

(Aus dem physiol. Laboratorium der Berliner psychiatr. und Nervenkl.)

Zur Physiologie der Sehsphäre.

Von

Dr. **M. Minkowski.**

(Mit 53 Textfiguren.)

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Einleitung	171
II. Untersuchungsmethoden	176
III. Exstirpationen der Extremitätenregion	185
IV. Die Stelle A_1 von Munk. Die Lehre von der Seelenblindheit . .	198
V. Exstirpationen der zweiten Windung (Gyr. ectolater. et suprasylv.) der Konvexität des Occipitallappens	220
VI. Die Area striata	237
VII. Die Innervation des lateralsten Netzhautteils	257
VIII. Die vollkommene Rindenblindheit	270
IX. Die Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde	279
X. Die elektrische Reizung des Occipitallappens. Das optisch-motorische Feld	307
XI. Anatomische Ergebnisse	318
XII. Nachtrag	321

„Die Erfahrung wird zum Zeugungsferment
des Geistes. Nicht das abstrakte Denken über die
Natur ist das Gebiet des Physiologen. Der Physio-
loge erfährt die Natur, damit er sie denke.“

Johannes Müller,

„Zur vergl. Physiologie des Gesichtssinnes“.

I. Einleitung.

Die Sehsphäre des Hundes hat in der Geschichte der wissenschaftlichen Erforschung der Grosshirnrinde, besonders in der Frage der Lokalisation eine sehr bedeutende Rolle gespielt. Bouillaud war wohl der erste, der eine kortikale Schädigung des Sehvermögens bei Hunden beobachtet und beschrieben hat [1830¹⁾]. Später (1855)

1) Bouillaud, Journal de physiologie. 1830. T. 10.

hat Panizza „bei einem Hunde, dem eine Strecke des Gehirnes etwas tiefer als der Scheitelhöcker freigelegt war, eine kleine Portion Substanz entfernt; nichts anderes folgte als die Blindheit des gegenseitigen Auges. Dieselbe Operation, gleichzeitig an beiden Hemisphären angestellt, führte die vollkommene Blindheit herbei¹⁾“. Zwar sind die Ortsangaben sehr unbestimmt und weisen nicht deutlich auf den Ort der Läsion im Kortex hin, aber jedenfalls ist schon hier die Tatsache festgelegt, dass durch partielle Exstirpationen der Grosshirnrinde das Sehen völlig aufgehoben werden kann. Einen präzisen Hinweis auf den Occipitallappen, als denjenigen Rindenteil, der zum Sehakt in besonders enger Beziehung steht, finden wir dann bei Hitzig, der schon 1874 angegeben hat, dass man „durch Abtragungen im Bereiche des Hinterlappens Blindheit des gegenüberliegenden Auges und paralytische Dilatation der entsprechenden Pupille hervorbringen kann“²⁾; er hat auch die Wichtigkeit des darin enthaltenen lokalisatorischen Momentes hervorgehoben, indem er auf den Unterschied in den Folgen von Operationen im Gyrus sigmoideus (Störungen des Muskelsinnes) und im Hinterhauptslappen (Sehstörungen) hinwies³⁾. Auch Goltz⁴⁾ hat Sehstörungen nach ausgiebigen Verstümmelungen der Grosshirnrinde beobachtet, aber im Gegensatz zu Hitzig zwischen einzelnen Abschnitten derselben in dieser Beziehung keinen Unterschied gemacht. Wohl fand er in seinen Ergebnissen eine Widerlegung der Florenssschen Lehre, wonach nach umfangreichen Zerstörungen des Grosshirns der erhaltene Rest desselben die Funktionen des ganzen übernimmt; zugleich hielt er aber seine Erfahrungen für unvereinbar mit der Auffassung, nach welcher verschiedene Abschnitte der Grosshirnrinde verschiedene Funktionen ausüben sollen.

Beim Affen nahm Ferrier ein kortikales Sehzentrum im Gyrus angularis an.

1) Panizza, Osservazioni sul nervo ottico. Giornale dell' J. R. Istituto lombardo t. 7 p. 242—252. 1855.

2) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. Zentralbl. f. d. med. Wissensch. 1874 Nr. 35.

3) Hitzig, Über die Einwände des Herrn Prof. Goltz. Reichert's und du Bois-Reymond's Arch. 1876. S. 696.

4) Goltz, Über die Verrichtungen des Grosshirns. Pflüger's Arch. Bd. 13, 20, 34 u. 42.

Soviel war über die Beziehungen der Grosshirnrinde zum Sehsphäre bekannt, als Munk, für den „die Lokalisation der Funktionen in der Grosshirnrinde ein physiologisches Postulat“ war¹⁾, sich ihrer systematischen Erforschung zuwendete und dabei der Sehsphäre eine besondere Aufmerksamkeit schenkte. In einer Reihe von Mitteilungen, deren erste aus dem Jahre 1877 stammt, hat er die Lehre von der Sehsphäre beim Affen und noch mehr beim Hunde ausgebaut. Bei letzterem hat er nicht nur die Sehsphäre im Hinterhauptslappen scharf abgegrenzt, sondern auch eine feste und konstante Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde angenommen, indem er angab, dass bestimmten benachbarten Netzhautelementen auch bestimmte benachbarte Gebiete der Hirnrinde innerhalb der Sehsphäre entsprechen, so dass deren partielle Exstirpationen bestimmt konfigurierte dauernde Skotome verursachen; für die Richtigkeit seiner Projektionslehre hat er auch die Ergebnisse von elektrischen Reizversuchen an der Konkavität des Occipitallappens angeführt. Eine ganz besondere und einzigartige Bedeutung hat Munk der Stelle A_1 zugeschrieben, einem kreisrunden Gebiet von 15 mm Durchmesser nahe dem hinteren oberen Pol des Occipitallappens; hier ist nach Munk die Stelle des deutlichsten Sehens kortikal vertreten und die optischen Erinnerungsbilder deponiert. Doppelseitige Exstirpation dieser Stelle bewirkt nicht nur eine dauernde Blindheit der beiden Maculae, sondern auch Seelenblindheit, welche darin besteht, dass der Hund zwar alles sieht, aber nichts erkennt; dieser Zustand dauert nur solange, bis der Hund, der nunmehr auf seine peripheren Netzhautteile angewiesen ist, von da aus neue optische Erinnerungsbilder erworben und mit den übrigen Erinnerungselementen in assoziative Verbindung gebracht hat.

In den einzelnen Kapiteln werde ich die verschiedenen Teile der Munkschen Lehre eingehend besprechen; hier beschränke ich mich auf diesen kurzen Hinweis, der den Leser am besten in medias res einführt. Denn so gross und nachhaltig war der Einfluss, den Munk auf die Entwicklung dieser Frage ausübte, dass fast alle Autoren, die später darüber arbeiteten, in erster Linie eine Nachprüfung seiner Ergebnisse vornehmen mussten.

Aus dem ursprünglichen scharfen Widerstreit der Meinungen

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. S. 7. Berlin 1890.

hat eine Annäherung insofern stattgefunden, als alle Autoren, sogar Goltz und Loeb, die entschiedensten Gegner Munks, später dem Occipitallappen besonders enge Beziehungen zum Sehakt zugestanden haben. Damit war aber die Übereinstimmung im wesentlichen erschöpft; eine besondere Bedeutung der Stelle A_1 wurde von allen Autoren bestritten; ferner wurde gegen Munk behauptet, dass jede durch kortikale Läsionen verursachte Sehstörung einen hemianopischen Charakter trage, und dass daher von einer konstanten Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde nicht die Rede sein könne; und während Munk der Ansicht war, dass jede durch kortikale Operationen verursachte Sehstörung auf der Ausschaltung der entsprechenden Rindenelemente beruhe, liessen sie Goltz und seine Schule nicht direkt aus der Verletzung der Rinde, sondern indirekt aus einer Hemmung der Funktion der subkortikalen Ganglien, Hitzig aus Verletzungen der Sehstrahlung entstehen. Die Autoren der italienischen Schule bezogen zwar mit Munk jede so hervorgebrachte Sehstörung direkt auf die Rinde, aber sie schrieben die Eigenschaft, Sehstörungen zu verursachen, nicht nur dem Occipitallappen, sondern der ganzen Konvexität oder doch wenigstens einem grossen Teil derselben zu; nicht so weit gingen andere (Hitzig, Exner und Paneth, Imamura), die zwar mit Munk darin einig waren, dass die eigentliche Sehsphäre sich im Occipitallappen befinde, aber im Gegensatz zu ihm behaupteten, dass auch durch Eingriffe im Bereich der motorischen Region (Gyrus sigm. ant. et post.) regelmässig Sehstörungen hervorgebracht werden. Bechterew hat darauf hingewiesen, dass das eigentliche Sehzentrum des Hundes auf der inneren Fläche des Occipitallappens sich befinde, welche als Zentrum der optischen Auffassung anzusehen sei, während in der äusseren Fläche hauptsächlich eine Ablagerung der empfangenen optischen Bilder stattfindet. Kurzveil¹⁾, ein Schüler v. Tschermaks, verlegte schliesslich die Sehsphäre in beide Lippen des Sulc. rec. sup. an der basal-cerebellaren Fläche des Occipitallappens.

Aus dieser kurzen historischen Einleitung geht wohl mit genügender Deutlichkeit hervor, dass die Physiologie der Sehsphäre nichts weniger als abgeschlossen ist, und dass somit genügend Ver-

1) Kurzveil, Beitrag zur Lokalisation der Sehsphäre des Hundes. Pflüger's Arch. Bd. 129.

anlassung vorlag, dieses ganze Gebiet einer erneuten experimentellen Prüfung zu unterziehen. Ein solches Unternehmen erschien um so lohnender, als neue Gesichtspunkte hinzugekommen waren; einerseits hatte die cytoarchitektonische Erforschung der Grosshirnrinde dank der grundlegenden Arbeiten von Bolton, Brodmann, Campbell u. a. eine hohe Entwicklung erreicht, so dass es an der Zeit war, deren Ergebnisse bei physiologischen Untersuchungen zu berücksichtigen und das Experiment darüber entscheiden zu lassen, ob und inwiefern der tektonischen Kortextgliederung eine funktionelle Bedeutung zukomme; andererseits war durch vorzügliche anatomische Untersuchungen (v. Monakow, Probst) die ganze optische Leitung, besonders die anatomische Stellung der subkortikalen optischen Ganglien klargelegt, und auch die Klinik (Henschen) war zu Ergebnissen gelangt, die sich zum Teil mit den Munk'schen deckten (Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde, inselförmige Vertretung der Macula), zum Teil ihnen insofern widersprachen, als die Sehsphäre des Menschen auf das Gebiet der Area striata beschränkt wurde, während nach Munk die Sehsphäre des Hundes an der Konvexität des Occipitallappens über diese erheblich hinausging.

So bin ich unter Zugrundelegung einer umfangreichen Literatur an die Prüfung der verschiedenen Streitfragen herangetreten. Wenn das beigebrachte experimentelle Material relativ spärlich ist, so liegt das daran, dass ich die operierten Fälle anatomisch streng kontrolliert und nur solche verwertet habe, bei denen die Sektion makroskopisch und an Frontalschnitten bestätigte, dass die Grenzen der beabsichtigten Läsion weder bei der Schnittführung noch durch unverschuldete Komplikationen (Blutungen, Entzündungen usw.) überschritten worden waren. Dass dabei ein grosser Teil der Operationen von der Verwertung ausgeschlossen werden musste, und die Anzahl der „reinen Fälle“ relativ gering war, wird jedem Kliniker ohne weiteres einleuchten. Die ganz einwandfreien Fälle sind besonders bei ausgedehnten Operationen im Experiment fast ebenso selten wie in der Klinik; während aber klinisch schon lange allgemein anerkannt ist, dass nur solche Gehirne für lokalisatorische Schlüsse verwertbar sind, bei denen durch gründliche anatomische Untersuchung die genaue Ausdehnung des Herdes festgestellt ist, sind von Gehirnphysiologen die anatomischen Momente bisher nicht genügend berücksichtigt worden, und darin dürfte eine der Hauptursachen für die Kontroversen auf diesem Gebiete liegen. Ich habe durch Anlegung von

Frontalserien in einer Reihe von Fällen diesem Mangel abzu-
helfen gesucht und glaube der Befolgung des Guddenschen Prinzips
„zuerst Anatomie und dann Physiologie, wenn aber zu-
erst Physiologie, dann nicht ohne Anatomie“, es zu ver-
danken, wenn es mir gelungen ist, zu einer einheitlichen Gesamt-
auffassung zu kommen. Auch auf die gegenseitige Ergänzung der
in verschiedenen Kapiteln niedergelegten Ergebnisse darf ich mich
jenen gegenüber berufen, denen das einzelnen Behauptungen zu-
grundeliegende Material als unzureichend erscheinen sollte; so bieten
z. B. die partiellen Exstirpationen des Area striata ausser ihrem
speziellen Interesse für die Projektionslehre zugleich eine Bestätigung
der Auffassung von der physiologischen Bedeutung der Area striata,
zu der ich schon auf Grund von totalen Exstirpationen derselben
gelangt war.

Die Reihenfolge der Kapitel in der Darstellung entspricht dem
chronologischen Gang meiner Untersuchungen und erscheint mir
besonders geeignet, ihre systematische Entwicklung deutlich zu
machen; zugleich knüpfe ich dabei an einzelne Fragen an, die sich
in der Literatur allmählich gesondert haben und schon deswegen
eine spezielle Würdigung erfordern.

II. Untersuchungsmethoden.

Eine der wichtigsten Bedingungen für die Gewinnung brauch-
barer Resultate ist bei diesen Versuchen die Ausarbeitung einer zu-
verlässigen und einigermassen konstanten Untersuchungs-
methodik. Indem ich mich teils in der Literatur angegebener,
teils eigener Methoden bediente, habe ich einen Untersuchungsplan
ausgearbeitet, den ich alsdann bei allen operierten Hunden anwendete.

a) Sehprüfung.

1. Die Fleisch- (resp. Zucker)-Perimetrierung ist der
beim Menschen üblichen Methode der Bestimmung des Gesichtsfelds
nachgebildet. Dem Hunde wird ein Auge zugedeckt; ich benutze
dazu stets eine gewöhnliche Augenklappe, deren Gummi sich hinter
den Ohren befindet; ist die Klappe noch lose, oder sucht der Hund
sie zu verschieben, so wird sie mit Hilfe von Heftpflaster (Leukoplast)
befestigt, das an der Klappe und mit beiden Enden an Stirn und
Wange klebt; auf diese Weise wird ein sicherer Augenverschluss
hergestellt, den die meisten Hunde gut vertragen.

Darauf wird das freie Auge nach Möglichkeit fixiert, wozu ein Stückchen Fleisch oder Zucker vor der Mitte des Auges in ca. 10 cm Entfernung am Ende eines langen dünnen Metallstabes oder einer Pinzette gehalten wird; man kann nun ein Perimeter so vor den Hund stellen, dass das zur Fixation benutzte Nahrungsstück sich in seinem Zentrum befindet, und dann dem Bogen des Perimeters entlang von oben, unten, aussen und innen in verschiedenen Meridianen ein anderes Fleisch- oder Zuckerstück in das Gesichtsfeld einführen und den Bogengrad beachten, bei dem zuerst eine Einstellungsbewegung der Augen und eine entsprechende Reaktion (Zuschnappen) erfolgt. Gelingt es, den Hund zum Fixieren zu veranlassen, so kann auf diese Weise das Gesichtsfeld mit einiger Genauigkeit bestimmt werden. Um mich allgemein darüber zu orientieren, habe ich zu Beginn meiner Untersuchungen diese Methode wiederholt an normalen Hunden angewendet und aus einer Reihe von Ergebnissen folgende Durchschnittszahlen für die Grenzen des Gesichtsfelds angenommen:

nach oben	vom Fixierpunkt:	60—65°
„ unten	„	: 50—55°
„ aussen	„	: 85—90°
„ innen	„	: 30—35°

Bildet das Gesichtsfeld keinen Kreis, so ist es nicht weit davon entfernt und kann der Einfachheit halber als Kreis dargestellt werden, dessen Zentrum sich nach aussen vom Fixierpunkt befindet. Um den Tatbestand deutlicher zu machen, zeichne ich es in einen grösseren Kreis ein, dessen Zentrum mit dem Fixierpunkt zusammenfällt; die Ergebnisse der Untersuchung habe ich in fertige Schemata eingetragen, wie sie von den Ophthalmologen benutzt werden.

Ich möchte gleich hier betonen, dass die Bestimmung der inneren Grenze des Gesichtsfelds sich am schwierigsten gestaltet und am wenigsten konstante Ergebnisse liefert. Das darf uns auch nicht wundern, da die Divergenz der Augenachsen bei verschiedenen Hunderassen variiert und die Area centralis, welche beim Hund der menschlichen Macula lutea entspricht, nach Zörn¹⁾ um so weiter lateralwärts (nach hinten aussen) rückt, je stärker die Augen-

1) Zörn, Vergleichend-histologische Untersuchungen über die Retina und die Area centralis retinae der Haussäugetiere. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1902. Anat. Abt.

achsen nach vorn divergieren; desto geringer ist dementsprechend der nach innen vom Fixierpunkt befindliche Teil des Gesichtsfelds.

Der lateralste Netzhautteil wird bekanntlich von der gleichseitigen Hemisphäre versorgt; ich greife späteren Ergebnissen vor, wenn ich schon jetzt bemerke, dass der gleichseitig versorgte Teil des Gesichtsfelds, am horizontalen Meridian gemessen, durchschnittlich ca. $\frac{1}{6}$ des ganzen ausmacht, dass er bei geringerer Divergenz der Augenachsen auch etwas grösser sein kann und nur in den günstigsten Fällen $\frac{1}{4}$ vielleicht erreicht. Ich bin mir deshalb einer Ungenauigkeit bewusst, wenn ich diesen Gesichtsfeldteil durchweg als das innere Gesichtsfeldviertel bezeichne; dies ermöglicht aber

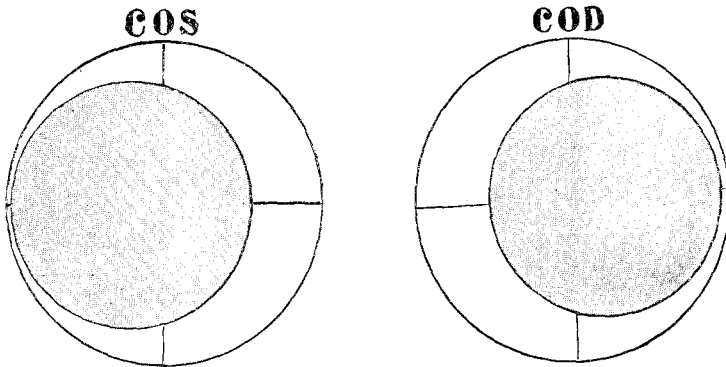


Fig. 1. *COS* Campus oculi sinistri, *COD* Campus oculi dextri. Das Zentrum des grossen Kreises entspricht dem Fixierpunkt. Die kleineren Kreise stellen die Gesichtsfelder dar.

eine bequeme Ausdrucksweise, indem ich das übrige gekreuzt innerierte Gesichtsfeld in drei Partien einteile, die ich als das innenmittlere, das aussenmittlere und das äussere Gesichtsfeldviertel bezeichne. In Graden am horizontalen Meridian ausgedrückt, haben die Gesichtsfeldteile ungefähr folgende Ausdehnung:

inneres Gesichtsfeldviertel (Fig. 2 *I.*): von 35° bis 15° nach innen vom Fixierpunkt,

innenmittleres Gesichtsfeldviertel (Fig. 2 *I. M.*): von 15° nach innen bis 20° nach aussen vom Fixierpunkt,

aussenmittleres Gesichtsfeldviertel (Fig. 2 *A. M.*): von 20° bis 55° nach aussen vom Fixierpunkt,

äusseres Gesichtsfeldviertel (Fig. 2 *A.*): von 55° bis 85° nach aussen vom Fixierpunkt.

