpartien, indem sie je aus einer Reihe von Punkten bestehen, welche bei binokularer Fixation gleichen Punkten des binokularen Gesichtsfeldes (seiner linken

¹⁾ Siehe auch meine Untersuchungen über das Gesichtsfeld des Hundes. Pflügers Arch. Bd. 141. S. 176 ff.



2. und 3. Projektionsfelder für das binokulare Gesichtsfeld:
 links (=) für die linke, rechts (||) für die rechte Hälfte desselben.

Fig. 55.

Schema zur Projektion der Gesichtsfelder und der ihnen zugeordneten Netzhautteile auf die Corp. gen. ext.

(Figurentext zu Figur 55 auf Seite 94.)

I. Sehfeld der Katze bei binokularer Fixation; II. die beiden Gesichtsfelder getrennt. Das Gesichtsfeld des linken Auges ist rot, das des rechten schwarz begrenzt. Das binokulare Gesichtsfeld ist durch Striche, und zwar seine nach links vom Fixationspunkt befindliche Hälfte durch vertikale, nach rechts — durch horizontale Striche markiert; die monokularen Gesichtsfeldteile sind unmarkiert. Die gleichen Farben und Markierungen sind auf die entsprechenden Netzhautteile, Sehnervenfasern und Projektionsfelder in den Corp. gen. ext. übertragen.

C = Centrum; F = Fixationspunkt; n = nasal; t = temporal.

resp. rechten Hälfte) zugeordnet sind. Die Querschnitte durch die Corp. gen. ext. entsprechen einem Frontalschnitt durch die Mitte seines kaudalen Drittels; für die Eintragung der Projektionsfelder ist die Verteilung der sekundären Degenerationen in beiden Corpora gen. ext. nach einseitiger Bulbusenukleation zugrunde gelegt (vgl. Fig. 51). Die linke Netzhaut und die aus ihr entspringenden Sehnervenfasern sind im Schema absichtlich rot gezeichnet, damit ein Vergleich mit der sekundären Degeneration derselben nach linksseitiger Bulbusenukleation, wie in Versuch 10, wo die degenerierten Sehnervenfasern ebenfalls rot gezeichnet wurden, ohne weiteres möglich ist. Die Richtigkeit des Schemas geht aus einem Vergleich desselben mit der Verteilung der sekundären Degeneration in beiden Corp. gen. ext. in Fig. 51 hervor; die aus der linken Netzhaut stammenden roten Sehnervenfasern verteilen sich da wie dort im ganzen Querschnitt des gekreuzten (rechten) Corp. gen. ext., während sie im gleichseitigen (linken) nur in der medialen Partie ihr Ende finden.

Vergleicht man das binokulare Sehfeld der Katze mit den schematischen Projektionsfeldern desselben in den Corpora geniculata externa, so sieht man an der Hand der verschiedenen Farben und Markierungen, dass das ganze Sehfeld in die Corpora geniculata so hineinprojiziert ist, dass benachbarte Teile des Sehfeldes in benachbarten Teilen der Corp. gen. ext. vertreten sind. Zunächst ist das Prinzip der Projektion schon mit der Tatsache gegeben, dass beide Corpora geniculata externa sich in die Vertretung des Sehfeldes teilen, und zwar so, dass die nach links vom Fixationspunkt gelegene Hälfte des Sehfeldes im rechten, die nach rechts im linken Corp. gen. ext. vertreten ist; und es geht aus meinen Befunden nur eine Weiterentwicklung dieses Prinzips hervor, dass auch noch innerhalb jedes Corp. gen. ext. besondere Projektionsfelder für das monokulare und das binokulare Gesichtsfeld enthalten sind.

Denken wir uns die Querschnitte beider Corp. gen. ext. als Hälften eines gemeinsamen Ganzen, welches entstehen würde, wenn die medialen

Ränder des Querschnittes zur Verschmelzung kämen (s. Schema), so ergibt sich in ihm von links nach rechts folgende Projektionsanordnung für das ganze Sehfeld und die entsprechenden Netzhautteile:

1. rechtes monokulares Gesichtsfeld — linke (nasale, mediale) gekreuzt innervierte Hälfte der rechten Netzhaut;
2. rechte Hälfte des binokularen Gesichtsfeldes — homonyme Teile beider Netzhäute: rechtes mittleres ¹⁾, gekreuzt innerviertes Viertel der rechten und linkes (temporales, laterales) gleichseitig innerviertes Viertel der linken Netzhaut;
3. linke Hälfte des binokularen Gesichtsfeldes — homonyme Netzhautteile: rechtes (temporales, laterales), gleichseitig innerviertes Viertel der rechten, linkes mittleres gekreuzt innerviertes Viertel der linken Netzhaut;
4. linkes monokulares Gesichtsfeld — rechte (nasale, mediale), gekreuzt innervierte Hälfte der linken Netzhaut.