Entsprechend dieser Einteilung spreche ich nach einseitiger Zerstörung der Sehsphäre von einem Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds (des innenmittleren, aussenmittleren und äusseren) am gekreuzten Auge, des nasalen inneren am gleichseitigen Auge. Von einer hemianopischen Sehstörung beim Hunde zu sprechen ist unberechtigt, da dieser aus der menschlichen Pathologie entlehnte Ausdruck doch bedeutet, dass eine Hälfte der Netzhaut und eine Hälfte des Gesichtsfelds für beide Augen ausgefallen ist; das trifft aber für den Hund wegen wesentlich anderer Verhältnisse der Kreuzung der Optikusfasern im Chiasma nicht zu.

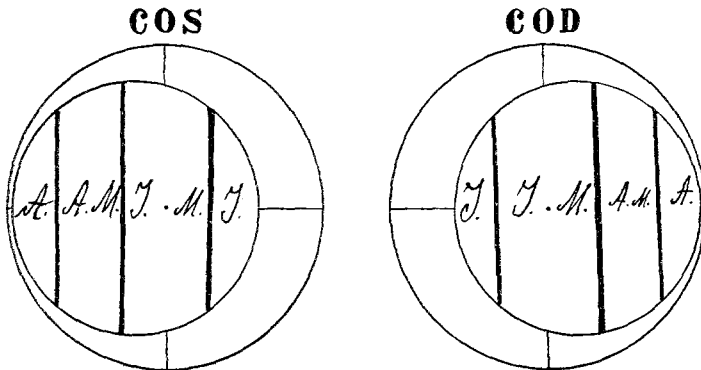


Fig. 2. Einteilung des Gesichtsfeldes in vier Teile: den inneren (*J*), innenmittleren (*J. M.*), aussenmittleren (*A. M.*) und äusseren (*A.*). Der Fixierpunkt liegt im innenmittleren Gesichtsfeldteil.

Die Anwendung des Perimeters kann wohl zur gelegentlichen Kontrolle empfohlen werden, für eine dauernde Benutzung ist es absolut ungeeignet. Auf eine zahlenmässige Genauigkeit kommt es hier überhaupt nicht an; und selbst wenn dies der Fall wäre, sind die Fehlerquellen zu gross, als dass man den gewonnenen Zahlen irgendeine ernstere Bedeutung beimessen könnte. Schon beim Menschen sind die Schwierigkeiten einer genauen Gesichtsfeldaufnahme ausserordentlich gross; beim Tier steigern sie sich ins Unermessliche. Eine genaue dauernde Fixation lässt sich nicht erreichen; schon nach wenigen Reaktionen wird das Tier meist unruhig, fixiert nicht mehr, sondern bewegt die Augen nach allen möglichen Richtungen; auch die Stellung des Kopfes wird oft verändert; dabei sind alle Manipulationen des Untersuchers durch das Perimeter sehr erschwert.

Bernheimer hat mit grossem Nachdruck betont, dass „kleine, besonders das direkte Sehen betreffende Skotome und teilweise Ausfallerscheinungen an operierten Tieren zu bestimmen, geradezu ein Ding der Unmöglichkeit sei“; auch ich habe bald eingesehen, dass man sich mit dem Nachweis einigermaßen erheblicher Gesichtsfelddefekte begnügen und auf Zahlen ein für allemal verzichten muss. Ich habe daher an operierten Hunden das Gesichtsfeld stets ohne Perimeter untersucht und die Defekte nach dem Augenmass abgeschätzt. Wenn ich daher fernerhin von Perimetrierung spreche, so verstehe ich darunter eine einfache Absuchung der Grenzen des Gesichtsfelds; dabei wird das Tier durch ein vor dem Auge in ca. 10 cm Entfernung gehaltenes Fleisch- resp. Zuckerstück nach Möglichkeit fixiert, und währenddessen führt der Untersucher mit der anderen Hand rasch ein zweites Nahrungsstück an einem Stab oder einer Pinzette in das Gesichtsfeld ein; sobald das Tier das Nahrungsstück erblickt, erweitern sich seine Pupillen, die Augen machen eine Einstellungsbewegung nach der Richtung des im Gesichtsfeld erschienenen Reizes, und es schnappt meistens zu. Die Hand und das Instrument muss man natürlich bei diesen Prüfungen so halten, dass das Nahrungsstück zuerst im Gesichtsfeld erscheint; auch muss man jedes Geräusch dabei vermeiden. Wenn das Tier sehr unruhig ist, so kann man oft eine Fixation der Augen dadurch erreichen, dass man das Nahrungsstück direkt vor die Schnauze hält und den Hund daran lecken lässt, ohne es ihm ganz zu überlassen, und dabei in üblicher Weise die Grenzen des Gesichtsfelds absucht (man muss aber beachten, dass manche Hunde unter diesen Umständen auf das periphere Nahrungsstück nicht reagieren, auch wenn es sich auf sicher normal funktionierenden Netzhautpartien abbildet); schliesslich kann man bei unruhigen Tieren auf die Fixation überhaupt verzichten und einfach die Grenzen des Gesichtsfelds unter Berücksichtigung der Ausgangsstellung des Auges absuchen. Überhaupt gibt es bei der Gesichtsfeldbestimmung eine Reihe von Kunstgriffen und Hilfsmethoden, die man kaum im einzelnen aufzählen kann, die sich aber jeder aufmerksame Untersucher selbst allmählich aneignen wird.

Am schwierigsten lässt sich natürlich ein zentrales Skotom nachweisen. Wollte man nur in der beschriebenen Weise vorgehen, so würde es, da der Hund in der Peripherie des Gesichtsfelds überall sieht und normal reagiert, der Feststellung entgehen. Daher ist

es notwendig, die Perimetrierung durch den Stossversuch zu ergänzen: der Stab oder die Pinzette mit einem kleinen Nahrungsstück am Ende wird dabei schnell auf das Auge zugestossen, so dass es sich auf zentralen Partien der Netzhaut abbilden muss; es muss aber auch ziemlich rasch und mit Beibehaltung der Richtung zurückgezogen werden, da sonst durch eine spontane Augenbewegung das Objektbild sich auf der Netzhaut verschieben und auf mehr periphere Teile fallen kann. Will man die Stelle des direkten Sehens beim Stossversuch treffen, so muss man von vorn, aber zugleich etwas von unten und innen auf das Zentrum der Hornhaut zustossen¹⁾. Führt man den Stossversuch rasch aus, so hat der Hund, namentlich wenn er etwas träge ist, keine Zeit zum Zuschnappen; in solchen Fällen kann man zuweilen aus einem leichten Zucken der Oberlippenmuskulatur schliessen, dass der Hund das Nahrungsstück gesehen hat.

2. Kreisführungsmethode. Zur allgemeinen Orientierung und Feststellung von grösseren Gesichtsfelddefekten hat sich mir die Kreisführungsmethode sehr bewährt. Sie besteht darin, dass das Nahrungsstück vor beiden Augen des Tieres im Kreis bewegt wird, so dass es sich abwechselnd auf oberen und unteren, inneren und äusseren Netzhautpartien abbilden muss. Der normale regsame Hund folgt nach allen Richtungen mit entsprechenden lebhaften Bewegungen der Schnauze und der Augen; besteht aber ein grösserer Ausfall im Gesichtsfeld, z. B. in der unteren Hälfte des *COS*²⁾, so hört die Bewegung plötzlich auf, sobald das Nahrungsstück in diesen Gesichtsfeldteil gelangt; der Hund folgt nicht mehr und macht suchende Bewegungen mit der Schnauze, wobei die Augen einen verwunderten Ausdruck annehmen. Sobald aber das Skotomgebiet passiert ist, und das Nahrungsstück wieder in normale Gesichtsfeldteile gelangt, setzt die Bewegung der Schnauze und der Augen von neuem lebhaft ein. In vielen Fällen liefert diese Methode ein effektvolles einwandfreies Ergebnis und ist namentlich dann geeignet, wenn man ein grösseres partielles Skotom rasch demonstrieren will.

3. Die Auseinanderführungsmethode besteht darin, dass zwei Nahrungsstücke zuerst über der Nase gehalten und dann

1) Näheres darüber im vierten Kapitel.

2) *COS* Campus oculi sinistri; *COD* Campus oculi dextri.

nach verschiedenen Richtungen einzeln oder gleichzeitig auseinandergeführt werden.

Ich unterscheide dabei folgende Hauptrichtungen: 1. oben innen; 2. unten innen; oben aussen; 4. unten aussen; 5. horizontal. Bei der Auseinanderführung nach oben innen und unten innen beträgt der Winkel, den die Führungslinie mit der Mittellinie des Nasenrückens bildet, ca. 15° ; bei der Führung nach oben aussen und unten aussen 45° , bei horizontaler Führung 90° . Gerät das Nahrungstück bei der Auseinanderführung in normale Teile des Gesichtsfeldes, so wird es meist von lebhaften Bewegungen der Augen und des Kopfes begleitet, im Gegensatz zu amaurotischen oder amblyopischen Partien. Zuweilen dokumentiert sich der Übergang aus normalen in blinde Gesichtsfeldteile, ähnlich wie bei der Kreis- methode, dadurch, dass der Hund, der bis dahin das Nahrungstück lebhaft begleitet hat, plötzlich in der Bewegung der Augen und des Kopfes inne hält und suchende Bewegungen macht. Diese Methode eignet sich besonders zum Nachweis von Quadranten- skotomen und kann ebenfalls gut demonstriert werden.

Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden (Perimetrierung, Kreis- und Auseinanderführung, Stossversuch) werden miteinander verglichen, und es gelingt auf diese Weise meistens, ein sicheres Ergebnis zu gewinnen; nur muss man sich mit der grössten Geduld bewaffnen, da eine einzelne Untersuchung bei schwierigeren Versuchstieren eine Stunde und darüber dauern kann.

Eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen der Sehprüfungen ist die Wahl von geeigneten Versuchsobjekten. Manche Hunde sind zu diesem Zweck absolut ungeeignet, entweder weil sie zu unruhig sind, und eine auch nur approximative Gesichtsfeldbestimmung bei ihnen undurchführbar ist, oder weil sie umgekehrt zu träge sind, sich für das im Gesichtsfeld erscheinende Nahrungstück nicht interessieren und entweder gar nicht oder nur sporadisch darauf reagieren. Es gibt in dieser Beziehung eine aurea mediocritas, welche besonders günstig ist. Ich habe daher die Hunde sorgfältig vorgeprüft und nur solche als tauglich erkannt und operiert, welche bei der Gesichtsfeldbestimmung regelmässig reagierten, die Kreis- und Auseinanderführung von Nahrungsstücken lebhaft verfolgten und durch das Zudecken eines Auges nicht gehemmt wurden. Am besten haben sich mir Teckel, Terriers und rasselose Hunde bewährt, die nicht unter 1 Jahr alt waren; jüngere

Tiere sind für diese Prüfungen meist zu ängstlich oder zu wenig intelligent.

Hitzig hat bekanntlich seine Hunde in der Schwebe untersucht¹⁾, wobei das Tier auf einem Tuch hing, welches oben an einem der Körperachse parallel verlaufenden, durch ein Gestell getragenen Stab befestigt war. Bei seinen Untersuchungen waren immer drei Personen tätig, „von denen die eine die Fleischstückchen zureichte, die zweite das Gesichtsfeld absuchte und dabei

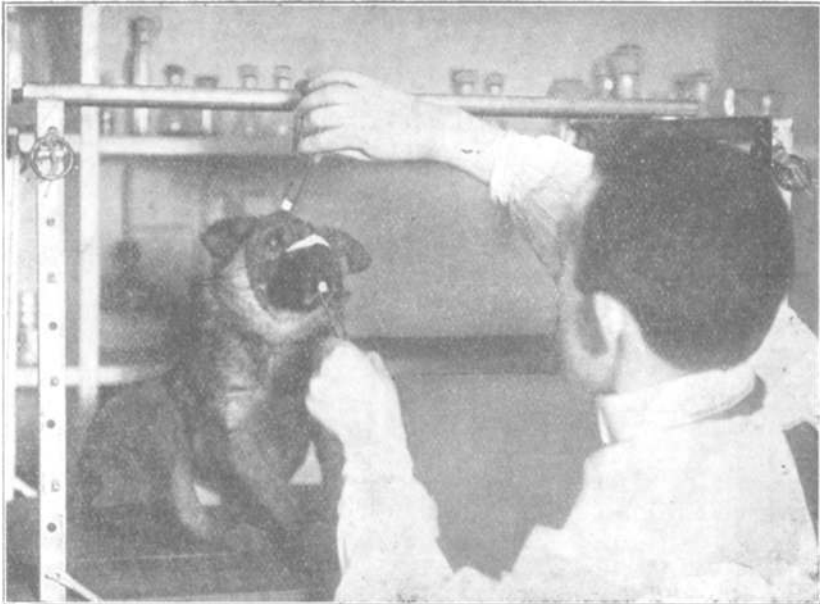


Fig. 3.

das Auge beobachtete, die dritte das Auge gleichfalls beobachtete und ausserdem die entsprechenden Notizen machte und das Protokoll führte“¹⁾. Ich habe von der Schwebe Abstand genommen, weil ich mich davon überzeugte, dass eine genaue Untersuchung um so eher durchführbar ist, je weniger das Tier in seinen Bewegungen beeinträchtigt ist. Ich prüfte deswegen stets so, dass der Hund auf dem Boden eines Gestelles stand, welches oben einen längs verlaufenden Stab trug; er hatte ein loses Halsband

1) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl., Bd. 2. S. 84 u. 300, Berlin 1904.

an, dessen Leine an den Stab angebunden war; sonst war das Tier in seinen Bewegungen ganz frei. Das Gestell stand auf einem Tisch, und ich sass davor.

Ich habe grundsätzlich immer allein untersucht und glaube, dass das die richtige Art ist, da man dabei am ehesten die nötige Ruhe und Objektivität bewahrt; nur ausnahmsweise, bei besonders unruhigen Tieren, habe ich die Hilfe des Laboratoriumwärters in Anspruch genommen, welcher dann den Kopf festhielt.

Sehr oft habe ich den Einwand gehört, dass der Hund das dargebotene Fleisch¹⁾ riechen könnte. Dieser Einwand ist nicht stichhaltig, zunächst für die Fälle nicht, wo es gelingt, ein sicheres Skotom nachzuweisen; denn wenn der Hund stets röche, so müsste er das Fleisch auch in den amaurotischen Gesichtsfeldpartien riechen und darauf reagieren, und der Nachweis eines Skotoms wäre dann überhaupt nicht möglich; das ist aber durchaus nicht der Fall. Es bleibt aber noch die zweite Möglichkeit übrig, dass ein tatsächlich vorhandenes Skotom der Feststellung entgeht, weil auch in seinem Gebiet durch den Geruch adäquate Reaktionen ausgelöst werden. Dass dies nicht der Fall ist, kann man sich überzeugen, wenn man beide Augen zubindet und nun ein Fleischstück nicht zu rasch bewegt; der Hund reagiert in keiner Weise, und nur wenn man das Fleischstück vor der Nasenspitze hält oder vorbeibewegt, beginnt er zu schnüffeln und schnappt zu.

Obwohl ich danach Fleisch für ein gutes Prüfungsmittel halte, habe ich doch statt dessen nach Möglichkeit Zucker benutzt; dadurch wird nicht nur jeder Einwand einer olfactiven Tätigkeit beseitigt, sondern Zucker ist auch sehr bequem zu handhaben (Stücke von Würfelzucker werden mit einer Schere in kleine Stückchen zerschnitten und mit einer Pinzette gereicht), und die Tiere sättigen sich nicht so schnell wie mit Fleisch.

b) Prüfung der optischen Reflexe.

Den optischen Reflexen und deren Bedeutung für die Beurteilung von Sehstörungen werde ich im folgenden Kapitel eine eingehende Besprechung widmen; hier darf ich mich deshalb auf eine kurze Bemerkung beschränken.

1. Den Droh- oder Gestikulationsreflex (Blinzeln auf rasche Annäherung eines Gegenstandes an das Auge) habe ich in

1) Zur Abschwächung des Geruchs habe ich stets gekochtes Fleisch benutzt.

der Weise geprüft, dass ich zwei Finger oder die ganze Hand mit zusammengelegten Fingerbeeren rasch an das Auge aus verschiedenen Richtungen näherte oder auch die flache Hand vor dem Auge vorbeiführte.

2. Den Lichtreflex (Blinzeln auf plötzliche grelle Belichtung des Auges) prüfte ich so, dass ich in dem nach Möglichkeit verdunkelten Zimmer ein brennendes Wachsstreichholz oder eine elektrische Lampe rasch vor das Auge führte, ohne zu nahe heranzutreten (um eine Wärmewirkung zu vermeiden).

c) Der Pupillarlichtreflex wurde mit Hilfe einer elektrischen Taschenlampe untersucht.

III. Extirpationen der Extremitätenregion.

Nach der Ansicht von Munk gibt es bekanntlich nur eine scharf begrenzte Sehsphäre im Occipitallappen derart, dass Sehstörungen nur durch Eingriffe im Bereich dieses Rindengebietes hervorgebracht werden, während Eingriffe in allen übrigen Teilen des Grosshirns, wenn sie nur *lege artis* ausgeführt sind, und die Wundheilung ohne Komplikationen (profuse Blutungen, Entzündungen usw.) verläuft, keinerlei Sehstörungen bedingen.

Gegen diesen streng lokalisatorischen Standpunkt sind zahlreiche Autoren aufgetreten. Goltz und seine Schüler, besonders Loeb, haben ursprünglich behauptet, dass Sehstörungen von allen Teilen der Grosshirnrinde aus hervorzubringen seien; später hat eine Annäherung insofern stattgefunden, als sie zugaben, dass der Hinterhauptslappen besondere oder besonders nahe Beziehungen zum Sehakt besitze.

Zwischen diesen extremen Gegensätzen, dem scharf lokalisatorischen Standpunkt Munks und dem ursprünglich jede Lokalisation negierenden von Goltz und Loeb, nehmen Luciani und Seppilli¹⁾ einen vermittelnden Standpunkt ein. Indem sie im allgemeinen ein Ineinandergreifen sämtlicher Kortikalgebiete mit zentralen Verdichtungen jeder einzelnen Funktion innerhalb des ihr zugehörigen Gebietes annehmen, glauben sie, „dass die Sehsphäre zwar ihren zentralen Sitz in der Occipitoparietalzone habe, daselbst aber nicht fest umschlossen sei, sondern in Zusammenhang mit an-

1) Luciani und Seppilli, Die Funktionslokalisation auf der Grosshirnrinde. 1886.

deren Zentren stehe und sich mit ihnen in anatomische Verbindung setze, indem sie gegen die Stirn- und Schläfenkeilbeinlappen ausstrahle“.

Ausser diesen prinzipiellen Kontroversen erlangte eine besondere Bedeutung die Frage, ob Sehstörungen beim Hund nach Exstirpationen der Extremitätenregion (Gyrus sigm. ant. et post.) auftreten, und ob diese somit zum Sehakt in engerer Beziehung steht. Nachdem Hitzig¹⁾ zuerst angegeben hatte, dass man nach Exstirpationen des Stirnlappens neben motorischen auch Sehstörungen beobachten kann, haben Exner und Paneth²⁾ an sechs Hunden Operationen im Bereich des Gyrus sigmoid. ausgeführt und „in fünf dieser Fälle Sehstörungen beobachtet, welche bis zu vier Wochen anhielten“; dabei zeigte die Obduktion keinerlei Veränderungen ausserhalb des eigentlichen Operationsgebietes, welche diese Sehstörungen erklären könnten.

Hitzig hat dann diese Versuche von neuem aufgenommen; in einer Anzahl von Fällen hat er nur die Pia über der motorischen Region freigelegt, ohne sie zu verletzen; in anderen hat er partielle und totale Exstirpationen der Extremitätenregion und deren Umgebung ausgeführt. In der grossen Mehrzahl dieser Fälle, auch nach einfacher Freilegung der Pia, hat er vorübergehende Sehstörungen beobachtet und daraus folgende Schlüsse gezogen:

„Die blosse Freilegung der Pia führt zu mehr oder weniger erheblichen Schädigungen der darunter liegenden Windungen, manchmal auch ihrer unmittelbaren Nachbarschaft. . .

Die Tatsache, dass von anderen Regionen, als von der Sehphäre, nämlich vom Gyrus sigmoides aus Sehstörungen hervorgebracht werden können, muss durch diese Versuche als vollkommen erwiesen gelten. Die Theorie Munk's ist hiermit, soweit dieser Punkt in Frage kommt, widerlegt.

Nach frontalen Eingriffen traten Sehstörungen und Störungen der optischen Reflexe als unmittelbare Folgen von Verletzungen des Gyrus sigm. so gut wie regelmässig ein“³⁾.

1) Hitzig, Zur Physiologie des Grosshirns. Arch. f. Psych. Bd. 15.

2) Exner und Paneth, Über Sehstörungen nach Operationen im Bereich des Vorderhirns. Pflüger's Arch. Bd. 40. 1886.

3) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl. S. 180 u. 274. Berlin 1904.

Was diesen Ergebnissen nach Hitzig ein besonderes Interesse verleiht, ist die Tatsache, dass, wenn nach einer Operation im Bereich der motorischen Region die Sehstörung sich zurückgebildet hat, eine sekundäre partielle Operation im Gebiet der Munkschen Sehsphäre, speziell eine sekundäre Exstirpation der Stelle A_1 meistens gar keine Sehstörung herbeiführt (im Gegensatz zu primären Exstirpationen der Stelle A_1). Zur Erklärung dieser Verhältnisse nimmt Hitzig an, dass in den subkortikalen optischen Ganglien im Anschluss an die primäre Operation Umschaltungsverfahren stattfinden, so dass dieselben gegen weitere funktionelle Schädigungen von seiten der Hirnrinde, sei es auch der Sehsphäre, geschützt sind. Diese Auffassung ist aber nur dann möglich, wenn schon den subkortikalen Zentren die Fähigkeit zu einem, wenn auch nur niederen Sehen, zur Bildung von „Vorstellungen niederer Ordnung“ zugeschrieben wird.

Die Angaben Hitzigs über das Auftreten von Sehstörungen nach Läsionen der motorischen Region wurden von Lo Monaco e Tomassi¹⁾ und von Imamura²⁾ bestätigt. Letzterer glaubte namentlich feststellen zu können, dass die nach Läsion einer motorischen Region des Hundes auftretende Amblyopie, nachdem sie verschwunden ist, wiederum hervorgerufen werden kann durch eine Vernichtung der Balkenbahnen, und dass nunmehr eine nochmalige Restitution nicht stattfindet; er schliesst daraus, dass für den normalen Ablauf des Sehakts das Erhaltensein wenigstens einer motorischen Region notwendig ist, und erklärt das Zustandekommen dieser besonderen Form der Amblyopie dadurch, „dass zum vollkommenen Sehen eine richtige Lokalisation der Eindrücke der Retina, und zur richtigen Lokalisation die intakte Kinästhesie der Augen, des Kopfes und vielleicht auch anderer Körperteile von grösster Bedeutung ist. Mit der Störung der cortical-motorischen Zentren fällt aber dieser für das richtige Sehen, für das Verständnis und die Lokalisation des Gesehenen so wichtige Faktor weg, und es dürfte wohl die Voraussetzung ihre Berechtigung finden, dass eine Form der Amblyopie in dieser sensomotorischen Störung ihre Ursache habe.“

1) Lo Monaco e Tomassi, Sulla fisiologia della superficie interna del cervello. Riv. sper. di fren. 1901.

2) Imamura, Über die corticalen Störungen des Sehakts und die Bedeutung des Balkens. Pflüger's Arch. Bd. 100. 1903.

Gegen die Angaben Hitzigs und namentlich die daraus gezogenen Konsequenzen hat Munk¹⁾ sehr energisch und, wie ich glaube, mit Recht Stellung genommen. Daraus, dass ausserhalb des Occipitallappens auch von anderen Teilen des Grosshirns vorübergehende Sehstörungen hervorgebracht werden können, folgt durchaus nicht, dass diese Teile zum Sehakt in besonderer funktioneller Beziehung stehen, wie das Imamura annimmt, dessen Erklärung übrigens meines Erachtens auf einem unzulässigen Durcheinanderwerfen von optischen und kinästhetischen Komponenten der sinnlichen Wahrnehmung beruht. Auch der von Hitzig angenommene Hemmungsvorgang, der sich noch dazu von den subkortikalen motorischen auf die subkortikalen optischen Zentren übertragen muss, ist durchaus hypothetisch und kann einer ersten Kritik wohl kaum standhalten. Um aus diesen vorübergehenden Sehstörungen lokalisatorische Schlüsse zu ziehen, müsste man zunächst den Beweis liefern, dass sie nach den betreffenden Operationen notwendig eintreten müssen und nicht nur gelegentliche Komplikationen sind; diesen Beweis ist Hitzig durchaus schuldig geblieben; vielmehr hat er sich selbst in dieser Beziehung eine Blösse gegeben, indem er angab, dass auch nach einer einfachen Freilegung der Pia über der motorischen Region Störungen der Mobilität und des Sehens eintreten; das ist auch nicht verwunderlich, wenn nach den eigenen Angaben Hitzigs „die Hirnoberfläche selbst in fast allen Fällen pilzartig vorgetrieben erscheint, so dass man den vorgedrängten Teil in der Lücke als undeutlich fluktuierenden Körper fühlen kann. Die Rinde zeigt an den Grenzen der Lücke infolge des Hirnvorfalles eine Einschnürung, und die Pia verwächst an dieser Stelle mit den Rändern der Dura. Allmählich wird der Prolaps kleiner und kann bis annähernd auf das Niveau des Restes der Convexität zurückgehen. . . Auf Durchschnitten fanden sich mit Ausnahme von zwei Fällen regelmässig in den früheren Stadien kapillare und grössere Blutmengen in der grauen und weissen Substanz und in den späteren Stadien die Residuen derselben in Gestalt von rotbraun tingierten Erweichungsherden oder kleinen Lücken.“ Dass nach mangelhaften Operationen auch Sehstörungen auftreten können, ist selbstverständlich, und es ist absolut nicht

1) Munk, Über die Funktionen von Hirn und Rückenmark. Ges. Mitt. S. 236. Berlin 1909.

einzusehen, wie dadurch „die Theorie Munks, soweit dieser Punkt in Frage kommt, widerlegt ist“.

Trotz der scharfen Kritik Munks¹⁾ haben die Angaben Hitzigs, nachdem eine Anzahl von Autoren (Exner und Paneth, Lo Monaco, Imamura) dieselben bestätigt und erweitert hatte, immer mehr an Boden gewonnen, und es erschien mir deshalb notwendig, diese prinzipiell wichtige Frage von neuem experimentell zu untersuchen.

Ich will nun eine Anzahl von solchen Versuchen mitteilen, bei denen ich ein- und doppelseitige Exstirpationen der Extremitätenregion (Gyrus sigm. ant. et post.) vorgenommen habe.

Beobachtung 1.

18. Mai 1909. Linksseitige Exstirpation des Gyr. sigm. ant. et post. in der von Munk angegebenen Weise¹⁾. — Umschneidung der Rinde medial vom Sulcus coronalis, vorn und hinten an den Grenzen der Extremitätenregion, Unterschneidung mit dem Messer, dann Ausräumung mit einem Holzstäbchen²⁾.

Sensomotorische Störungen an den rechten Extremitäten typisch (Ausgleiten, Schleudern, Überkreuzen der Vorderbeine, Auftreten auf den Fussrücken, Fallen auf die rechte Seite). Die Störung bildet sich allmählich bis auf die üblichen Reste zurück.

Sehen: Schon am dritten Tag nach der Operation mit Hilfe der Perimetrierungsmethoden und der Kreismethode keinerlei Defekt im Gesichtsfeld nachweisbar, weder am linken noch am rechten Auge.

Optische Reflexe: Am linken Auge stets sehr lebhaft, am rechten Auge zunächst fehlend, dann vom vierten Tage an herabgesetzt, indem auf Annäherung der Hand jedesmal ein träges Blinzeln eintritt, an dem hauptsächlich nur das untere Lid teilnimmt; im Laufe von 4 Wochen allmähliche Besserung bis zur Norm.

Lidspalte im Anfang rechts weiter als links; die Differenz gleicht sich im Laufe von 3—4 Wochen aus.

Beobachtung 1a³⁾.

6. Juli 1909. Rechtsseitige sekundäre Exstirpation der Extremitätenregion; lateralwärts wird die Läsion durch den Sulcus

1) Munk, Über die Funktionen von Hirn und Rückenmark. Ges. Mitt. Berlin 1909.

2) Aus redaktionstechnischen Gründen sind in diesem Kapitel nur zwei Photogramme von operierten Gehirnen reproduziert.

3) Derselbe Hund wie in Beobachtung 1. Alle sekundären Operationen bezeichne ich mit denselben Nummern wie die primären mit Hinzufügung von a.

coronalis begrenzt. Eine starke Blutung aus der Nähe des Sinus longitudinal. wird durch Einführung von sterilem Wachs gestillt; in den ersten 10 Tagen nach der Operation entleeren sich aus der Wunde geringe Mengen einer eitrig-blutigen Flüssigkeit; die Sekretion hört nach Entfernung der Nähte (am zehnten Tage) auf.

Sensomotorische Störungen sehr schwer; im Anfang kann der Hund weder stehen noch laufen; allmähliche Restitution.

Sehen: Am O. S.¹⁾ zunächst Ausfall der temporalen $\frac{3}{4}$ des Gesichtsfelds; Anstossen beim Laufen mit zugebundenem rechtem Auge. Die Sehstörung hält bis zum 16. Juli unverändert an; an diesem Tage werden die Nähte entfernt, darauf rasche Restitution, so dass am 22. Juli keinerlei Sehstörung mehr nachweisbar ist.

Optische Reflexe: Rechts stets lebhaft, links die ersten 10 Tage fehlend, dann herabgesetzt; allmähliche Besserung bis zum 24. Juli, wo keinerlei Differenz zwischen rechts und links mehr nachweisbar ist.

2. Oktober 1909. Dritte Operation: Doppelseitige Exstirpation der Stelle A_1 . Nach der Operation ist der Hund schwer krank und stirbt am 7. Oktober 1909.

Sektion: Die Operationen an der Extremitätenregion sind beiderseits richtig ausgeführt.

Beobachtung 2.

26. Juni 1909. Linksseitige Exstirpation der Extremitätenregion; lateralwärts befindet sich die Schnittlinie medial vom Sulcus coronalis.

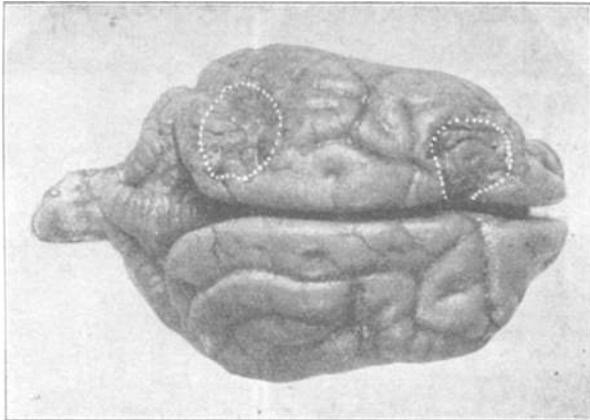


Fig. 4.

Sensomotorische Störungen typisch.

Sehen: von Anfang an ohne die geringste Störung.

Optische Reflexe: beiderseits ohne Störung.

Sektion am 25. August: Die Operation ist richtig ausgeführt.

1) Oculus sinister.

Beobachtung 3.

15. Juli 1909. Linksseitige Exstirpation der Extremitätenregion wie in Beobachtung 1.

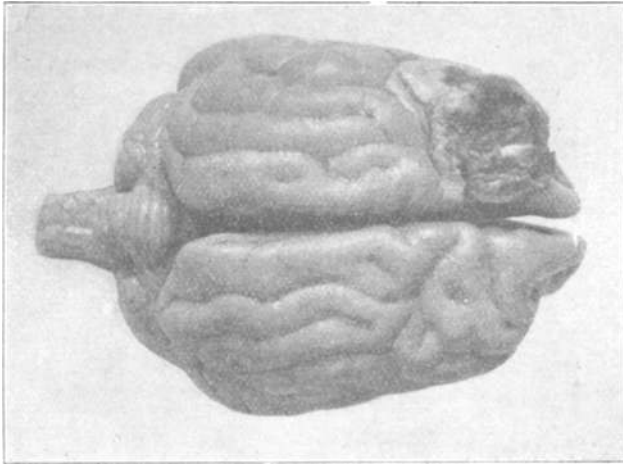


Fig. 5.

Sensomotorische Störungen typisch.

Sehen: ohne Störung.

Optische Reflexe: rechts herabgesetzt bis zum siebenten Tage nach der Operation.

Lidspalte rechts etwas weiter als links. Prévost¹⁾ rechts angedeutet.

Sektion am 23. Juli: Die Operation ist richtig ausgeführt. Der Defekt reicht nach aussen nicht ganz bis zum Sulcus coronalis und hebt sich scharf gegen die normale Umgebung ab.

Beobachtung 4.

16. August 1909. Linksseitige Exstirpation der Extremitätenregion.

Sensomotorische Störungen typisch.

Sehen: ohne Störung.

Optische Reflexe: beiderseits ohne Störung.

Lidspalten gleich weit. Prévost negativ.

Die Sektion bestätigt die Richtigkeit der Operation. Der Defekt reicht lateralwärts bis zum Sulcus coronalis.

1) Das von Prévost beschriebene Symptom besteht darin, dass beim forcierten Zurückschlagen der Schnauze nach hinten oben durch den Untersucher über der Cornea die Sklera sichtbar wird, was wahrscheinlich auf einer Erweiterung der Lidspalte beruht.

Beobachtung 5.

21. Oktober 1909. Linksseitige Exstirpation der Extremitätenregion.

Sensomotorische Störungen typisch.

Sehen: Am rechten Auge Ausfall des oberen äusseren Quadranten des Gesichtsfelds, dann Amblyopie in diesem Bezirk, bis zum 11. Oktober nachweisbar.

Optische Reflexe: rechts herabgesetzt bis zum 11. Oktober.

Lidspaltendifferenz bis zum vierten Tag nach der Operation. Prévost während dieser Zeit positiv.

Tod am 11. Dezember während eines Krampfanfalls.

Sektion: Der Defekt reicht nach hinten weiter als beabsichtigt war, bis zur front. Verlängerung des Sulcus suprasylv. ant., lateral bis zum Sulcus coronalis. Die Grenzen des Defekts sind von einem schmalen Hof (ca. 3 mm) erweichter Hirnmasse umgeben.

Beobachtung 6.

11. Oktober 1909. Linksseitige Exstirpation der Extremitätenregion und der inneren Hälfte des Gyrus coronalis.

Sensomotorische Störungen typisch.

Sehen: ohne Störung.

Optische Reflexe: rechts im Anfang hochgradig herabgesetzt. Zuweilen bleibt das Blinzeln auf Annäherung der Hand ganz aus, in der grossen Mehrzahl der Fälle erfolgt aber ein schwaches Blinzeln; dasselbe ist wenig ausgiebig und reicht nicht bis zum Lidchluss. Es fällt ferner auf, dass die rechte Lidspalte oft offen bleibt, während die linke geschlossen ist. Allmähliche Besserung.

Lidspalte rechts weiter als links. Prévost rechts +. Der Hund stirbt am 1. Dezember.

Sektion: Der Defekt erstreckt sich auf den Gyrus sigm. ant. et post. und die innere Hälfte des Gyrus coronalis. Das übrige Gehirn ist vollkommen intakt.

Beobachtung 7.

20. Oktober 1909. Linksseitige Exstirpation der Extremitätenregion bis zum Sulcus coronalis.

Sensomotorische Störungen typisch.

Sehen: ohne Störung.

Optische Reflexe: rechts geringe Herabsetzung bis zum 25. Oktober.

Lidspalte rechts weiter als links. Prévost +.

8. Dezember 1910. Der Hund wird getötet.

Sektion: Operation richtig ausgeführt.

Tabelle I.
Exstirpationen im Bereich der motorischen Region.

Nummer der Beobachtung	Art der Operation	Sehen	Optische Reflexe	Differenz der Lidspalten	Besondere Bemerkungen
1.	Exstirpat. der Extremitätenregion (lateral bis zum Sulcus coronalis)	ohne Störung	bis zum 3. Tag fehlend, bis zum 28. abgeschwächt	+	—
1 a.	do.	am gekreuzten Auge bis zum 10. Tag Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes, dann rasche Restitution, vom sechzehnten Tag normal	bis zum 10. Tag fehlend, bis z. 18. abgeschwächt	0	eitrig-blutige Sekretion aus der Wunde die ersten 10 Tage nach der Operation
2.	do.	ohne Störung	ohne Störung	0	—
3.	do.	do.	bis zum 7. Tag abgeschwächt	+	—
4.	do.	do.	ohne Störung	0	—
5.	do.	am gekreuzten Auge Amaurose, dann Amblyopie im oberen äusseren Quadranten des Gesichtsfeldes bis zum 7. Tag	bis zum 7. Tag abgeschwächt	+	—
6.	Exstirpat. der Extremitätenregion und der inneren Hälfte des Gyr. coronalis	ohne Störung	bis zum 14. Tag abgeschwächt	+	—
7.	Exstirpat. der Extremitätenregion bis zum Sulcus coronalis	do.	bis zum 5. Tag abgeschwächt	+	—

Zusammenfassung.

1. Sehen. Das Gesichtsfeld wurde mit Hilfe der Perimetrie-, der Kreis- und Auseinanderführungsmethode bestimmt und das Sehen als intakt anerkannt, wenn das Gesichtsfeld nirgends gegen die Norm eingeschränkt war, und in allen Teilen desselben lebhaft Reaktionen (Ergreifen des Nahrungsstücks auf dem kürzesten Wege) erfolgten, wenn bei der Kreis- und Auseinanderführung das Objekt nach allen Richtungen gleich lebhaft und ausgiebig verfolgt wurde; neben diesen feineren Prüfungen wurde auch die gröbere angewendet, bei welcher dem Tier ein Auge zugebunden wurde, und es dann frei herumlief; stiess es dabei an, so war ein normales Sehen des freigebliebenen Auges natürlich ausgeschlossen.

Von den acht vorstehend mitgeteilten Fällen fehlten Sehstörungen in sechs Fällen vollkommen, nur in zwei Fällen waren vorübergehende Sehstörungen am gekreuzten Auge vorhanden. Wenn in drei Vierteln der operierten Fälle nicht die geringsten Sehstörungen auftreten, so kann man mit voller Sicherheit behaupten, dass die exstirpierte Rindenpartie zum Sehen in keiner direkten Beziehung steht; die abweichenden Befunde einer vorübergehenden Sehstörung in zwei Fällen müssen daher auf operative Komplikationen (leichte meningitische Reizzustände der ganzen Hemisphäre, Ansammlungen von Blut in der Nähe der Sehsphäre usw.) zurückgeführt werden.