Wir haben also eine Projektion der Netzhaut auf die *Corpora geniculata externa*, so dass das laterale, gleichseitig versorgte Netzhautviertel in der medialen Partie (genauer in der medialen Partie der kaudalen drei Viertel) des gleichseitigen Corp. gen. ext. vertreten ist, während von den gekreuzt innervierten drei Vierteln der Netzhaut der laterale (temporale) Teil in der medialen Partie (genauer in der medialen Partie der kaudalen drei Viertel), die mediale (nasale) Hälfte in der lateralen Partie der kaudalen drei Viertel und im oralen Viertel des gekreuzten Corp. gen. ext. ihr Projektionsfeld besitzt.

Wenn aber eine Projektion der Netzhaut auf die Corp. gen. ext. in bezug auf die medialen und lateralen Teile der Retina vorhanden ist, so muss sie auch für deren obere und untere Teile postuliert werden; etwas Genaueres über diese Projektion ist uns aber nicht bekannt, es müssten für deren Nachweis partielle Zerstörungen der oberen resp. unteren Netzhautteile vorgenommen werden, soweit dies technisch ausführbar ist.

Noch einige Bemerkungen über die Vertretung der *Area centralis* im Corp. gen. ext. Die *Area centralis* der Katze, welche der *Macula lutea* des Menschen entspricht, ist nach den Untersuchungen

¹⁾ Als rechtes mittleres Viertel der rechten resp. linkes mittleres Viertel der linken Netzhaut bezeichne ich den gekreuzt innervierten Teil der lateralen Netzhauthälfte; die Bezeichnung „rechtes mittleres“ resp. „linkes mittleres“ Viertel bedeutet, dass es sich von den beiden mittleren Netzhautvierteln um das rechte resp. linke handelt.

von Ganser¹⁾ durch eine Mehrfachsichtung der Ganglienzellschicht charakterisiert; sie bildet einen Hügel von ca. 1,4 mm Radius, welcher in den horizontalen Querschnitten durch die oberen Ebenen der Optikuspapille anzutreffen ist, und dessen Scheitel 2,4—2,8 mm temporalwärts vom temporalen Rand der Papille liegt. Ganser hält es nun nach seinen experimentellen Ergebnissen (s. S. 6) für wahrscheinlich, dass die Area centralis sowohl von gekreuzten wie von ungekreuzten Sehnervenfasern versorgt wird²⁾, wie ja auch beim Menschen eine Vertretung der Macula lutea in beiden äusseren Kniehöckern angenommen wird. Entsprechend der Voraussetzung, dass der Fixationspunkt an der Grenze des gleichseitig und des gekreuzt innervierten Gesichtsfeldteiles liegt, muss auch die Area centralis in der Netzhaut an der Grenze der gleichseitig und der gekreuzt innervierten Netzhautpartie angenommen werden (s. Schema), was mit ihrer Lage in der Retina und der Annahme ihrer doppelten Innervation (Ganser) gut übereinstimmt. Für ihre Projektion im Corp. gen. ext. kann nur jenes Gebiet in Frage kommen, welches dem binokularen Gesichtsfeld als Projektionsfeld dient, mithin die kaudal-mediale Partie des Corp. gen. ext. Wie gross der Bezirk ist, welchen im Bereich dieses Gebietes das Projektionsfeld der Area centralis einnimmt, darüber lässt sich nichts Bestimmtes sagen. Mit v. Monakow möchte ich annehmen, dass die Area centralis, welche nicht der Orientierung dient, und von der aus keine Augenbewegungen ausgelöst werden, im Corp. gen. ext. weniger scharf projiziert ist als die übrigen Netzhautpunkte; aber wie umfangreich ihr Projektionsfeld auch sein mag, so kann es sich nur im Bereich des Projektionsfeldes für das binokulare Gesichtsfeld befinden; eine Vertretung der Area centralis im ganzen Querschnitt des Corp. gen. ext. — also auch im Bereich des Projektionsfeldes für das monokulare Gesichtsfeld — erscheint mir nach der hier entwickelten, auf anatomisch-physiologischen Ergebnissen aufgebauten Theorie ausgeschlossen³⁾.