In Beobachtung 1a bestand eine eitrig-blutige Sekretion aus der Wunde, welche die Annahme eines entzündlichen Reizzustandes der ganzen Hemisphäre besonders nahe legt; damit stimmt auch die Tatsache überein, dass es sich dabei zunächst um eine Amaurose und dann um eine Amblyopie in dem ganzen von der linken Hemisphäre versorgten Gesichtsfeldgebiet gehandelt hat, und dass die Sehstörung sich nach Entfernung der eiternden Nähte rasch restituiert hat. In Beobachtung 5 bestand eine Amaurose und dann eine Amblyopie im oberen äusseren Quadranten des Gesichtsfelds; dieser Gesichtsfeldteil ist, wie ich später zeigen werde, an der basal-cerebellaren Fläche des Occipitallappens vertreten; möglicherweise hat es sich dabei um eine Ansammlung von Blut über dem Tentorium gehandelt, wodurch die cerebellare Fläche des Occipitallappens komprimiert und in ihrer Funktion beeinträchtigt wurde; mit

fortschreitender Resorption konnte sich die Funktion dieser Teile der Sehsphäre restituieren.

2. Die optischen Reflexe. Ehe ich meine Ergebnisse bespreche, möchte ich einige allgemeine Bemerkungen über das Verhalten der optischen Reflexe und deren Verwertbarkeit für die Beurteilung einer kortikalen Sehstörung vorausschicken.

Man sollte zwei Arten des optischen Reflexes oder des Blinzelreflexes unterscheiden:

1. auf rasche Annäherung eines Gegenstandes an das Auge (Droh- oder Gestikulationsreflex);
2. auf plötzliche Belichtung des Auges (Lichtreflex).

Der Drohreflex besteht darin, dass auf rasche Annäherung eines Gegenstandes an das Auge Blinzeln, d. h. eine Kontraktion des Orbicularis oculi, eintritt; ich habe ihn meistens in der Weise geprüft, dass ich alle Fingerbeeren zusammenlegte und die so geformte Hand rasch dem Auge näherte; man kann auch, nach dem Vorschlage von Hitzig, die flache Hand rasch vor dem Auge vorbeiführen; unter normalen Umständen tritt dabei so gut wie ausnahmslos ein lebhaftes Blinzeln ein; bleibt dasselbe bei operierten Hunden aus, oder ist es gegen das andere Auge abgeschwächt, so kann mit Sicherheit auf eine Störung des optischen Reflexes geschlossen werden.

Zur Prüfung des Lichtreflexes muss das Auge plötzlich grellem Licht, z. B. dem einer elektrischen Taschenlaterne mit starker Konvexlinse, ausgesetzt werden. Ich habe gefunden, dass unter normalen Umständen dieser Reflex im Gegensatz zum Drohreflex sehr inkonstant ist, dass er sogar häufiger ausbleibt als umgekehrt. Keineswegs kann ich deshalb Luciani und Seppilli¹⁾ beistimmen, welche „den Versuch mit Kerzenlicht, das unversehens ein oder dem anderen Auge genähert wird,“ für „nachdrücklicher“ erklären als das Zwinkern „bei Annäherung eines Fingers oder sonstigen Gegenstandes an das Auge;“ vielmehr stimme ich mit Hitzig²⁾ überein, dass „auf manche Tiere selbst die plötzliche Annäherung von grellem Licht nicht den ge-

1) Luciani und Seppilli, Die Funktionslokalisation auf der Grosshirnrinde S. 28—29. 1886.

2) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn Ges. Abhandl. Bd. 2. S. 99. Berlin 1904.

ringsten Eindruck macht. Wenn sie aber reagieren, so geschieht dies durch Abwenden des Kopfes, durch Beissen usw., während der Lidreflex nur in verhältnismässig seltenen Fällen eintritt.“ Boensel¹⁾ geht noch weiter und behauptet, dass bei normalen Hunden der Lidreflex auf grelle Beleuchtung sogar regelmässig fehlt.

Danach ist der Lichtreflex für die Beurteilung von Sehstörungen kaum verwertbar, und nur das Verhalten des Drohreflexes verdient in dieser Beziehung beachtet zu werden; wenn ich also weiter von optischen Reflexen spreche, so verstehe ich darunter nur den Drohreflex.

Luciani und Seppilli²⁾ haben eine Störung der optischen Reflexe nach Hirnläsionen ohne weiteres als Beweis einer Sehstörung angesehen. Exner und Paneth³⁾ sind schon vorsichtiger und meinen, „es sei bei diesem Symptome nicht auszumachen, ob es der Störung der Funktion des Facialis oder der Sehstörung angehört; ebenso können an dem Fehlen des ersterwähnten Reflexes die Unterempfindlichkeit oder die Parese oder beides Schuld tragen“.

Munk⁴⁾ hat die Theorie des optischen Reflexes näher besprochen; im Gegensatz zum Pupillarreflex rechnet er ihn zu den „Sinnes-“ oder „Sehreflexen“, welche nur unter Mitwirkung des Grosshirns sich vollziehen können. „Für diese Sehreflexe muss die Erregung den Weg von der Sehsphäre aus durch Assoziationsfasern zu anderen Rindengebieten und erst durch deren Radiärfasern zu den niederen Zentren nehmen.“ Es ist danach selbstverständlich, dass der Blinzelreflex nicht bloss durch Läsionen der Sehsphäre und dadurch bedingte Sehstörungen, sondern auch durch Läsionen im Bereich des kortikalen Übertragungsapparates oder seiner kortikal-motorischen Ursprungsstätte selbst beeinträchtigt werden kann. Hitzig schliesst daher mit Recht, „dass es unzulässig ist, von dem Nachweise

1) Boensel, Die Lidbewegungen des Hundes. Inaugural-Dissertation. Giessen 1897.

2) Luciani und Seppilli, Die Funktionslokalisation auf der Grosshirnrinde. 1886.

3) Exner und Paneth, Über Sehstörungen nach Operationen im Bereich des Vorderhirns. Pflüger's Arch. Bd. 40. 1886.

4) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. S. 280 u. 306. Berlin 1890.

einer Störung der optischen Reflexe auf das Vorhandensein einer Sehstörung zu schliessen.“

Meine eigenen Ergebnisse bestätigen durchaus die Richtigkeit dieser Auffassung. In zwei Fällen (Beobachtung 2 und 4) waren Sehen und Reflexe intakt, in zwei (Beobachtung 1a und 5) bestand neben einer Amblyopie auch eine Störung des optischen Reflexes, und schliesslich waren in vier Fällen die optischen Reflexe am gekreuzten Auge deutlich herabgesetzt, wo auch nicht die geringste Sehstörung mit Hilfe der Perimetrierungs-, der Kreis- und Auseinanderführungsmethode nachweisbar war. Ausnahmslos bildete sich die Störung des optischen Reflexes zurück. Die vier letzt-erwähnten Fälle beweisen ganz eindeutig, dass eine Störung der optischen Reflexe durchaus nicht auf einer Sehstörung resp. einer

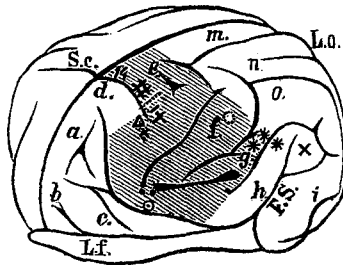


Fig. 6. Die elektrischen Reizpunkte an der Grosshirnrinde des Hundes nach Hitzig. ‡ für die hintere Extremität; + für die vordere Extremität; △ für Rumpfmuskeln; * Zentrum für Bewegung und Schutz des Auges.

Läsion der Sehsphäre zu beruhen braucht; die Schädigung kann auch an einer anderen Stelle des von Munk postulierten kortikalen Reflexbogens einsetzen, und zwar entweder am kortikalen Übertragungsapparat oder direkt am Zentrum für den Orbicularis oculi. Letzteres ist wohl in den beschriebenen Beobachtungen der Fall, da das elektrisch feststellbare Zentrum für den Orbicularis oculi („Zentrum für Schutz und Bewegung des Auges“) nach Hitzig an der Stelle liegt, wo die zweite Hirnwindung sich dem Bogen anschliesst, mit dem die erste den Sulcus cruciatus umgibt.

Ziehen¹⁾ bestätigt die Richtigkeit dieser Lokalisation, schreibt

1) Ziehen, Ein Beitrag zur Lehre von den Beziehungen zwischen Lage und Funktion im Bereich der motorischen Region der Grosshirnrinde mit spezieller Rücksicht auf das Rindenfeld des Orbicularis oculi. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1899. Physiol. Abt.

aber dem Orbicularis oculi eine ausgedehntere Vertretung in der Hirnrinde zu, indem er annimmt, dass aufwärts auch die obere Lippe des Sulcus coronalis und abwärts die untere Lippe des Sulcus suprasylvius noch zum Orbiculariszentrum gehört.

Jedenfalls liegt dasselbe in unmittelbarer Nähe der Extremitätenregion, und seine vorübergehende funktionelle Schädigung bei Exstirpationen derselben dürfte zur Erklärung der beobachteten Störungen der optischen Reflexe völlig ausreichen. Dass diese Störungen wesentlich motorische sind, geht aus deren Charakter hervor, indem der Blinzelreflex meistens nicht ausbleibt, sondern nur träge und unvollkommen erfolgt, so dass es nicht zu einem vollständigen Lidschluss kommt; ferner spricht dafür auch die Differenz der Lidspalten; besonders deutlich wird die Erweiterung der Lidspalte, wenn man die Schnauze nach hinten zurückschlägt, wobei die Sclera über der Cornea unter dem befallenen Lide sichtbar wird (Symptom von Prévost).

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe kann ich in Übereinstimmung mit Munk dahin zusammenfassen:

1. dass nach Exstirpationen der Extremitätenregion des Hundes (Gyrus sigm. ant. et post.), der Regel nach, d. h. wenn sie lege artis ausgeführt sind, und die Heilung ohne Komplikationen (leichte meningitische Reizzustände, Ansammlungen von grösseren Blutmassen im Subduralraum usw.) verläuft, keinerlei Sehstörungen auftreten, dass somit die Extremitätenregion in keiner direkten Beziehung zum Sehsakt steht, und

2. dass die darauf meist eintretende vorübergehende Störung des optischen Reflexes am gekreuzten Auge nicht auf einer Sehstörung, sondern auf einer Schädigung des Orbiculariszentrum beruht, welches im hinteren Drittel des Gyrus coronalis, also in unmittelbarer Nachbarschaft der Extremitätenregion liegt.

IV. Die Stelle A_1 von Munk. Die Lehre von der Seelenblindheit.

Eine ganz besondere und eigenartige Bedeutung hat Munk innerhalb seiner Sehsphäre der Stelle A_1 zugeschrieben, einer kreisrunden Stelle von 15 mm Durchmesser in der Nähe des hinteren oberen Occipitalpols.

Munk nimmt an, dass in A_1 die Stelle des deutlichsten Sehens ihre kortikale Vertretung hat, und dass hier

die „Erinnerungsbilder der Gesichtswahrnehmungen in der Reihenfolge etwa, wie die Wahrnehmungen dem Bewusstsein zuströmen, gewissermassen von einem zentralen Punkte aus in immer grösserem Umkreise deponiert werden“. Die einseitige Exstirpation dieser Stelle bewirkt eine Blindheit der Stelle des deutlichsten Sehens und den Verlust der optischen Erinnerungsbilder für das gekreuzte Auge; nach einer doppelseitigen Exstirpation tritt eine vollkommene Seelen-

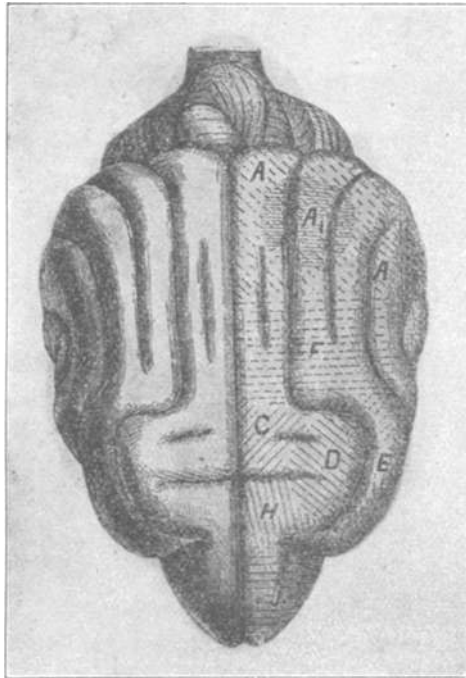


Fig. 7. Die physiologischen Rindenzentren nach Munk. AA_1A die Sehsphäre, in deren Mitte sich die kreisrunde Stelle A_1 befindet.

blindheit ein, welche dadurch charakterisiert ist, dass der Hund die einzelnen Gesichtobjekte wohl sieht, aber nicht erkennt, sie also nicht mehr zu identifizieren vermag, da er alle Erinnerungsbilder der früheren Gesichtswahrnehmungen verloren hat.

Der Hund sieht alles, da „er sich im Zimmer wie im Garten frei und ungeniert bewegt, ohne je an einen Gegenstand anzustossen. Allein kalt lässt ihn jetzt der Anblick der Menschen, die er sonst immer freudig begrüsst, kalt die Gesellschaft der Hunde, mit welchen

er früher jedesmal gespielt hat Nahrungsmittel, vor die Augen gehalten, lassen ihn unbewegt, solange er sie nicht riecht. Finger und Feuer, dem Auge genähert, machen ihn nicht mehr blinzeln. Der Anblick der Peitsche, der ihn sonst in die Ecke trieb, schreckt ihn nicht mehr im mindesten. Er war abgerichtet, wenn man die Hand an seinem Auge vorbeibewegte, die gleichseitige Pfote zu geben; jetzt kann man die Hand bewegen, soviel man will, die Pfote bleibt in Ruhe, bis man ‚Pfote‘ ruft, und der Art sind der Erscheinungen mehr“.

Während die Stelle des deutlichsten Sehens nach Exstirpation der Stelle A_1 dauernd blind bleiben soll, ist die Seelenblindheit nach Munk ein transitorisches Symptom. Binnen eines Zeitraumes von 3—5 Wochen lernt der Hund, „der durch den Eingriff in den Zustand der frühesten Jugend zurückversetzt worden ist“, wieder sehen; dabei ist es einigermaßen in die Hand des Experimentators gelegt, welche Gegenstände und wann der Hund wieder erkennen lernt; dies geschieht erst dann, wenn er sie nach der Operation wieder gesehen und zugleich in ihren sonstigen, nichtoptischen Eigenschaften wahrgenommen hat, indem er z. B. das Fleisch gekostet oder die Peitsche zu spüren bekommen hat. „Fährt man im Verlaufe der ersten Woche mehrmals mit dem Finger an oder in die Augen des Hundes, so tritt von der Zeit an regelmässig Blinzeln auf Näherung des Fingers ein; sonst kommt dieses Blinzeln ohne alles Zutun erst in der zweiten oder dritten Woche zur Beobachtung. Drückt man in der zweiten Woche ein brennendes Streichholz, nachdem man es vor die Augen gehalten, an die Nase des Hundes, so dass es ihn schmerzt, so weicht der Hund fernerhin stets mit dem Kopfe zurück, sobald er wieder das Feuer sieht; brennt man ihn ebenso erst in der fünften Woche, so hat ihn bis dahin das Feuer nicht geniert, und er erkennt es erst jetzt“¹⁾.

Diese Restitution kann angesichts der dauernden Blindheit der Stelle des deutlichsten Sehens nur durch Vermittlung der peripheren Netzhautteile und der ihnen entsprechenden erhaltenen Teile der Sehsphäre vor sich gehen. „In der Not richtet sich jetzt die Aufmerksamkeit des Hundes auf die Gesichtswahrnehmungen, welche mittelst anderer Stellen der Retinae zustande-

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. S. 93 u. 94. Berlin 1890.

kommen; der Hund fixiert nicht mehr, und bis dahin unbenutzte, ausserhalb der Stelle A_1 gelegene Vorstellungselemente liefern Anschauungsbilder von den neuen Gesichtswahrnehmungen und lassen Erinnerungsbilder von ihnen fortbestehen; so vollzieht sich mit der Zeit die Restitution von der Seelenblindheit, während die partielle Rindenblindheit unverändert für die Dauer sich erhält¹⁾.

Zur Erklärung dieser Tatsachen entwickelt Munk eine Auffassung von unabsehbarer Tragweite; sie besagt nichts weniger, als dass in der Rinde zweierlei verschieden geartete Elemente vorhanden sind, von denen die einen der optischen Wahrnehmung, die anderen der Vorstellung dienen, welche dadurch entstehen soll, dass die in letzteren aufbewahrten Erinnerungsbilder früherer optischer Eindrücke entweder von der Peripherie durch Vermittlung des Opticus oder auf assoziativem Wege von der übrigen Hirnrinde aus geweckt werden.

Diese nach dem Ausdruck von Loeb „metaphysiologische“ Theorie, welche für die schwierigsten Grenzprobleme der Physiologie und Psychologie eine relativ einfache Erklärung zu geben schien, hat grossen Anklang gefunden; nach Wernicke gehören die Munkschen Angaben über die Lokalisation der optischen Erinnerungsbilder in der Stelle A_1 zu „den fundamentalen Tatsachen, die zu der jetzt bis ins einzelne ausgebauten Lehre von den lokalisierten Erinnerungsbildern geführt haben“.

Die spätere Forschung hat diese ganze Lehre in keiner Weise bestätigt; vielmehr ist sie sowohl bezüglich ihrer tatsächlichen Voraussetzungen wie der darauf gebauten Theorie ziemlich einmütig bestritten und abgelehnt worden.

Wohl hatte Goltz²⁾ (1876) schon vor Munk als „Hirnsehschwäche“ Erscheinungen beschrieben, die nach ausgedehnten Grosshirnverstümmelungen ohne bestimmte Lokalisation eintraten und mit den Symptomen der Munkschen Seelenblindheit viel Ähnlichkeit hatten, indem die Hunde mit Hirnsehschwäche ebenfalls die Gegenstände sahen, aber nicht erkannten; es handelte sich dabei aber nicht um eine isolierte Störung, sondern um „allgemeine Wahrnehmungsschwäche“, die mit Störungen auf anderen

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. S. 100. Berlin 1890.

2) Goltz, Über die Verrichtungen des Grosshirns. Pflüger's Arch. 1876.

Sinnesgebieten und übrigens auch mit psychischen Störungen vergesellschaftet war. Ohne an diese Befunde weitgehende Hypothesen zu knüpfen, erklärte sie Goltz, soweit sie nicht durch allgemeine Demenz bedingt waren, durch einen „ausserordentlich geringen Farbensinn und auch einen sehr verschlechterten Ortssinn der Netzhaut“¹⁾.

Munk hatte ursprünglich die Symptome der Seelenblindheit nach Exstirpation der Stelle A_1 ganz selbständig beschrieben; erst ein Jahr später ergänzte er seine Angaben dahin, dass dabei auch eine dauernde Blindheit der Stelle des deutlichsten Sehens einstelle; darauf wies Mauthner²⁾ mit grossem Scharfsinn nach, dass die Erscheinungen der Seelenblindheit sich durch eine Blindheit der Macula restlos erklären lassen. Allein auch die Voraussetzung, auf die Mauthner seine Deduktion stützte, nämlich eine Vertretung der Stelle des deutlichsten Sehens in A_1 , wurde von späteren Autoren bestritten.

Zuerst hat Goltzs Schüler Loeb zur Feststellung der Beziehungen der Stelle A_1 zur Retina eine grössere Anzahl von Versuchen angestellt und hat nach Exstirpationen dieser Stelle weder von einer Rindenblindheit der Stelle des deutlichsten Sehens noch von den von Munk als Seelenblindheit beschriebenen Erscheinungen etwas auffinden können. „Wenn nach blosser einseitiger Wegnahme der Stelle A_1 eine Sehstörung erschien, so bestand dieselbe überhaupt nur in einer Hemiamblyopie, und die Differenzen beider Augen im Verständnis des Gesehenen waren einerseits völlig erklärlich aus der blossen Hemiamblyopie und verloren sich andererseits auch in gleichem Masse, wie die Hemiamblyopie wieder verschwand“³⁾. Auf Grund seiner Ergebnisse und einer Reihe von theoretischen Überlegungen kommt er daher zu einer strikten Negation einer besonderen Bedeutung der Stelle A_1 .