¹⁾ Ganser, Über die periphere und zentrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corpus bigeminum anterius. Arch. f. Psych. Bd. 13.

²⁾ Da in deren Bereich Ganglienzellen (allerdings nur als einfache Schicht) auch dann noch anzutreffen sind, wenn die Netzhaut nur noch vom ungekreuzten Bündel versorgt wird.

³⁾ Bernheimer (Die kortikalen Sehzentren. Wiener klin. Wochenschr. 1900) nimmt hauptsächlich auf Grund von experimentellen Untersuchungen am Affen an, dass die gekreuzten und ungekreuzten Maculafasern „mit den übrigen gekreuzten und ungekreuzten Sehfasern vermischt . . . nach allen Teilen des Corpus geniculatum ausstrahlen“; einen Beweis für eine derartige diffuse Ausbreitung der Maculafasern im Corp. gen. ext. kann ich aber in seinen Arbeiten nicht finden. Wenn er sich darauf beruft, dass „wer sich die Mühe nimmt, bei einseitig enukleierten jungen Affen nach vier Wochen die beiden Tractus und

Soviel über die Projektion der Netzhaut auf das Corp. gen. ext. Berücksichtigen wir ferner die Projektion des Corp. gen. ext. auf die Area striata (s. Schema Fig. 50), so haben wir für das Vorhandensein einer anatomischen Projektion sowohl im peripheren wie im zentralen optischen Neuron den Nachweis geliefert. Eine Lücke zwischen beiden nachgewiesenen Projektionssystemen (welche aus dem Vergleich beider Schemata, Fig. 54 und 55, ohne weiteres deutlich wird) scheint nur insofern zu bestehen, als wir für das periphere Neuron eine Projektion der medialen resp. lateralen Netzhautteile auf die lateralen resp. medialen Teile des Corp. gen. ext. festgestellt haben, während für das zentrale Neuron eine Beziehung der vorderen resp. hinteren Teile des Corp. gen. ext. zu den vorderen resp. hinteren Teilen der Area striata nachgewiesen ist. Es besteht aber auch ein Bindeglied insofern, als das orale Viertel des Corp. gen. ext. anscheinend in toto zum Projektionsfeld des monokularen, die kaudalsten Ebenen zu demjenigen des binokularen Gesichtsfeldes gehören. Nun müssen wir auf Grund der nachgewiesenen scharfen anatomischen Projektion des Corp. gen. ext. auf die Area striata annehmen, dass auch in letzterer besondere räumlich getrennte Projektionsfelder für das monokulare und das binokulare Gesichtsfeld enthalten sind. Über deren räumliche Anordnung können wir nur soviel sagen, dass die oralsten Partien der Area striata, welche mit den oralsten Ebenen des Corp. gen. ext. zusammenhängen, nur dem monokularen, die kaudalsten (am weitesten unten an der zerebellaren Fläche des Okzipitallappens gelegenen, welche mit den kaudalsten Ebenen des Corp. gen. ext. verbunden sind) nur dem binokularen Gesichtsfeld einschliesslich des Fixationspunktes (resp. der Area centralis in der Retina) zugeordnet sind, während in der dazwischenliegenden Hauptmasse der Area striata sowohl das monokulare wie das binokulare Gesichtsfeld in räumlich getrennten Projektionsfeldern vertreten sind, deren gegenseitige Lage und Abgrenzung noch nicht bekannt ist.

die äusseren Kniehöcker oder die Vierhügelgegend in entsprechende Serienschnitte zu zerlegen, staunen wird, mit welcher Regelmässigkeit rechts und links degenerierte und normale Nervenfasern beieinanderliegen“, so geht daraus nur hervor, dass im Tract. opt. und im Corpus gen. ext. gekreuzte und ungekreuzte, wahrscheinlich aus homonymen Netzhautpunkten stammende Sehnervenfasern nebeneinander verlaufen und endigen, wie ich das auch für mein Schema angenommen habe; ein Beweis dafür, dass die gekreuzten und ungekreuzten Maculafasern sich im Tract. opt. und im Corp. gen. ext. mit den übrigen aus der Netzhautperipherie stammenden gekreuzten und ungekreuzten Fasern mischen und sich somit im ganzen Corp. gen. ext. diffus ausbreiten, ist darin m. E. keineswegs enthalten.

Meine physiologischen Untersuchungen am Hund ¹⁾ haben mich in Übereinstimmung mit Munk zu dem Ergebnis geführt, dass Exstirpationen des vorderen Teils der Area striata ein dauerndes Skotom in der unteren, solche des hinteren Teiles der Area striata — in der oberen Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes des gekreuzten Auges zur Folge haben, und dass demnach „eine konstante Projektion der Netzhaut auf die Sehrinde besteht und zwar so, dass im vorderen Teil derselben die oberen, im hinteren die unteren Teile der Netzhaut vertreten sind“. Dürfte man die bezüglichen Verhältnisse vom Hund auf die Katze und umgekehrt übertragen, so wäre man, nachdem bei der Katze eine Beziehung der vorderen Teile der Area striata zu den vorderen, des hinteren zu den hinteren Teilen des Corp. gen. ext. nachgewiesen ist, und auch für das periphere Neuron eine Projektion der Netzhaut auf das Corp. gen. ext. angenommen werden muss, zur Annahme geneigt, dass auch die vorderen Teile des Corp. gen. ext. mit den oberen, die hinteren mit den unteren Teilen der Netzhaut verbunden sind. Ich ziehe hier den Hund deshalb heran, weil mir bei der Katze selbst die physiologische Beobachtung für die Frage nach der Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde keine genügenden Anhaltspunkte geliefert hat. Dafür ist die Zahl der Beobachtungen und die Dauer derselben nicht gross genug; auch ist eine genaue Feststellung des Gesichtsfeldes bei der Katze, besonders bei jungen Tieren wegen ihrer grossen Lebhaftigkeit viel schwieriger als beim Hund, und es ist möglich, dass sich partielle Skotome leichter dem Nachweis entziehen. Nach kleinen partiellen Exstirpationen der Area striata (Versuche 4 und 5) habe ich ähnlich wie beim Hund keinen Ausfall im Gesichtsfeld feststellen können; und von den beiden längere Zeit hindurch beobachteten Tieren mit grossen partiellen Exstirpationen (Versuche 1 und 2) habe ich nur in einem Falle (Versuch 2 — Exstirpation des hinteren Teiles der Area striata bei einem halberwachsenen Tier — sekundäre Degeneration des hinteren Teiles des Corp. gen. ext.) einen Ausfall beobachtet, der demjenigen entsprach, was ich nach meinen Ergebnissen am Hund erwartet hatte — ein Skotom in der oberen Hälfte des temporalen drei Viertels des Gesichtsfeldes am gekreuzten Auge; die Störung bestand ziemlich unverändert bis zum Tode des Tieres zwei Monate nach der Operation. In dem anderen Falle (s. Versuch 1 — Exstirpation des vorderen Teiles der Area striata bei einem vierwöchent-

¹⁾ Minkowski, Zur Physiologie der Sehsphäre. Pflügers Archiv. Bd. 141. Kapitel IX.

lichen Tier — Degeneration der vorderen zwei Fünftel des Corp. gen. ext.) war von Anfang an keinerlei Ausfall im Gesichtsfeld nachweisbar (beim Hund habe ich nach ähnlichen Exstirpationen einen dauernden Ausfall in der unteren Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes am gekreuzten Auge beobachtet); möglicherweise sind bei jüngeren Tieren die Kompensations- und Ausgleichsmöglichkeiten nach partiellen Exstirpationen der Sehrinde viel günstiger als bei erwachsenen, so dass hier ein Skotom gar nicht zum Vorschein kommt; auch daran ist zu denken, dass bei der Katze als einem Tier, bei dem der Gesichtssinn eine grössere Rolle spielt als beim Hund, diese Möglichkeiten ausgiebigere sind.