Eine gründliche allseitige Nachforschung hat der gesamten Munkschen Lehre über die Sehsphäre des Hundes Hitzig gewidmet; er hat seine Untersuchungsmethoden genau beschrieben und zahlreiche

1) Goltz, Über die Verrichtungen des Grosshirns. S. 175. Bonn 1881.

2) Mauthner, Über Seelenblindheit und Hemianopsie. Wiener med. Wochenschr. 1880.

3) Loeb, Über Sehstörungen nach Verletzungen der Grosshirnrinde. Pflüger's Arch. Bd. 40. S. 142. 1886.

Protokolle aus seiner vieljährigen Arbeit veröffentlicht; dadurch hat er sich zwar manche Blösse gegeben, aber anderseits für die Gründlichkeit und Objektivität seiner Forschung ein dauerndes Dokument geschaffen. Bezüglich der Stelle A_1 kommt auch Hitzig zu einer völligen Verneinung der Munkschen Ansichten. Aus seinen Versuchen geht hervor, „dass der Hund der Stelle A_1 beraubt werden kann, ohne dass daraus notwendig eine nachweisbare Einbusse an seinem Sehvermögen, insbesondere an dem Sehvermögen der Stelle des deutlichsten Sehens folgen müsste. Diese Stelle kann deshalb der Rinde der Stelle A_1 unmöglich koordiniert sein, ja, sie muss, wenn sie überhaupt zum Sehakt in Beziehung steht, durch andere kortikale Gebiete vollkommen vertretbar sein“¹⁾.

Die Erscheinungen, auf denen Munk seine Theorie der Seelenblindheit aufgebaut hat (Ausbleiben der adäquaten Reaktionen beim Anblick der Peitsche, bei Annäherung des Feuers, Fehlen des Blinzeln bei Drohbewegungen etc.), hat Hitzig einer scharfsinnigen, detaillierten Kritik unterzogen und deren Unverwertbarkeit für die Munksche Auffassung betont: „keinerlei Anzeichen bestehen dafür, dass diese Veränderung des Sehakts beim Hunde, wenn und solange sie nachweisbar ist, in ‚Seelenblindheit‘, also in einem Verlust der Erinnerungsbilder der Gesichtsfeldobjekte bestehe, oder dass die Restitution durch Wiedererwerb verloren gegangener Gesichtsvorstellungen bedingt und durch das Eingreifen des Experimentators zu vermitteln sei. Vielmehr lassen sich alle zu beobachtenden Erscheinungen, insoweit sie mit dem Sehakt zusammenhängen, durch eine Herabsetzung der Lichtempfindlichkeit, des Farbensinnes und des Ortssinnes der Sehorgane erklären“. Es beruhen also diese Erscheinungen nach Hitzig nicht auf einem Verlust von lokal deponierten optischen Erinnerungsbildern, sondern im wesentlichen auf einer Störung der primären rein perzeptiven Komponente des Sehens.

Auch v. Monakow will die Munksche Erklärung der Seelenblindheit (Verlust von lokal deponierten optischen Erinnerungsbildern) nicht gelten lassen, glaubt aber, dass bei Operationen im Bereich des Occipitallappens eine Störung in der höheren Verarbeitung und

1) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl. II S. 394. Berlin 1904.

Verwertung der Eindrücke und vor allem der Orientierung insofern eintreten kann, als, wie die anatomische Untersuchung zeigt, dabei ein mächtiger Faserausfall in den verschiedenen Assoziationsfasersystemen (Balken, fasc. long. sup., cingulum) stattfindet. „Durch diese Folgen dokumentiert sich eine Sehsphärenabtragung also nicht nur als eine Abtrennung des Grosshirns von der Retina, sondern auch als eine Unterbrechung der Verbindungen mancher Rindengebiete untereinander“¹⁾.

Der grossen Autorität Munks und dem nachhaltigen Einfluss, den er auf die physiologische Literatur ausgeübt hat, ist man es schuldig, seine Angaben durch eigene Experimente nachzuprüfen, wenn man sich darüber äussern will; und so habe ich selbst in einer Anzahl von Fällen ein- und doppelseitige Exstirpationen der Stelle A_1 ausgeführt.

Beobachtung 2a.

24. Juli 1909. Sekundäre linksseitige Exstirpation der Stelle A_1 . (Primäre Operation am 29. Juni: Exstirpation der Extremitätenregion links (s. Beobachtung 2, Photogr. s. Fig. 4, S. 190).

Sehen: am linken Auge Amblyopie in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes bis zum dritten Tage nach der Operation, von da an normal.

Stelle des dir. Sehens: vom dritten Tage an beiderseits vollkommen frei.

Optische Reflexe: rechts herabgesetzt bis zum 2. August.

Identifikation von Objekten: ohne Störung (Fleisch, Futternapf, Zucker, Peitsche, Feuer lösen schon vom erstenmal die üblichen Reaktionen aus).

Sektion am 25. August: die hintere Läsion entspricht der Munk'schen Stelle A_1 . Die Umgebung ist makroskopisch intakt.

Beobachtung 8.

28. Juli 1909. Linksseitige Exstirpation der Stelle A_1 .

Sehen: beiderseits ohne Störung.

Stelle des dir. Sehens: beiderseits frei.

Optische Reflexe: beiderseits lebhaft. Keine Differenz zwischen rechts und links.

Identifikation von Objekten: Fleischstücke werden prompt erkannt, und der Hund schnappt lebhaft zu. Eine Schüssel mit Wasser wird auf dem Boden sofort bemerkt, und der Hund trinkt daraus. Zündholzprobe (Annäherung eines brennenden Zündholzes an das Auge): lebhaft Abwendebewegungen des Kopfes und des ganzen Körpers; Äusserungen der Angst,

1) v. Monakow, Gehirnpathologie Bd. 1 S. 309. Wien 1905.

rechts und links. Auf das Schwingen der Peitsche reagiert der Hund weder links noch rechts.

6. August. Es hat bei einem Bade eine Infektion der Wunde stattgefunden, aus welcher sich jetzt eine grössere Menge eitrig-blutiger Flüssigkeit auf Druck entleert. Sehen: rechts Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes.

7. August. Exitus.

Sektion: Die Eiterung hat den ganzen linken Occipitallappen ergriffen, so dass die Grenzen der Operation nicht festgestellt werden können.

Beobachtung 9.

29. Oktober 1909. Doppelseitige Exstirpation der Stelle A_1 .
Optische Reflexe: links herabgesetzt bis zum 8. November.

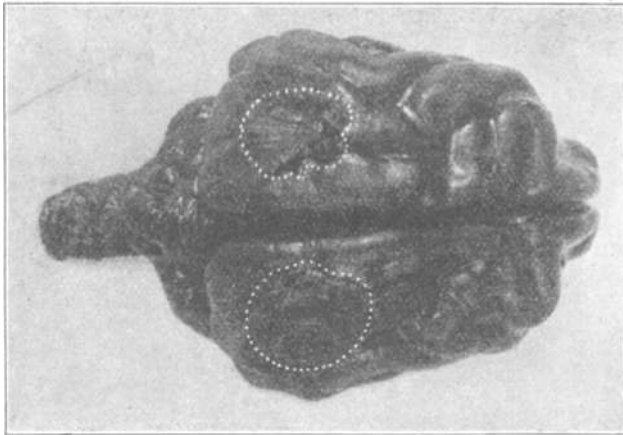


Fig. 8.

Sehen: Amblyopie in den oberen Hälften und unteren äusseren Quadranten des Gesichtsfeldes an beiden Augen, bis zum achten Tag nachweisbar; allmähliche Besserung bis zur völligen Restitution.

Stelle des dir. Sehens: beiderseits vollkommen frei.

Identifikation ohne Störung: Fleischstücke, Peitsche, brennendes Zündholz, Wassernapf lösen vom erstenmal und ohne anderweitige (nicht-optische) Einwirkung die üblichen Reaktionen aus. Treppensteigen normal.

Sektion: Der Hund wird am 23. November getötet. Die Operation ist richtig ausgeführt. Die Grenzen des Defekts entsprechen beiderseits der Munkschen Stelle A_1 , nur lateral reichen sie etwas weiter, in dem hier der Sulcus suprasylv. beiderseits erreicht wird.

Beobachtung 10.

20. November 1909. Doppelseitige Exstirpation der Stelle A_1 .
Optische Reflexe: ohne Störung, rechts = links.

Sehen: leichte Amblyopie im unteren inneren Drittel des Gesichtsfeldes an beiden Augen, bis zum vierten Tage nach der Operation nachweisbar, später beiderseits vollkommen frei.

Stelle des dir. Sehens: an beiden Augen leicht amblyopisch bis zum vierten Tag; später frei.

Identifikation ohne die geringste Störung. (Fleisch, Wassernapf, Peitsche, brennendes Zündholz, Treppe; Reichen der Pfote auf eine entsprechende Handbewegung).

Der Hund wird am 23. Dezember getötet.

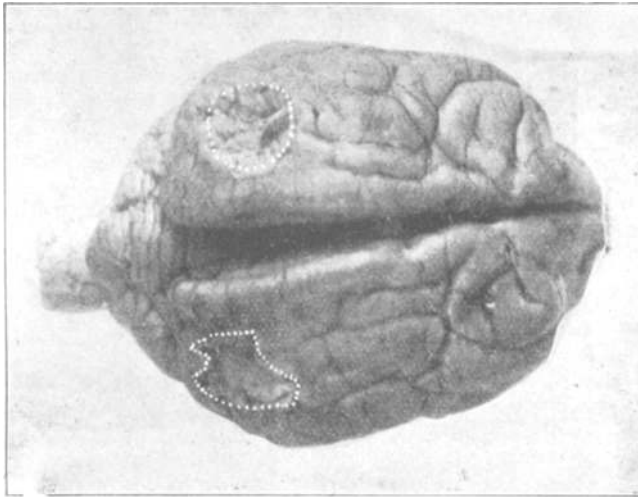


Fig. 9.

Sektion: Die beiden Defekte liegen symmetrisch und entsprechen der Munkschen Stelle A_1 . Grenzen derselben: rechts: vordere Grenze 2,0 von der hinteren Kante, hintere Grenze 0,6 von der hinteren Kante, mediale Grenze 0,5 von der medialen Kante, laterale Grenze bis zum horizontalen Ast des Sulc. suprasylv.; links: vordere Grenze 2,0 von der hinteren Kante, hintere Grenze 0,7 von der hinteren Kante, mediale Grenze 0,5 von der medialen Kante, laterale Grenze nicht ganz bis zum horizontalen Ast des Sulc. suprasylv.

Beobachtung 11.

24. November 1909. Doppelseitige Exstirpation der Stelle A_1 .

Optische Reflexe: beiderseits herabgesetzt bis zum 29. November.

Sehen: beiderseits ohne Störung.

Stelle des dir. Sehens: beiderseits von Anfang an frei.

Identifikation ohne die geringste Störung.

Der Hund wird am 5. Januar 1910 getötet.

Sektion: Die Grenzen der Defekte gehen beiderseits scharf in die gesunde Umgebung über. Die Defekte liegen symmetrisch und entsprechen nach Lage und Grösse der Munkschen Stelle A_1 .

Grenzen derselben; rechts: vordere Grenze 2,0 von der hinteren Kante, hintere Grenze 0,5 von der hinteren Kante, mediale Grenze 0,5 von der medialen Kante, laterale Grenze 0,3 vom horizontalen Ast des Sulc. suprasylv.; **links:** vordere Grenze 2,0 von der hinteren Kante, hintere Grenze 0,6 von der hinteren Kante, mediale Grenze 0,4 von der medialen Kante, laterale Grenze 0,3 über dem horizontalen Ast des Sulc. suprasylv.

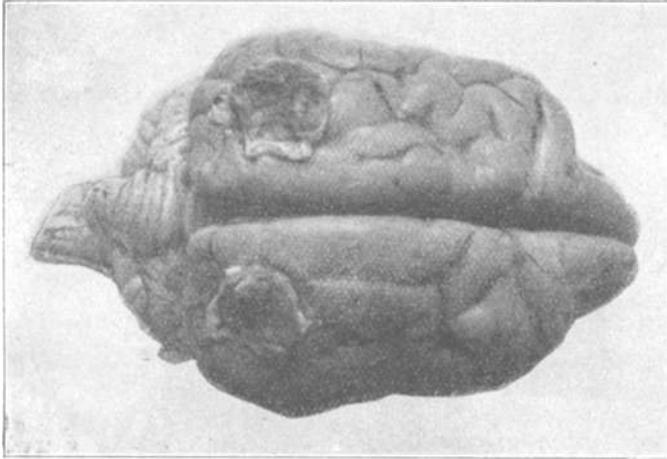


Fig. 10.

Beobachtung 12.

1. Dezember 1909. Doppelseitige Exstirpation der Stelle A_1 .

Optische Reflexe: beiderseits bis zum 10. Dezember herabgesetzt.

Sehen: am 3. Dezember Blindheit in den oberen Gesichtsfeldhälften beider Augen, dann allmähliche Aufhellung; am 20. Dezember ist die Amblyopie nur unbedeutend, am 29. Dezember, also 4 Wochen nach der Operation, überhaupt nicht mehr nachweisbar. In den ersten Tagen nach der Operation besteht auch beiderseits eine leichte Amblyopie in den unteren äusseren Quadranten des Gesichtsfeldes.

Stelle des dir. Sehens: links von Anfang an frei, rechts die ersten 9 Tage amblyopisch, dann normal.

Identifikation: ungestört, wenn sich die verschiedenen Objekte in den erhaltenen unteren Gesichtsfeldpartien befinden. Gegenständen, die sich auf dem Boden befinden, weicht der Hund aus, erkennt den Futternapf, steckt sofort die Schnauze hinein und beleckt ihn eifrig. (Der Futternapf war leer und sorgfältig ausgewaschen, so dass der Hund nicht durch den Geruch geleitet werden konnte.) Die Treppe läuft er spontan hinauf und hinunter, etwas langsam, aber sonst ohne auffällige Störungen. Vor der Peitsche bleibt die Reaktion aus, wenn man mit ihr über den Augen manipuliert; kommt man dagegen mit der Peitsche von unten, so scheut der Hund zusammen und erhebt die Pfote, als ob er um Gnade

bitten wollte (er ist kein einziges Mal mit der Peitsche geschlagen worden). Beim Annähern eines brennenden Zündholzes streicht er mit den Pfoten über die Augen (wie vor der Operation).

Sektion: Grenzen der Defekte: rechts: vordere Grenze 1,8 von der hinteren Kante, hintere Grenze 0,5 von der hinteren Kante, mediale Grenze 0,5 von der medialen Kante, laterale Grenze nicht ganz bis zum horizontalen Ast des Sulc. suprasylv.; links: hintere Grenze 0,2 von der hinteren Kante, vordere Grenze 2,0 von der hinteren Kante, mediale Grenze bis zur Mitte der ersten Windung, laterale Grenze nicht ganz bis zum horizontalen Ast des Sulc. suprasylv.

Der linksseitige Defekt erstreckt sich zu weit nach hinten, schliesst aber die ganze Stelle A_1 in sich; der rechtsseitige Defekt entspricht der Stelle A_1 .

(Siehe Tabelle II auf S. 209.)

Zusammenfassung.

1. Sehen. Eine dauernde Sehstörung hat in keinem der sechs beschriebenen Fälle bestanden; in zwei Fällen war von Anfang an keinerlei Sehstörung nachweisbar (Beob. 8 und 11); in drei anderen nur rasch abklingende Störungen, und zwar in Beobachtung 2a eine Amblyopie am gekreuzten Auge, in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes, in Beobachtung 10 eine Amblyopie in den unteren inneren Dritteln des Gesichtsfeldes, in Beobachtung 9 in den oberen Gesichtsfeldhälften; in den ersten zwei Fällen war die Sehstörung nur bis zum dritten, im letzten bis zum sechsten Tage nach der Operation nachweisbar; dass es sich bei so kurzdauernden Symptomen nicht um eigentliche Ausfallserscheinungen, sondern um Nachbarschaftssymptome (bedingt durch vorübergehende Schädigung der die Operationsstelle umgebenden Rindenteile) handelt, darüber kann wohl kein Zweifel bestehen¹⁾, nur in einem Fall (Beob. 12) hielt die Sehstörung (Amblyopie in den oberen Gesichtsfeldhälften beider Augen) länger an, nämlich vier Wochen. Wenn ich diese Beobachtung ausschalte, so bleiben von sechs Fällen (davon vier doppelseitig operierte) fünf übrig, wo, abgesehen von den ersten Tagen nach der Operation, keinerlei Sehstörung nachweisbar war. Man kann danach behaupten, dass die exstirpierte Rindenpartie (die Stelle A_1 von Munk), wenn sie über-

1) Munk hat seine Schilderungen mit dem dritten bis fünften Tage nach der Operation begonnen, weil „die Vernachlässigung der ersten Tage bei so starker Narkotisierung und bei so grossen Verletzungen . . . selbstverständlich war“.

Tabelle II.
Exstirpationen der Stelle A_1 .

Nummer der Beobachtung	Art der Operation	Optische Reflexe	Sehen	Stelle des direkten Sehens	Identifikation	Sektion
2 a.	Sekundäre linksseitige Exstirpation der Stelle A_1	rechts 9 Tage herabgesetzt	rechts Amblyopie in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes bis zum dritten Tage, dann normal	rechts bis zum dritten Tage amblyopisch, später frei	ohne Störung	der Defekt entspricht der Stelle A_1
8.	linkss. Exstirpation der Stelle A_1	ohne Störung, rechts = links	ohne Störung	beiderseits frei	do.	—
9.	doppelseitige Exstirpation der Stelle A_1	links 10 Tage herabgesetzt	Amblyopie in der oberen Hälfte und dem unteren äusseren Quadranten beider Augen, Dauer 6 Tage	do.	do.	der Defekt entspricht beiders. der Stelle A_1
10.	do.	ohne Störung, rechts = links	leichte Amblyopie in den unteren inneren Dritteln des Gesichtsfeldes, Dauer 3 Tage	beiderseits bis zum vierten Tag leicht amblyopisch, dann frei	do.	do.
11.	do.	beiderseits fünf Tage herabgesetzt	ohne Störung	beiderseits frei	do.	do.
12.	do.	beiderseits zehn Tage herabgesetzt	Blindheit, dann Amblyopie in den oberen Gesichtsfeldhälften beider Augen, Dauer 4 Wochen; in den ersten Tagen nach der Operation beiderseits auch leichte Amblyopie in den unt. äusseren Quadranten d. Gesichtsfeldes	links von Anfang an frei, rechts die ersten 9 Tage amblyopisch, dann frei	ohne Störung, wenn sich die vorgeführten Objekte in den gut funktionierenden Gesichtsfeldpartien befinden	links reicht d. Defekt zu weit nach hinten, schliesst aber die ganze Stelle A_1 in sich, rechts entspricht der Defekt der Stelle A_1

haupt zur Sehsphäre gehört, mit dieser jedenfalls in losem Zusammenhang steht.

2. Die Stelle des direkten Sehens. Nach den Untersuchungen von Grossmann und Mayerhausen¹⁾ bildet die Gesichtslinie mit der Augenachse beim Hunde einen Winkel von 26° (dies kann selbstverständlich nur für gewisse Rassen zutreffen); die approximative Richtigkeit dieser Bestimmung geht daraus hervor, dass, wenn man am enucleierten Auge in das Zentrum der Cornea zwei Nadeln einsticht, und zwar die eine senkrecht zur Tangentialebene der Hornhaut (entsprechend der Richtung der Augenachse), die andere unter einem Winkel von ca. 26° zur ersten (entsprechend der Gesichtslinie), man an der Netzhaut eine Stelle trifft, die sich ungefähr in der Mitte der Höhe des Tapetums befindet; und gerade an dieser Stelle liegt die Area centralis des Hundes. Dieselbe befindet sich nach Zürn²⁾ 4—5 mm lateral und ein wenig nach oben von der Mitte der Papille, etwa in einer Horizontale mit dem oberen Rand derselben; sie hat einen Durchmesser von 1,6 mm, ist durch eine Mehrfachsichtung der Ganglienzellen charakterisiert und hat nur bei besonders scharfsichtigen Hunderassen (Rattler, Jagdhund, Windhund) ein der menschlichen Fovea externa entsprechendes stäbchenfreies Gebiet.

Wenn es danach richtig ist, dass die Augenachse mit der Gesichtslinie einen Winkel von ca. 26° bildet, so gibt es ein relativ einfaches Mittel, um die Stelle des direkten Sehens mit Hilfe des Stossversuchs bei jeder beliebigen Stellung des Auges zu treffen. Bei guter Beleuchtung gelingt es dem Beobachter leicht, sein eigenes Bild auf der Cornea des Hundes zu sehen. Wenn dasselbe genau und symmetrisch auf der Mitte der Hornhaut entworfen wird (so dass die Mitte des Bildes mit dem Zentrum der Cornea zusammenfällt), und das ist durch Kopfbewegungen des Untersuchers leicht zu erreichen, so kann letzterer annehmen, dass die sagittale Mittelebene seines Kopfes die Achse des beobachteten Auges in sich schliesst; nun muss er die Pinzette mit einem kleinen Fleisch- oder

1) Grossmann und Mayerhausen, Beitrag zur Lehre vom Gesichtsfeld bei Säugetieren. Arch. f. Ophthalm. Bd. 23. 1877.

2) Zürn, Vergleichend-histologische Untersuchungen über die Retina und die Area centralis retinae der Haussäugetiere. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1902. Anat. Abt.

Zuckerstück so gegen das Zentrum der Hornhaut stossen, dass die Stosslinie die Verlängerung der sagittalen Mittelebene des Kopfes im Zentrum der Cornea trifft und mit ihr einen Winkel von 25 bis 30° bildet. Nachdem man einigemal mit Hilfe des Winkelmessers bestimmt hat, wie man den Stoss führen muss, um diese Bedingungen zu erfüllen, kann man den Winkel nach dem Augenmass abschätzen und muss nun seinen eigenen Kopf so halten, dass das Gesichtsbild symmetrisch auf der Mitte der Hornhaut entworfen wird. Bei einiger Übung ist diese Methode leicht ausführbar, und ich habe sie zur Kontrolle gelegentlich benutzt; im allgemeinen genügt es aber, wenn man den Stoss von vorn, zugleich etwas von unten und von der Nasenseite gegen das Zentrum der Cornea ausführt.

Von den mitgeteilten sechs Fällen war die Stelle des direkten Sehens in drei Fällen von Anfang an frei (Beob. 8, 9 und 11); in zwei Fällen (Beob. 2a und 10) bestand eine ein- oder doppel-seitige Amblyopie derselben bis zum dritten resp. vierten Tage nach der Operation. Und nur in einem Fall (Beob. 12) war die Stelle des direkten Sehens rechts bis zum neunten Tag nach der Operation amblyopisch. Von einer dauernden Blindheit oder nur Amblyopie der Stelle des direkten Sehens war danach in keinem einzigen Falle die Rede, und in fünf Fällen von sechs war dieselbe von Anfang an oder spätestens vier Tage nach der Operation vollkommen frei. Danach besteht keinerlei Beziehung zwischen der Stelle des direkten Sehens in der Retina und der Stelle A_1 in der Rinde des Occipital-lappens.

3. Die Identifikation von Objekten. Sämtliche Hunde wurden vor der Operation einigemal vorgeprüft, und ihre Reaktionsweise auf verschiedene, mehr oder weniger geläufige Objekte festgestellt. Als solche benutzte ich hauptsächlich die Peitsche, den Wassernapf, das brennende Zündholz, Fleisch- und Zuckerstücke; wenn die Hunde von früherher dazu erzogen waren, wurden sie durch eine entsprechende Handbewegung veranlasst, die Pfote zu reichen. Jeder nicht-optische Reiz wurde bei diesen Prüfungen vermieden: so wurde die Peitsche möglichst geräuschlos geschwungen, die zum Reichen der Pfote einladende Bewegung von keinem Laut begleitet, der geruchlose Wassernapf dem Futternapf vorgezogen etc. Die erste Prüfung wurde am zweiten Tag nach der Operation vor-

genommen, wobei die Hunde in der Zwischenzeit in einem ganz dunklen Kasten blieben und kein Futter bekamen; dadurch sollte entsprechend der Auffassung Munks jeder Neuerwerb von verloren gegangenen optischen Vorstellungen ausgeschlossen werden. Bei einseitigen Operationen wurde das gleichseitige Auge vor der Prüfung zugebunden.

In keinem einzigen Falle habe ich Erscheinungen im Sinne der Munkschen Seelenblindheit beobachtet. Die Hunde reagierten nach der Operation ebenso lebhaft und in gleicher Weise wie vor derselben; sie bemerkten sofort den am Boden stehenden Wassernapf und tranken daraus, sie zuckten lebhaft zusammen und ergriffen die Flucht beim Schwingen der Peitsche, sie wendeten sich ängstlich ab oder fuhren mit den Pfoten über die Augen beim Annähern eines brennenden Zündholzes, sie ergriffen sofort das vorgehaltene Fleisch- oder Zuckerstück, sie liefen die Treppe hinauf und hinunter wie normale Hunde. Besonders lehrreich war Beobachtung 12, wo die adäquaten Reaktionen ausblieben, solange man in amblyopischen Gesichtsfeldpartien manipulierte, und beim Übergang in normal funktionierende sofort eintraten.

Diese Beobachtungen zeigen, dass die Identifikation von optischen Eindrücken nach ein- und doppelseitigen Exstirpationen der Stelle A_1 völlig normal vonstatten geht. Der Hund sieht und erkennt wie vor der Operation.

4. Die optischen Reflexe. Der Blinzelreflex auf Annäherung der Hand war in zwei Fällen (Beob. 8 und 10) ohne Störung, in vier Fällen (Beob. 2a, 9, 11 und 12) vorübergehend herabgesetzt. In einem Fall restituierten sich die optischen Reflexe früher als die Sehstörung (Beob. 12); in drei Fällen (Beob. 2a, 9 und 11) hatte die Störung der optischen Reflexe eine längere Dauer als die Sehstörung. Ich habe im vorigen Kapitel bereits nachzuweisen gesucht, dass es unzulässig ist, von dem Nachweis einer Störung der optischen Reflexe auf das Vorhandensein einer Sehstörung zu schliessen; noch weniger kann man daraus irgendwelche Schlüsse bezüglich der Identifikation ziehen. Dass es sich bei diesen Störungen keineswegs um Erscheinungen im Sinne der Munkschen Seelenblindheit handelt, geht schon daraus hervor, dass es unmöglich ist, den Dekursus der Restitution dieser Störung irgendwie zu beeinflussen, wie das Munk behauptet hatte. Man kann mit der Hand

in das Auge des Hundes hineinfahren, soviel man will, der Reflex bleibt wie er war; und wenn er sogar danach gelegentlich etwas lebhafter wird, so hält diese Veränderung nur wenig an; schon nach kurzer Zeit ist der Blinzelreflex ebenso träge wie vorher.

In den Fällen, wo eine vorübergehende Störung des Blinzelreflexes ohne Sehstörung besteht, dürfte es sich um eine motorische Störung handeln; durch die Operation kann entweder der kortikale Übertragungsapparat von der Sehsphäre zur motorischen Region geschädigt werden oder, und das halte ich für wahrscheinlicher, ein Zentrum für den Blinzelreflex im Occipitallappen selbst. Das Vorhandensein eines derartigen Zentrums wird von Ziehen¹⁾ angenommen, der der Vertretung des Orbicularis oculi im Cortex bei verschiedenen Säugetieren ein eingehendes Studium gewidmet hat; er hält es für wahrscheinlich, dass „beim Hunde der Orbicularis oculi nicht nur in der motorischen Region s. str. an der angegebenen Stelle, sondern auch in der Sehsphäre vertreten ist“.

Aus dem Vorgetragenen scheint mir mit Sicherheit hervorzugehen, dass die Stelle A_1 von Munk weder als Sitz einer kortikalen Vertretung der Stelle des direkten Sehens noch als Stätte von lokal deponierten optischen Erinnerungsbildern anzusehen ist; nach ein- oder doppelseitiger Exstirpation dieser Stelle treten keinerlei Störungen der Identifikation und entweder gar keine oder nur leichte vorübergehende Sehstörungen ein; ich schliesse daraus, dass die Stelle A_1 überhaupt nicht zur Sehsphäre, wenigstens in engerem Sinne, gehört.

Wenn man experimentelle Feststellungen und eine darauf begründete Theorie bestreitet, genügt es nicht, ihnen eigene Ergebnisse entgegenzuhalten, sondern man ist auch verpflichtet, auf Grund der gewonnenen Sachkenntnis die Fehlerquellen, die den Anlass zu den bestrittenen Behauptungen gegeben haben können, nach Möglichkeit aufzudecken und so die Entstehung der abweichenden Befunde zu

1) Ziehen, Ein Beitrag zur Lehre von den Beziehungen zwischen Lage und Funktion im Bereich der motorischen Region der Grosshirnrinde mit spezieller Rücksicht auf das Rindenfeld des Orbicularis oculi. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1899. Physiol. Abt.

erklären. Wie verhält es sich zunächst mit den zentralen Skotomen, die Munk bei seinen Hunden beobachtet hat? Ich werde später den Nachweis zu liefern suchen, dass die eigentliche Sehsphäre sich hauptsächlich an der medialen und cerebellaren Fläche des Occipital-lappens befindet, und dass nach Operationen an der zweiten Urvindung der Konvexität desselben (in deren Bereich der grösste Teil der Stelle A_1 liegt) dauernde Sehstörungen nur dann eintreten, wenn durch tiefergreifende Läsionen die Sehstrahlung getroffen wird; deshalb nehme ich an, dass auch bei den der Stelle A_1 beraubten Hunden von Munk, insofern sie dauernde Sehstörungen boten, die Sehstrahlung mehr oder weniger erheblich lädiert war.

Ausser dauernden zentralen Skotomen treten nach Munk nach Exstirpationen der Stelle A_1 Störungen der Identifikation von gesehenen Objekten ein. Demgegenüber möchte ich zunächst betonen, dass die Beurteilung derartiger Störungen beim Hund ausserordentlich schwierig ist. Ganz normale Hunde stehen oft in der psychischen Verwertung von optischen Eindrücken auf einer sehr niedrigen Stufe, wie ja überhaupt der Hund (wenigstens die beim Experiment benutzten Rassen) ein Riech- und Hör-, und kein Sehtier ist. Hat man einem Hunde Fleisch gereicht, so schnappt er, wenn er gierig ist, nach jedem Gegenstand, der nun in seinem Gesichtsfeld erscheint (Kork, Watte, Finger, leere Pinzette etc.); wird er dabei durch trübe Erfahrungen misstrauisch, so sucht er sich damit zu helfen, dass er jeden Gegenstand vor dem Zuschnappen beschnüffelt; dass er sich zur Vergewisserung seines Gesichtssinnes bediente, z. B. den vorgeführten Gegenstand näher betrachtete, habe ich nie beobachtet. Auf ein brennendes Zündholz reagieren normale Hunde oft entweder gar nicht oder in der absurdesten Weise, indem sie dasselbe zu verschlucken suchen oder die Pfoten direkt in das Feuer stecken; sengt man sie an der Nase an, so wenden sie sich von nun an lebhaft ab. Selbst das Schwingen der Peitsche macht oft keinen Eindruck, namentlich wenn der Hund längere Zeit nicht geschlagen worden ist, und das dürfte in physiologischen Laboratorien meistens der Fall sein; wenn man ihm nun einen Schlag versetzt und von neuem mit der Peitsche droht, so kommt es oft vor, dass der früher ganz gleichgültige Hund mit einemmal lebhaft reagiert, ängstlich zusammenzuckt und die Flucht ergreift; in diesem Sinne mag Munk recht haben, dass es einigermassen in die Hand des Experimentators gelegt ist, wann der Hund auf verschiedene optische

Eindrücke zu reagieren beginnt. Derartige Erscheinungen findet man aber auch an ganz normalen Hunden; sie brauchen durchaus nicht auf einem Verlust und Neuerwerb von optischen Vorstellungen zu beruhen, wie das der Munkschen Auffassung entspricht. Bei den Munkschen Fällen kommt aber die normale optische Unintelligenz des Hundes für die Erklärung der von ihm beobachteten Erscheinungen nicht in erster Linie in Betracht: seine der Stelle A_1 beraubten Hunde hatten ja zentrale Skotome, so dass sie die vorgeführten Objekte überhaupt nur lichtschwach und undeutlich wahrnehmen konnten; dass auch Menschen mit zentralen Skotomen, wo von einem Verlust von optischen Vorstellungen nicht die Rede sein kann, die Gegenstände anders erscheinen, und die geläufigsten Objekte von ihnen oft nicht identifiziert werden können, darauf hat schon Mauthner¹⁾ in seiner Kritik der Munkschen Theorie der Seelenblindheit hingewiesen; und das dürfte für den Hund um so eher zutreffen, als bei ihm schon normalerweise das Sehen im Vergleich zum Menschen eine untergeordnete Rolle spielt; ich stimme deshalb mit Mauthner darin überein, dass die von Munk beobachteten Störungen der Identifikation, so weit sie nicht auf einer normalen optischen Unintelligenz des Hundes beruhen, sich durch das Vorhandensein von zentralen Skotomen und die Undeutlichkeit der von der Netzhautperipherie vermittelten optischen Eindrücke hinreichend erklären lassen; und da diese Störungen sich rasch zurückgebildet haben, kann ich die Vermutung nicht unterdrücken, dass die zentralen Skotome, wenigstens in einem Teil der Fälle, keine dauernden gewesen sind.

Der Kern der von Munk entwickelten Theorie besteht darin, dass in der Rinde zweierlei verschieden geartete Elemente, Wahrnehmungs- und Vorstellungselemente vorhanden sind, dass ferner die Vorstellungselemente zwar über die ganze Sehsphäre verteilt sind, aber nur diejenigen, „welche an der Stelle A_1 gelegen und mit den wahrnehmenden Elementen dieser Stelle in engerer Verbindung sind“, unter normalen Umständen auch wirklich zur Tätigkeit, d. h. zur Aufnahme von optischen Erinnerungsbildern herangezogen werden. In der ganzen übrigen Sehsphäre (und das ist

1) Mauthner, Über Seelenblindheit und Hemianopsie. Wiener med. Wochenschr. 1880.

der weitaus grösste Teil derselben) bleiben die Vorstellungselemente zeitlebens vollkommen funktionslos. Nur wenn das Tier durch eine Operation (Exstirpation der Stelle A_1) seine aktiven Vorstellungselemente verliert, tritt diese Reserve in Tätigkeit; die bis dahin völlig funktionslosen Elemente werden mit optischen Erinnerungsbildern besetzt und sind auch gleich imstande, die ihnen jetzt zugewiesene komplizierte Leistung zu vollbringen, obwohl sie vorher nicht die geringste Übung gehabt haben.

Eine derartige Auffassung widerspricht unserem allgemeinen physiologischen Denken: die Annahme von funktionslosen Elementen, die in der Natur niemals in Aktion zu treten haben (denn auf operative Schädigungen kann der Bau der Hirnrinde unmöglich angelegt sein), ist physiologisch unhaltbar, weil dies eine sinnlose Verschwendung bedeutet, und weil funktionslose Elemente der Atrophie verfallen.

In folgerichtiger Weiterentwicklung seiner Auffassung von optischen Erinnerungsbildern, die „in der Reihenfolge etwa, wie die Wahrnehmungen dem Bewusstsein zuströmen, gewissermassen von einem zentralen Punkte aus in immer grösserem Umkreise deponiert werden“, musste Munk annehmen, dass es für das einzelne Erinnerungsbild bloss einer kleinen Gruppe von Vorstellungselementen bedarf, und dass verschiedene Erinnerungsbilder an verschiedene solche Gruppen gebunden sind“. Nur so war es erklärlich, dass „nach Exstirpation der Stelle A_1 hin und wieder einmal, im ganzen sehr selten, ein einzelnes Erinnerungsbild erhalten gefunden wird, bei Fehlen der übrigen Erinnerungsbilder“, und dass Munk, „wenn bei Partialexstirpationen der Sehsphäre ein Teil der Stelle A_1 entfernt war, einen Teil der Erinnerungsbilder erhalten, ein anderen verloren“ gesehen hat¹⁾. Nun werden aber zeitlebens neue optische Erinnerungsbilder erworben, und es müssen nach dieser Auffassung für deren Aufnahme leere Elemente immer bereit stehen; wie die Vorstellungselemente des grössten Teils der Sehsphäre erst durch Exstirpation der Stelle A_1 aus ihrem Schlummer geweckt werden, so geschieht das hier zeitlebens mit kleinen Gruppen von Elementen. Wie finden sie aber die für sie bestimmten Gruppen von Vorstellungselementen, und ist das nicht wirklich „die oberflächlichste und platteste aller Vorstellungen, die schon daran

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitteil. S. 100. Berlin 1890.

scheitert, dass ja unmöglich für jede neue Art von Eindrücken eine Anzahl von Zellen bereitgestellt sein kann, die gewissermassen auf sie gewartet hätten, und falls es zu jener Wahrnehmung nicht gekommen wäre, dauernd ausser Gebrauch hätten bleiben müssen?“ [v. Kries]¹⁾.

Noch ein Punkt aus der Munkschen Theorie muss bei einer physiologischen Kritik derselben selbständig hervorgehoben werden. Ein Hund mit einseitiger Exstirpation der Stelle A_1 „erkennt mit dem gegenseitigen Auge nichts, und doch ist das äusserste Viertel der Retina dieses Auges gar nicht mit der verletzten Sehsphäre in Verbindung, sondern mit der unverletzten, welche im ungestörten Besitze aller ihrer Vorstellungselemente sich befindet“. Das ist nur so zu erklären, dass „die Vorstellungselemente der Stelle A_1 zu den verschiedenen wahrnehmenden Elementen, welche derselben Retina zugehören, in verschiedener Beziehung, und sogar zu vielen peripherischen unter diesen Elementen so gut wie in gar keiner Beziehung sind“²⁾. Danach sind die optischen Erinnerungsbilder in der Stelle A_1 nicht nur lokal deponiert, sondern sie können auch nicht von der übrigen Sehsphäre geweckt werden, wenigstens nicht von jenem Teil derselben, welcher dem lateralsten Netzhautviertel des gleichseitigen Auges entspricht. Alles, was mit Hilfe dieses und wohl auch anderer peripherer Netzhautteile unter normalen Umständen gesehen wird, ist danach für eine reproduktive Verwendung vollkommen wertlos; es werden bei peripherischem Sehen nur Wahrnehmungselemente in Tätigkeit gesetzt, die „sehr rasch nach der Erregung wieder in dem vollen alten Ruhezustand sich befinden,“ und keinerlei Spuren in den Vorstellungselementen des entsprechenden Teils der Sehsphäre hinterlassen (diese sind nach Munk normalerweise funktionslos); es werden dabei auch nicht die durch Vermittlung der Stelle des direkten Sehens erworbenen, in A_1 deponierten Erinnerungsbilder geweckt. Psychologisch ausgedrückt, vermittelt die Netzhautperipherie „reine“ Wahrnehmung, ohne Mitschwingen von Vorstellungskomponenten. Etwas Derartiges kommt aber in Wirklichkeit überhaupt nicht vor; mögen wir einen

1) v. Kries, Über die materiellen Grundlagen der Bewusstseinserscheinungen S. 43. 1901.

2) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitteil. S. 98. Berlin 1890.

roten Streifen mit der Macula oder mit der Netzhautperipherie, wie z. B. bei der Gesichtsfeldbestimmung, sehen, immer wird die Erinnerung an das früher gesehene Rot in unserem psychischen Erlebnis mitenthalten, wenn auch nicht deutlich unterscheidbar sein, wobei es sich zwischen der Macula und der Peripherie der Netzhaut bezüglich des Mitschwingens von Erinnerungselementen nur um quantitative Unterschiede handeln kann. Wie könnte man sonst einen Gegenstand einheitlich sehen und erfassen, der mit der Macula und der Netzhautperipherie zugleich gesehen wird? Wahrnehmung und Erinnerung können eben nur begrifflich getrennt werden, sind aber in jedem wirklichen Wahrnehmungsbestande aufs engste und festeste miteinander verknüpft, wenn wir auch nicht imstande sind, in ihm Gedächtniselemente von der gegenwärtigen sinnlichen Wahrnehmung unmittelbar zu unterscheiden.

Noch deutlicher tritt diese Schwierigkeit zutage, wenn man den Mechanismus der Restitution der Seelenblindheit nach Exstirpation der Stelle A_1 auf dem Boden der Munkschen Theorie zu begreifen sucht. Die bis dahin funktionslosen Vorstellungselemente werden jetzt, da der Hund ein dauerndes zentrales Skotom hat und gezwungen ist, seine Aufmerksamkeit den die Peripherie treffenden optischen Reizen zuzuwenden, mit optischen Erinnerungsbildern besetzt. Nun sind nach der Munkschen Auffassung normalerweise die durch Vermittlung der Macula erworbenen optischen Erinnerungsbilder zu vielen wahrnehmenden, der Netzhautperipherie zugeordneten Elementen der Hirnrinde so gut wie in gar keiner Beziehung; es ist deshalb nicht einzusehen, warum nach Exstirpation der Stelle A_1 die durch Vermittlung von peripheren Netzhautteilen erworbenen Erinnerungsbilder mit wahrnehmenden Elementen der Hirnrinde, welche anderen entfernt liegenden Netzhautteilen entsprechen, in Beziehung sein sollten; bei der Munkschen Projektionstheorie, wonach verschiedene Netzhautteile in verschiedenen Teilen der Sehsphäre fest vertreten sind, ist diese Schwierigkeit besonders gross. Eine Peitsche, welche z. B. von den oberen Netzhautteilen gesehen wurde, braucht nicht wieder erkannt zu werden, wenn sie sich auf unteren Netzhautteilen abbildet. Man müsste eigentlich folgern, dass bei der Restitution der Seelenblindheit bei Hunden mit dauerndem zentralem Skotom um jede Gruppe von wahrnehmenden Elementen der Sehsphäre ein besonderes Konglomerat von Vorstellungselementen für die Aufnahme von Erinnerungs-

bildern notwendig ist, dass mit anderen Worten die Erinnerungsbilder für verschiedene Teile der Netzhaut getrennt erworben werden, also wiederum eine Konsequenz, deren Unhaltbarkeit augenfällig ist.

Dass auch vom rein psychologischen Standpunkt diese Lehre unhaltbar ist, wird von Wundt energisch betont. Nach ihm „setzt diese Theorie, indem sie den Empfindungszellen die Vorstellungszellen gegenüberstellt, in welche aus jenen die Erregungen abfließen und in deponierte Erinnerungsbilder übergehen sollen, eine gänzlich unzulässige psychologische Unterscheidung in eine noch unzulässigere physiologische Hypothese um. Kein wirklicher psychologischer Beobachter wird heute [noch behaupten wollen, dass es empfindungslose Vorstellungen gebe, und dass die Empfindungen, die in unsere Vorstellungen eingehen, anders als allenfalls durch ihre Intensität, Dauer und fragmentarische Beschaffenheit von den durch äussere Sinnesreize erweckten Empfindungen verschieden seien. Diese der spiritualistischen Psychologie entnommene und dann in ein materialistisches Gewand gekleidete Unterscheidung steht in Wahrheit psychologisch auf gleicher Höhe mit der Wahrheit eines Philosophen, der heute noch den Sitz der Seele in die Zirbeldrüse verlegen wollte¹⁾“. Und wenn Ziehen, obwohl er davon überzeugt ist, dass vom psychologischen Standpunkt die Annahme von gesonderten Empfindungs- und Vorstellungselementen durchaus nicht notwendig ist, trotzdem seinen Betrachtungen die Anschauung zugrunde legt, dass Empfindung und Vorstellung an verschiedene Elemente der Hirnrinde geknüpft seien, „weil diese Anschauung unserem heutigen physiologischen und pathologischen Wissen besser zu entsprechen scheint²⁾“, so möchte ich demgegenüber betonen, dass, soweit die physiologische Lehre von der Seelenblindheit in Frage kommt, dies nicht zutreffen dürfte.

Ich habe im vorstehenden Kapitel nachzuweisen gesucht:

1. dass nach Exstirpationen der Stelle A_1 (so weit nicht tiefe Läsionen vorliegen), am gekreuzten Auge meistens gar keine, zuweilen leichte, vorübergehende Sehstörungen auftreten, die wohl auf

1) Wundt, Physiologische Psychologie. 4. Aufl. Bd. I. S. 295. 1902.

2) Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie.

- eine operative Schädigung der Umgebung zurückzuführen sind;
2. dass die Stelle A_1 weder als Sitz einer kortikalen Vertretung der Stelle des deutlichsten Sehens noch als Stätte von lokal deponierten optischen Erinnerungsbildern anzusehen ist;
 3. dass sie, wenigstens zum grössten Teil, überhaupt nicht zur Sehsphäre in engerem Sinne gehört, und
 4. dass die bekannte Theorie der Seelenblindheit physiologisch und psychologisch sowohl in ihrer allgemeinen Idee, wie namentlich in ihren Konsequenzen unhaltbar ist.

V. Exstirpationen der zweiten Windung (Gyr. ectolater. et suprasylv.) der Konvexität des Occipitallappens.

Nach den Ergebnissen des vorigen Kapitels wird es klar, warum über die Frage, ob eine Sehsphäre überhaupt existiert oder nicht, ein so langer und erbitterter Streit herrschen konnte. Indem Munk die Stelle A_1 gewissermassen als zentralen Punkt der Sehsphäre hinstellen suchte, dessen Exstirpation besonders charakteristische Ausfallerscheinungen herbeiführt, und alle Autoren, die seine Angaben nachprüften (Goltz, Loeb, Hitzig, Imamura), im Gegenteil fanden, dass nach Exstirpation der Stelle A_1 gar keine oder nur vorübergehende Sehstörungen eintreten, musste natürlich, wenn man noch den polemischen Eifer hinzurechnet, das ganze Gebäude der Sehsphäre ins Wanken geraten. So wird es erklärlich, wenn Goltz und Loeb ursprünglich behaupteten, dass Sehstörungen von allen Teilen der Konvexität auszulösen seien, und nur später zugaben, dass der Hinterhauptslappen besondere oder besonders nahe Beziehungen zum Sehakt besitze. Und wenn Hitzig, Imamura u. a. behaupteten, dass die Sehstörungen nach Exstirpationen im Bereich des Occipitallappens nicht wesentlich schwerer seien, als nach solchen im Bereich der motorischen Region, so trifft diese Behauptung, soweit die Stelle A_1 in Frage kommt, nach meinen Ergebnissen annähernd zu. Nur ist eine primäre Operation der motorischen Region dazu durchaus nicht notwendig; auch bei primären Operationen der Stelle A_1 brauchen keiner-

lei Sehstörungen aufzutreten. Wenn Hitzig gefunden hat, dass dies bei sekundären Exstirpationen der Stelle A_1 besonders oft der Fall sei, so liegt das wahrscheinlich daran, dass die Hunde, die schon nach der primären Operation auf ihr Sehen wiederholt untersucht worden waren, in dem Erspähen und Ergreifen der Nahrungsstücke eine gewisse Geschicklichkeit erworben hatten, so dass geringe Skotome und Amblyopien nach der sekundären Operation sich viel leichter dem Nachweis entziehen konnten. Man braucht deshalb nicht eine komplizierte Hypothese zu konstruieren und anzunehmen, „dass die Zustände, die Leitungsvorrichtungen der subcorticalen Zentren durch die vorgängige Operation in entsprechender Weise verändert worden sind“ [Hitzig]¹⁾.

Nachdem ich mich davon überzeugt hatte, dass der Stelle A_1 durchaus nicht die ihr von Munk zugeschriebene Bedeutung zukommt, und annehmen zu dürfen glaubte, dass diese, wenigstens zum grössten Teil, ausserhalb der eigentlichen Sehsphäre liegt, musste ich dem Einwand begegnen, dass möglicherweise nach Exstirpation derselben nur deshalb keine Sehstörungen eintreten, weil die Funktion dieses verhältnismässig kleinen Gebietes von der Umgebung vikariierend übernommen wird, so dass der eigentliche Funktionsausfall gar nicht oder höchstens in den ersten Tagen nach der Operation zum Vorschein kommt. Um dies zu entscheiden, war es geboten, das ganze weitere Gebiet, zu dem die Stelle A_1 gehört, also hauptsächlich die durch den Sulcus ectolateralis (el) in zwei Partien (Gyrus ectolateralis El und suprasylvius Ss) getrennte zweite Urwindung an der Konvexität des Occipitallappens in grösserer sagittaler Ausdehnung zu exstirpieren. Der kaudale Teil der zweiten Urwindung gehört bekanntlich zur Munkschen Sehsphäre, deren laterale Partie er bildet. Vom horizontalen Ast der dritten Urwindung (Gyrus ectosylvius medius Esm) hat Munk einen dreieckigen Zipfel, der von der vorderen und lateralen Grenze seiner Sehsphäre von der dritten Windung abgeschnitten wird, ursprünglich mit zur Sehsphäre gerechnet (s. Fig. 7), später aber auf Grund von elektrischen Reizversuchen erklärt, dass dieser Rindenteil von der Sehsphäre ausgeschieden werden müsse, und „dass nur für die Total-

1) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl. S. 592. Berlin 1904.

einen Teil des horizontalen Astes des Gyrus ectosylvius mitentfernt habe, so geschah das aus dem hier von Munk angeführten Grunde, d. h. um die Rinde, die die Tiefe des Sulcus suprasylvius auskleidet, zu zerstören und somit die Sicherheit zu erlangen, dass am lateralen Rande der Munkschen Sehsphäre nichts stehen geblieben ist.

Sollte es möglich sein, diese Rindenteile, d. h. die zweite und einen Teil des horizontalen Astes der dritten Windung, zu extirpieren, ohne dauernde Sehstörungen herbeizuführen (vorausgesetzt, dass die Läsionen auf die Rinde beschränkt bleiben), dann dürfte man annehmen, dass dieses ganze Gebiet (einschliesslich des grössten Teils der Stelle A_1) ausserhalb der eigentlichen Sehsphäre liege. Zugleich sollten dabei die Munkschen Angaben bezüglich der Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde nachgeprüft werden, wonach in diesen Teilen des Occipitallappens von aussen nach innen der lateralste Teil der Netzhaut des gleichseitigen und die daran anschliessenden lateralen Teile der Netzhaut des gekreuzten Auges vertreten sind. Nach Munks Projektionsschema ist bei diesen Extirpationen ein dauerndes Skotom im innersten Gesichtsfeldviertel am gleichseitigen und im innenmittleren (einschliesslich der Stelle des deutlichsten Sehens) am gekreuzten Auge zu erwarten.

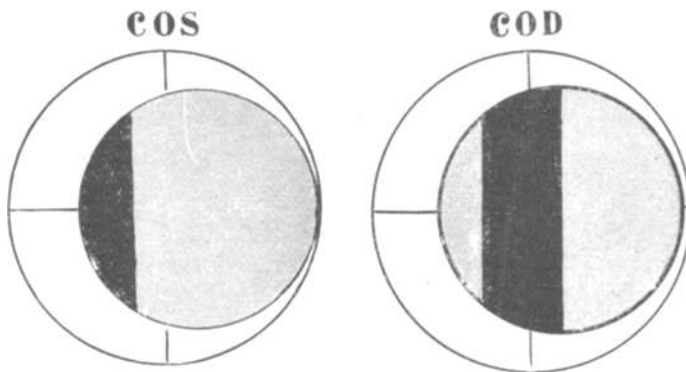


Fig. 12. Form des Gesichtsfeldes, welche nach dem Munkschen Projektionsschema nach einer linksseitigen Extirpation des lateralen Teils der Sehsphäre zu erwarten ist.

Fraglich war also zunächst, ob durch Ausschaltung der lateralen Teile der Munkschen Sehsphäre das gleichseitige Auge vornehmlich geschädigt würde.

Hitzig war auf Grund seiner Ergebnisse nach Exstirpationen dieser Teile zu einer strikten Verneinung der Munkschen Projektion gekommen, indem er behauptete, dass „das laterale Drittel der Sehsphäre keineswegs ausschliesslich zur Innervation der gleichseitigen Retina dient, dass diese auch von anderen Teilen der Sehsphäre innerviert wird, und dass auch der ihm auliegende Abschnitt der Sehsphäre nicht als Projektionsfeld für den medialen Abschnitt der lateralen Hälfte der gegenseitigen Retina anzusehen ist. Derjenige Teil des Gesichtsfeldes, dessen Sehkraft immer entweder von vornherein erhalten ist, oder zuerst oder allein wiederkehrt, ist auch bei Ausschaltung der lateralen Teile der Sehsphäre sein nasaler unterer Teil“ — also gerade ein Teil, der nach dem Munkschen Projektionsschema dauernd ausgefallen sein müsste.

Angesichts der groben Widersprüche, die in dieser wie in vielen anderen Fragen der experimentellen Grosshirnlokalisation herrschen, ist von jüngeren Physiologen (Lewandowsky, Kalischer) die Forderung aufgestellt worden, die operierten Tiergehirne an Serienschnitten zu untersuchen, wie es für die menschlichen schon lange geschieht. Bei den Konvexitätsoperationen erschien mir die anatomische Untersuchung besonders notwendig; ich musste mir nämlich von vornherein vergegenwärtigen, dass es sich bei diesen Operationen um eine schwierige Aufgabe handelt, da hier ungünstige und komplizierte anatomische Verhältnisse vorliegen. Das sagittale Mark, welches die Sehstrahlung enthält, verläuft nämlich unter der Rinde der zweiten und dritten Urwindung, und es ist klar, dass jede Läsion, die etwas tiefer geht, das sagittale Mark schädigen und auch Fasern unterbrechen wird, die zu anderen Teilen des Occipitallappens als den exstirpierten verlaufen; dadurch können dauernde Sehstörungen hervorgebracht werden, die aber nicht ohne weiteres auf die exstirpierten Rindenteile bezogen werden dürfen; und je grösser die sagittale Ausdehnung des operativen Defekts, desto grösser ist auch die Gefahr, dass er an irgendeiner Stelle tiefer greift und die darunter verlaufenden Markmassen lädiert. Nur die anatomische Untersuchung vermag da Aufklärung zu verschaffen; ich habe daher in einer Anzahl von Fällen, die mir dazu besonders geeignet schienen, frontale Weigert-Serien angelegt, und glaube dank diesem Hilfsmittel zu einem widerspruchslosen Ergebnis gelangt zu sein.

Beobachtung 13.

8. März 1910. Linksseitige Exstirpation der lateralen Hälfte der zweiten und der medialen Hälfte des horizontalen Schenkels der dritten Urwindung (Gyr. suprasylv. und ectosylv. med.).

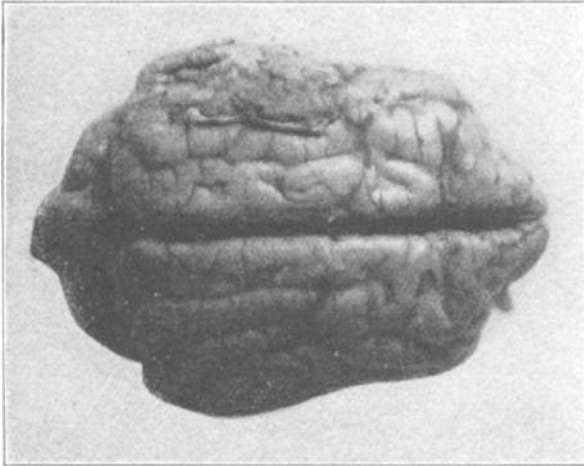


Fig. 13.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge dauernd herabgesetzt; sie erfolgen nicht konstant und sind meistens träge, auch nachdem jede Sehstörung verschwunden ist.

Sehen. Gekreuztes Auge: zunächst Amaurose in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes, die sich am sechsten Tage nach der Operation im unteren innenmittleren Gesichtsfeldteil aufhellt; dann geht die Aufhellung auf den unteren aussenmittleren und oberen innenmittleren Teil über; zuletzt wird auch der äussere Gesichtsfeldteil frei, so dass am zwölften Tage nach der Operation keinerlei Sehstörung mehr nachweisbar ist.

Gleichseitiges Auge: am dritten Tage nach der Operation Amblyopie im inneren (nasalen) Gesichtsfeldteil; vom vierten Tag an keinerlei Defekt mehr nachweisbar; auch im inneren (nasalen) Gesichtsfeldviertel wird sicher gesehen und prompt reagiert.

Der Hund wird am 28. Juli 1910 getötet.

Sektion: Grenzen des Defekts: medial bis zum Sulc. ectolater., lateral nicht ganz bis zum horizontalen Ast des Sulc. ectosylv., vorn bis zur Umbiegungsstelle des Sulc. ectosylv. med. in den Sulc. ectosylv. ant., hinten 0,5 von der hinteren Kante. Der Defekt grenzt sich scharf gegen die gesunde Umgebung ab.

Beobachtung 14.

12. März 1910. Linksseitige Exstirpation des Gyrus suprasylv. und der medialen Hälfte des horizontalen Schenkels des Gyrus ectosylv.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge herabgesetzt bis zum zehnten Tage nach der Operation.

Sehen. Gekreuztes Auge: am dritten Tag nach der Operation Amblyopie in der ganzen oberen Hälfte und im unteren äusseren Quadranten des Gesichtsfeldes; allmähliche Aufhellung, so dass am neunten Tag nach der Operation keinerlei Sehstörung mehr nachweisbar ist. Die untere Gesichtsfeldhälfte einschliesslich der Stelle des direkten Sehens ist von Anfang an frei.

Gleichseitiges Auge: am zweiten Tage nach der Operation besteht im inneren nasalen Gesichtsfeldviertel eine Amblyopie (inkonstante unsichere Reaktionen); am dritten Tag und später ist keinerlei Sehstörung mehr nachweisbar.

Der Hund wird am 17. Mai 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: medial bis zum Sulc. ectolater., lateral bis zur Mitte des horizontalen Schenkels des Gyr. ectosylv., vorn bis zur Umbiegungsstelle des Sulc. ectosylv. med. in den Sulc. ectosylv. ant., hinten 0,5 von der hinteren Kante.

Die Operation ist richtig ausgeführt.

Beobachtung 15.

28. Januar 1910. Linksseitige Exstirpation der zweiten und der medialen Hälfte des horizontalen Schenkels der dritten Urvindung (Gyr. ectolater., suprasylv. et ectosylv. med.).

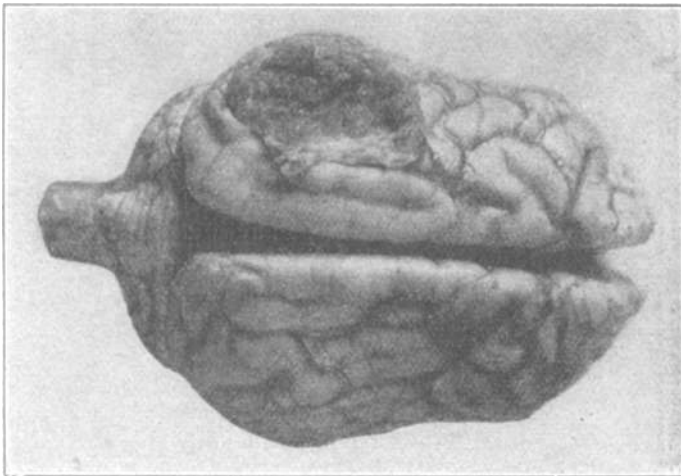


Fig. 14.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge zuerst fehlend, dann bis zum 20. Februar herabgesetzt.