Dass die verschiedenen Quadranten der Retina bei den höheren Säugern zu bestimmten Abschnitten der Sehrinde in viel engeren Beziehungen stehen als zu anderen, ist ein notwendiges physiologisches Postulat. Da auf optische Reize, die in verschiedenen Teilen des Gesichtsfeldes auftauchen, und somit bestimmte Netzhautpunkte treffen, entsprechende Einstellungsbewegungen der Augen erfolgen, so ist es „die räumlich feste kortikale Repräsentation der verschiedenen Augenbewegungsarten, die durch Lichtreize angeregten Blickbewegungen, welche eine genaue Projektion der Retina (und zunächst eine solche auf die primären optischen Zentren und dann auf die Sehsphäre) fordern“ (v. Monakow).

Durch meine Untersuchungen ist das Vorhandensein von anatomischen Bedingungen für eine derartige Projektion, und zwar sowohl für das periphere wie für das zentrale optische Neuron nachgewiesen worden; und es unterliegt keinem Zweifel, dass diese „relativ festen Innervationswege“ unter normalen Umständen „in ganz bestimmten Richtungen und im Sinne der raschesten Beförderung in der Richtung des geringsten Widerstandes“ (v. Monakow) benützt werden; eine andere, bisher noch unentschiedene Frage ist es, in welchen Grenzen und auf welche Weise ein Teil derselben unter pathologischen Bedingungen (z. B. nach partiellen Zerstörungen der Sehrinde oder der Sehstrahlung) entbehrt werden kann, ohne dass ein nachweisbarer Funktionsausfall zum Vorschein kommt ¹⁾.

¹⁾ Ob dabei jene Elemente eine nennenswerte Rolle spielen können, welche im Corp. gen. ext. über den ganzen Querschnitt zerstreut, nach Exstirpationen der Sehrinde noch lange Zeit (bei einem erwachsenen Tier noch $\frac{1}{2}$ Jahr nach der Operation [s. Versuch 8]) erhalten bleiben, von denen ich mit v. Monakow annehme, dass es Golgische Zellen zweiter Ordnung mit kurzen Achsenzylindern sind, erscheint mir zweifelhaft. Selbst wenn es sich wirklich um Schaltzellen im Monakowschen Sinn handelt, welche zwischen das periphere und das zentrale Neuron eingeschaltet sind (was Ramon y Cajal

Zum Schluss sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer und Chef Herrn Prof. Dr. v. Monakow für die zahlreichen Anregungen, die er mir durch seine Werke, im persönlichen Verkehr und bei der Durchsicht meiner Präparate stets gegeben hat, und für seine Unterstützung mit Rat und Tat bei der Ausführung dieser Untersuchungen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

und sein Schüler Tello bezweifeln), so wird man ihnen wohl nur eng lokale Aufgaben zuschreiben dürfen, indem man eine Verknüpfung ihrer Endbäumchen einerseits mit den Endbäumchen der Traktusfasern, andererseits mit den nächstliegenden Ursprungszellen des Neurons Corpus geniculatum — Area striata (den grossen und mittleren Zellen des Corp. gen. ext.) annimmt; wenn aber letztere in einem grossen Abschnitt des Corp. gen. ext. (in Versuch 1 in den vorderen zwei Fünfteln) sekundär zugrunde gegangen sind, so ist es schwer sich vorzustellen, auf welche Weise diese kleinen Zellen (selbst wenn sie auf die Dauer erhalten bleiben sollten, was nicht der Fall zu sein scheint) noch einen Anschluss an entfernt liegende funktionsfähige grosse Ganglienzellen und dadurch auch an die Area striata vermitteln könnten. Auch an die Möglichkeit, dass das Corp. quadr. ant. (dessen Repräsentationsbezirk mit der Area striata nicht zusammenfällt), namentlich bei jungen Tieren für einen Teil des Corp. gen. ext. kompensatorisch eintreten kann, wäre zu denken. Am wahrscheinlichsten erscheint es mir aber, dass schon in der Netzhaut, wo ja bekanntlich zwischen den lichtperzipierenden Stäbchen und Zapfen und den multipolaren Ganglienzellen der Ganglienschicht, aus denen die Sehnervenfasern entspringen, ein kompliziertes System von Zellen eingeschaltet ist, Umschaltungsverfahren stattfinden können, die es ermöglichen, dass die Reize auch von solchen lichtperzipierenden Elementen noch zentralwärts fortgeleitet werden können, deren ihnen normalerweise zugeordnete Elemente des Corp. gen. ext., z. B. nach partiellen Abtragungen der Sehrinde, sekundär zugrunde gegangen sind.

Literatur.

- Berger, Experimentell-anatomische Studien über die durch den Mangel optischer Reize veranlassten Entwicklungshemmungen im Okzipitallappen des Hundes und der Katze. Arch. f. Psych. Bd. 33. 1900.
- Bernheimer, Die Wurzelgebiete der Augennerven, ihre Verbindungen und ihr Anschluss an die Gehirnrinde in Graefe-Saemisch. Handbuch der ges. Augenheilkunde Bd. I. 1. Teil.
- Die kortikalen Sehzentren. Wiener klin. Wochenschr. 1900.
- Anatomische und Experimentelle Untersuchungen über die kortikalen Sehzentren. Klin. Monatsblätter f. Augenheilkunde 1900.
- Brodmann, Beiträge zur histologischen Lokalisation der Grosshirnrinde. I.—VII. Mitteilung. Journ. f. Neurol. u. Psychol. Bd. 2, 4, 6, 10 und 12.
- Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. 1909.
- Cajal, Ramon y, Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados. Investigación sobre los centros opticos de los vertebrados. Barcelona 1890. (Gaceta Sanit. di Barcelona.)
- Campbell, Histological studies on the localisation of cerebral function. Cambridge 1905.
- Colucci, Ricerche sull' anatomia e sulla fisiologia dei centri visivi cerebrali. Atti della R. Accademia medico-chirurgica di Napoli. 1898.
- Cruveilhier, Anatomie descriptive. Paris 1836.
- Forel, Korrespondenzblatt für Schweizer Ärzte. 1880.
- Gall, Anatomie et physiologie du système nerveux. Paris 1825.
- Ganser, Über die periphere und zentrale Anordnung der Sehnervenfasern und über das Corpus bigeminum anterius. Arch. f. Psychiatrie. Bd. 13. 1882.
- Untersuchungen über das Gehirn des Maulwurfs. München 1881.
- Gudden, Experimentaluntersuchungen über das peripherische und zentrale Nervensystem. Arch. f. Psychiatrie. Bd. 2. 1869.
- Über die Kreuzung der Fasern im Chiasma nervorum opticum. Graefes Arch. f. Ophthalm. Bd. 20. 1874.
- Über die Kreuzung der Nervenfasern im Chiasma nervorum opticum. v. Graefes Arch. f. Ophthalm. Bd. 21. 1876.
- Beitrag zur Kenntnis des Corpus mamillare und der sogenannten Schenkel des Fornix. Arch. f. Psych. Bd. 11. 1880.
- Über die Frage der Lokalisation der Funktionen der Grosshirnrinde. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie. Bd. 42. 1886.
- Henschen, Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. Upsala.
- Sur les centres optiques cérébraux. Revue gén. d'Ophthalm. Paris 1894.

- Henschen, Über Lokalisation innerhalb des äusseren Knieganglions. *Neur. Zentralbl.* 1898.
- La projection de la rétine sur la corticalité cérébrale. *Sem. méd.* 1903.
- Zentrale Sehstörungen im Handbuch der Neurologie, herausgegeben von Lewandowsky. Berlin 1910.
- Minkowski, Zur Physiologie der kortikalen Sehspähre. Vortrag, gehalten in der vierten Jahresversammlung der Gesellschaft deutscher Nervenärzte am 6. Oktober 1910. *Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk.* Bd. 41. 1911.
- Zur Physiologie der Sehspähre. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiologie.* Bd. 141. 1911. S. 171—327.
- Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen des Grosshirns zum Corpus geniculatum externum. Vortrag, gehalten im psychiatrisch-neurologischen Verein in Zürich am 30. Juni 1912. *Neurol. Zentralbl.* 1912.
- Lo Monaco, Sulla fisiologia di alcune delle parti piu interne e meno aggredibili del cervello. *Reale Accademia dei Lincei* 1910.
- v. Monakow, Über einige durch Exstirpation zirkumskriptier Hirnrindenregionen bedingte Entwicklungshemmungen des Kaninchengehirns. *Arch. f. Psych.* Bd. 12. 1882. Heft 1.
- Weitere Mitteilungen über durch Exstirpation zirkumskriptier Hirnrindenregionen bedingte Entwicklungshemmungen des Kaninchengehirns. *Arch. f. Psych.* Bd. 12. 1882. Heft 3.
- Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Beziehungen der sogenannten Sehspähre zu den infrakortikalen Optikuszentren und zum N. opticus. *Arch. f. Psych.* Bd. 14. 1883. Bd. 16. 1885. Bd. 20. 1889.
- Experimentelle Untersuchungen über Hirnrindenatrophien. *Neurol. Zentralbl.* 1883.
- Einiges über die Ursprungszentren des N. opticus und über die Verbindungen derselben mit der Sehspähre. *Verhandl. der physiolog. Gesellsch. zu Berlin* 1885.
- Experimentelle und pathologisch-anatomische Beiträge zur Kenntnis der optischen Leitungsbahnen und Zentren. *Korrespondenzbl. f. Schweizer Ärzte.* 1888. Bd. 18.
- Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Grosshirn. *Ergebn. d. Physiologie.* 1902 und 1904.
- *Gehirnpathologie.* 1905.
- Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Berlin 1881.
- Zur Anatomie und Physiologie der Sehspähre der Grosshirnrinde. *Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften.* 1910.
- Noethig et Soemmerig, De decussatione nervorum optitorum. *Moguntiae* 1786.
- Panizza, Memorie dell' Istituto Lombardo 1855. Osservazioni sul nervo ottico.
- Pick, Untersuchungen über die topographischen Beziehungen zwischen Retina, Opticus und gekreuztem Tractus opticus beim Kaninchen. *Nova Acta der Ksl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher.* Bd. LXVI, Nr. 1.
- Probst, Über den Verlauf der Sehnervenfasern und deren Endigung im Zwischen- und Mittelhirn. *Monatsschr. f. Psych. u. Neurol.* 1900.
- Über den Verlauf der zentralen Sehfasern (Rindensehhügelfasern) und deren Endigung im Zwischen- und Mittelhirn und über die Assoziations- und Kommissurenfasern der Sehspähre. *Arch. f. Psych.* 1901.
- Physiologisch-anatomische und pathologisch-anatomische Untersuchungen über den Sehhügel. *Arch. f. Psych.* Bd. 33. 1900.
- Purtscher, Über Kreuzung und Atrophie der Nervi und Tractus optici. v. Graefes *Arch. f. Ophthalm.* Bd. 26. 2.

- Tanzi, Sull' atrofia secondaria indiretta degli elementi nervosi. Riv. di pat. nerv. e ment. 1902.
- Tartuferi, Determinazione del vero corpo genicolato anteriore dei mammiferi inferiori e studio comparativo del tratto ottico nella serie dei mammiferi.
- I corpi genicolati dei mammiferi studiati nei loro rapporti colle fibre del tratto ottico e nelle loro forme cellulari. Comunicazioni preventive fatte al congresso di freniatria di Reggio Emilia. 1880.
 - Contributo anatomico sperimentale alla conoscenza del tratto ottico e degli organi centrali dell' apparato della visione. 1881.
 - Sull' anatomia minuta delle eminenze bigemine anteriori dell' uomo. Milano 1885.
 - Studio comparativo del tratto ottico e dei corpi genicolati nell' uomo, nella scimmia e nei mammiferi inferiori. Mem. d. R. accad. d. scienze di Torino. T. 34.
 - Il tratto ottico ed i centri visivi mesencefalici e corticali studiati sperimentalmente. Giorn. dell' Acad. di medicina di Torino. 1880.
 - Sull' anatomia microscopica e sulla morfologia cellulare delle eminenze bigemine dell' uomo e degli altri mammiferi. Gazzetta medica italiana. Lombardia. Tom. III. 1877.
 - Le eminenze bigemine anteriori ed il tratto ottico della Talpa europea. Rivista sperim. di freniatria. 1878.
 - Sull' anatomia minuta delle eminenze bigemine anteriori delle scimmie. Rivista sperim. di freniatria 1879.
- Tello, Disposición macroscopica y estructura del cuerpo genicolado externo. Trabajos del laboratorio de investigaciones biologicas de la Universidad de Madrid. Tomo III. 1904.
- Van Valkenburg, The origin of the fibres of the corpus callosum and the psalterium. 1911. Verhandlungen der kgl. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam. 1911.
- De Vries, Experimentelle Untersuchungen über die Rolle der Neuroglia bei sekundärer Degeneration grauer Substanz. Arbeiten aus dem hirnanatomischen Institut der Universität Zürich. 1909.