Sehen. Gekreuztes Auge: am zweiten Tag nach der Operation Amaurose in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes, am dritten Tag

Aufhellung der unteren innenmittleren Gesichtsfeldpartie, am fünften Tag ist die ganze untere Gesichtsfeldhälfte frei; in der oberen besteht noch eine Amblyopie, die sich dann allmählich aufhellt; am zehnten Tage ist keinerlei Sehstörung mehr nachweisbar. Stelle des direkten Sehens vom vierten Tag an frei.

Gleichseitiges Auge: nasale Tetartanopsie bis zum vierten Tag; dann keinerlei Störung mehr nachweisbar.

Der Hund wird am 7. März 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: medial bis zum Sulc. later., lateral bis zur Mitte des horizontalen Schenkels des Gyr. ectosylv., vorn 0,6 nach hinten von der Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. later., hinten 0,5 von der hinteren Kante.

Anatomische Untersuchung an Serienschnitten: der Defekt umfasst die Rinde und den Markstrahl der zweiten und einen Teil der Rinde der dritten Urwindung. Die erste Urwindung ist intakt und in breiter Verbindung mit der sagittalen Markmasse.

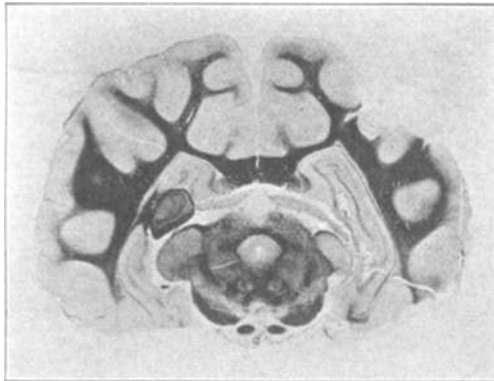


Fig. 15.

Beobachtung 16.

21. Mai 1910. Doppelseitige Operation. Links: Exstirpation der Area striata. Rechts: Exstirpation der zweiten und der medialen Hälfte des horizontalen Schenkels der dritten Windung (Gyr. ectolater., suprasylv. et ectosylv. med.).

Optische Reflexe: am linken Auge dauernd herabgesetzt, am rechten Auge fehlend.

Sehen. Linkes Auge: am zweiten und dritten Tage nach der Operation Amblyopie im inneren (nasalen) Gesichtsfeldviertel — Folge der linksseitigen Operation; sonst keinerlei Störung.

Rechtes Auge: dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes — Folge der linksseitigen Operation; im inneren (nasalen) Gesichtsfeldviertel wird schon am zweiten Tag nach der Operation sicher gesehen und

prompt reagiert, was wegen der Amaurose im übrigen Gesichtsfelde besonders deutlich und einwandfrei nachweisbar ist.

Der Hund wird am 4. Juni 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: rechts: vorn 0,5 nach hinten von der Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. later., hinten 0,5 von der hinteren Kante, medial 0,2 nach aussen von Sulc. later., lateral bis zur Mitte des Gyr. ectosylv. med. Der operative Defekt grenzt sich sehr scharf gegen die gesunde Umgebung ab.

Bei der makroskopischen Betrachtung einer Reihe von Frontalschnitten zeigt sich, dass der Defekt sich auf die Rinde und den Markstrahl der zweiten und zum Teil auch der dritten Windung beschränkt und nirgends auf die sagittale Markmasse übergreift.

Beobachtung 17.

8. Februar 1910. Linksseitige Exstirpation der zweiten und des horizontalen Schenkels der dritten Windung (Gyr. ectolater., suprasylv. und ectosylv. med.).

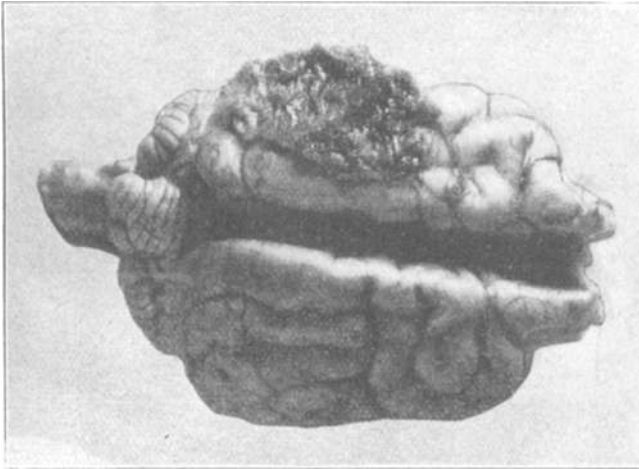


Fig. 16.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge dauernd fast vollständig fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: bis zum zehnten Tage nach der Operation dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes, dann Aufhellung im unteren innenmittleren Gesichtsfeldteil; zuletzt wird auch im untersten aussenmittleren Gesichtsfeldteile gesehen. Im grössten Teil des Gesichtsfeldes bleibt eine dauernde Amaurose bestehen, s. Fig. 17.

Gleichseitiges Auge: Schon am dritten Tag nach der Operation wird auch im inneren nasalen Gesichtsfeldviertel gesehen, so dass am gleichseitigen Auge keinerlei Sehstörung nachweisbar ist.

Der Hund wird am 9. März getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: medial bis zum Sulc. later., lateral fast bis zum Sulc. ectosylv. med. (der horizontale Schenkel der dritten Windung ist zum grössten Teil zerstört), vorn nicht ganz bis zur Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. later., hinten 0,3 von der hinteren Kante.

Anatomische Untersuchung an Frontalschnitten: Unter der Narbe besteht ein tiefer Herd, welcher bis zum Ventrikel reicht, denselben aber nirgends eröffnet. Die in der dorsalen Etage des sagittalen Marks verlaufende Stabkranzfaserung der erhaltenen ersten Windung ist durch den Herd vollkommen unterbrochen.

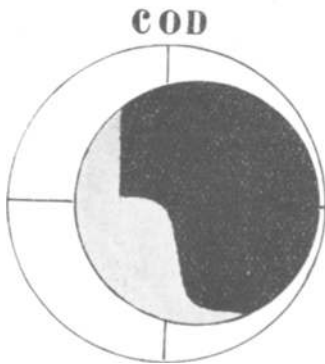


Fig. 17. Gesichtsfeld des rechten Auges, wie es dauernd bestehen blieb.



Fig. 18.

Beobachtung 18.

4. Februar 1910. Doppelseitige Exstirpation der zweiten und des horizontalen Schenkels der dritten Windung an der Konvexität des Occipitallappens (Gyr. ectolater., suprasylv. und ectosylv. med.).

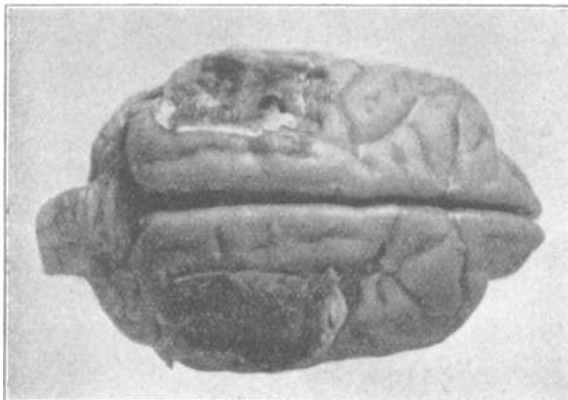


Fig. 19.

Optische Reflexe: beiderseits andauernd fehlend.

Sehen. Rechtes Auge: bis zum zehnten Tag nach der Operation vollkommen blind; von da an wird im unteren innenmittleren und untersten aussenmittleren, zuletzt auch im untersten äusseren Gesichtsfeldteil gesehen. Im ganzen übrigen Gesichtsfeld bleibt eine dauernde Amaurose bestehen, s. Fig. 20.

Linkes Auge: andauernd vollkommen blind.

Der Hund wird am 24. März 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: rechts: vorn fast bis zur Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. later., hinten 0,3 von der hinteren Kante, medial bis zum Sulc. later., lateral bis zum Sulc. ectosylv. med.; links: um 0,5 weniger weit frontalwärts als rechts, hinten fast bis zur hinteren Kante, medial bis zum Sulc. later., lateral bis zur Mitte des Gyr. ectosylv. med. Sapittale Ausdehnung: rechts 3,0, links 2,5. Frontale Ausdehnung: rechts 2,5, links 2,2.

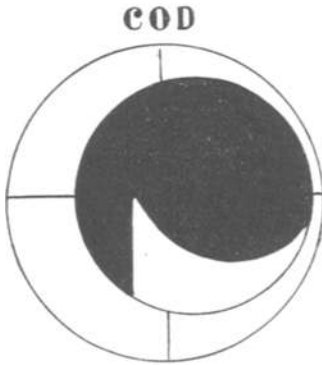


Fig. 20. Gesichtsfeld des rechten Auges, wie es dauernd bestehen blieb.



Fig. 21.

Anatomische Untersuchung an Frontalschnitten: Unter der Narbe bestehen beiderseits tiefe Herde, welche bis zum Ventrikel reichen und das sagittale Mark in seiner dorsalen Etage durchtrennen. Die erste Windung ist beiderseits erhalten, aber von der sagittalen Strahlung abgeschnitten.

(Siehe Tabelle III auf S. 231 und 232.)

Zusammenfassung.

1. Die optischen Reflexe. Die optischen Reflexe am gekreuzten Auge waren in allen sechs Fällen gestört; in den letzten zwei (Beobachtung 17 und 18) bestand gleichzeitig eine dauernde schwere Sehstörung, in Beobachtung 14 hielt die Störung des Blinzelflexes ungefähr ebenso lange an wie die Sehstörung. In den übrigen drei Fällen hielt die Herabsetzung des optischen Reflexes

Tabelle III.
 Exstirpationen der zweiten und der medialen Hälfte der dritten Windung an der Konvexität des Occipitallappens
 (Gyr. ectolateralis, suprasylvius und ectosylv. med.).

Nummer der Beobachtung	Art der Operation	Optische Reflexe	Sehen		Sektion
			Gleichseitiges Auge	Gekreuztes Auge	
13.	Linksseitige Exstirpation des Gyri suprasylv. und d. medialen Hälfte des Gyri ectosylv. med.	am gekreuzten Auge dauernd herabgesetzt	am dritten Tag Amblyopie im nasalen Gesichtsfeldviertel, v. vierten Tag keine Sehstörung nachweisbar	bis zum sechsten Tag Amaurose in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes, dann fortschreitende Aufhellung, die im unteren innermittleren Gesichtsfeldteile beginnt. Am zwölften Tag keine Sehstörung mehr nachweisbar	die Operation ist richtig ausgeführt
14.	linksseitige Exstirpation des Gyri suprasylv. u. der medialen Hälfte des Gyri ectosylv. med.	am gekreuzten Auge herabgesetzt bis zum zehnten Tag	vom dritten Tag keine Sehstörung nachweisbar	Amblyopie in der ganzen unteren Hälfte und im unteren äusseren Quadranten des Gesichtsfeldes. Allmähliche Aufhellung. am neunten Tage keine Sehstörung mehr nachweisbar	do.
15.	linksseitige Exstirpation des Gyri ectolateralis, suprasylv. und der medialen Hälfte des Gyri ectosylv. med.	am gekreuzten Auge zunächst fehlend, dann herabgesetzt bis zum 20. Tag	Amaurose im nasalen Gesichtsfeldviertel bis zum vierten Tag, dann keine Sehstörung mehr nachweisbar	am zweiten Tag nach der Operation Blindheit der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes, dann allmähliche Aufhellung, so dass am zehnten Tag nach der Operation keine Sehstörung mehr nachweisbar ist	die Operation ist richtig ausgeführt. Frontalschnitte: Der Defekt umfasst die Rinde und den Markstrahl der zweiten und einen Teil der dritten Windung. Die erste Windung ist intakt und in breiter Verbindung mit der sagitt. Markmasse

Tabelle III (Fortsetzung).

Nummer der Beobachtung	Art der Operation	Optische Reflexe	Sehen		Sektion
			gleichseitiges Auge	gekreuztes Auge	
16.	1. Rechtsseitige Exstirpation des Gyrius ectolateralis, suprasylv. und der medialen Hälfte des Gyrius ectosylv.med. 2. linksseitige Exstirpation der Area str.	am link. Auge dauernd herabgesetzt, am rechten Auge fehlend	rechtes Auge: dauernde Blindheit in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes, nasales Gesichtsviertel von Anfang an vollkommen frei	linkes Auge: am zweiten und dritten Tag Amblyopie im nasalen Gesichtsviertel, sonst keinerlei Störung	rechts: Operation richtig ausgeführt. Frontalschnitte: erste Windung rechts intakt und in breiter Verbindung mit der sagittalen Markmasse
17.	linksseitige Exstirpation des Gyrius ectolateralis, suprasylv. und der medialen Hälfte des Gyrius ectosylv. med.	am gekreuzten Auge dauernd fast vollkommen fehlend	vom dritten Tag an keinerlei Sehstörung nachweisbar	bis zum zehnten Tag Blindheit in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes, dann Aufhellung im unteren innermittleren, zuletzt auch im untersten aussemittleren Gesichtsfeldteil	nach 5 Wochen: Operation nach ihrer Ausdehnung an der Oberfläche des Gehirns richtig ausgeführt. Frontalschnitte: unter der Narbe befindet sich ein tiefer Herd, welcher die dorsale Etage des sagittalen Marks unterbricht
18.	doppelseitige Exstirpation des Gyrius ectolateralis, suprasylv. und des Gyrius ectosylv. med.	an beiden Augen an dauernd fehlend	linkes Auge dauernd vollkommen blind	bis zum zehnten Tag blind, von da an wird im unteren innermittleren und untersten aussemittleren Gesichtsfeldteil gesehen	nach 7 Wochen: Operation nach ihrer Ausdehnung an der Oberfläche des Gehirns richtig ausgeführt. Frontalschnitte: unter der Narbe bestehen beiderseits tiefe Herde, welche bis zum Ventrikel reichen und das sagittale Mark in seiner dorsalen Etage durchtrennen

an, auch nachdem jede Sehstörung verschwunden war; in Beobachtung 13 und 16 blieben die optischen Reflexe anscheinend dauernd herabgesetzt.

Es dürfte darin eine Bestätigung der bereits früher ausgesprochenen Annahme liegen, dass auch im Occipitallappen in der zweiten Urwindung ein Zentrum für den Blinzelreflex vorhanden ist.

2. Sehen. Gleichseitiges Auge. Wenn ich zunächst die letzten zwei Fälle mit einer dauernden Sehstörung ausschalte (Beobachtung 17 und 18), so bleiben vier Fälle übrig, bei denen die lateralen Teile der Munkschen Sehsphäre extirpiert worden waren. Nach dem Munkschen Projektionsschema müsste in all diesen Fällen eine dauernde Blindheit im nasalen Gesichtsfeldviertel des gleichseitigen Auges eintreten; das war aber nirgends der Fall. In einem Fall (Beobachtung 16) war dieser Gesichtsfeldteil von Anfang an vollkommen frei; in den drei anderen bestand hier eine Amaurose resp. Amblyopie nur in den ersten 2—3 Tagen nach der Operation; vom vierten Tage an war dieser Gesichtsfeldteil in allen vier Fällen vollkommen frei, so dass am gleichseitigen Auge überhaupt keinerlei Sehstörung nachweisbar war. Ganz besonders instruktiv war Beobachtung 16; hier wurde gleichzeitig eine doppelseitige Operation ausgeführt, indem links die Area striata, rechts die zweite und die innere Hälfte des horizontalen Schenkels der dritten Windung extirpiert wurden. Die linksseitige Operation bewirkte am gekreuzten Auge einen dauernden Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds; das nasale Gesichtsfeldviertel, das nach dem Munkschen Projektionsschema infolge der rechtsseitigen Operation hätte ausfallen müssen, war dagegen vollkommen intakt, was wegen der Amaurose im übrigen Gesichtsfeld mit besonderer Deutlichkeit nachzuweisen war.

Es besteht demnach keinerlei Beziehung zwischen dem lateralen Drittel der Munkschen Sehsphäre und der gleichseitigen Retina.

Gekreuztes Auge. Nach Extirpationen der an der Konvexität gelegenen lateralen Hälfte der Munkschen Sehsphäre (Gyr. ectolater. und suprasylv.) ist nach seinem Projektionsschema ausser dem nasalen Skotom am gleichseitigen Auge ein dauerndes Skotom im innenmittleren Gesichtsfeldviertel des gekreuzten Auges zu erwarten (s. Fig. 12).

Ich verfüge über vier Fälle, wo die laterale Hälfte der Munkschen Sehsphäre exstirpiert worden war (Beobachtung, 15, 16, 17 und 18). In einem Fall (Beobachtung 16) war von Anfang an keinerlei Sehstörung am gekreuzten Auge vorhanden; in einem anderen (Beobachtung 15) hellte sich die zuerst vorhandene Amaurose in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfelds rasch auf, so dass am zehnten Tag nach der Operation keinerlei Sehstörung mehr nachweisbar war. Der untere innenmittlere Gesichtsfeldteil hellte sich zuerst auf.

Die letzten zwei Fälle (Beobachtung 17 und 18) boten ein völlig anderes Bild, indem hier am gekreuzten Auge eine dauernde Sehstörung vorhanden war, die den grössten Teil des Gesichtsfelds einnahm; aber gerade das innenmittlere Gesichtsfeldviertel, wenigstens sein unterer Teil, das nach Munk hätte dauernd blind bleiben sollen, hellte sich in beiden Fällen auf und blieb dann, im Gegensatz zum übrigen Gesichtsfeld, andauernd frei.

Die Fälle, wo nur das laterale Drittel der Munkschen Sehsphäre exstirpiert worden war (Beobachtung 13 und 14), können insofern nicht direkt gegen die Munksche Projektion der lateralen Teile der gekreuzten Retina auf die lateralen Teile seiner Sehsphäre herangezogen werden, als hier die Exstirpation nicht genügend ausgiebig war, um das ganze in Frage kommende Gebiet zu entfernen (der Gyrus ectolateralis blieb in diesen Fällen erhalten); aber jedenfalls müsste man erwarten, dass, wenn nach dieser Operation überhaupt eine Sehstörung eintrete, dieselbe jene Teile des Gesichtsfeldes ergreife, welche in unmittelbarer Nachbarschaft des exstirpierten Sehsphärenteils vertreten sind; es müsste also das innenmittlere Gesichtsfeldviertel am ehesten ergriffen werden. Gerade das Gegenteil trat in Wirklichkeit ein. Das innenmittlere Gesichtsfeldviertel am gekreuzten Auge war in einem Fall frei (Beobachtung 17), in einem anderen hellte es sich am frühesten auf (Beobachtung 13).

Auf Grund der angeführten Ergebnisse komme ich in voller Übereinstimmung mit Hitzig¹⁾ zu dem Schluss, dass die laterale Hälfte der Munkschen Sehsphäre ebenso wenig ein Projektionsfeld für die lateralen Teile

1) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl. S. 432—434. Berlin 1904.

der gekreuzten Netzhaut ist, wie das laterale Drittel für die lateralsten Teile der gleichseitigen. Auch darin kann ich die Angaben Hitzigs vollkommen bestätigen, dass „derjenige Teil des Gesichtsfelds, dessen Sehkraft immer entweder von vornherein erhalten ist oder zuerst oder allein wiederkehrt, auch bei Ausschaltung der lateralen Teile der Sehsphäre sein nasaler unterer Teil ist“.

Worauf es bei dieser Versuchsreihe vor allem ankam, war, wie ich im Anfang des Kapitels betont habe, die Entscheidung der durch Ergebnisse von Exstirpationen der Stelle A_1 nahegelegten Frage, ob die zweite Urwindung an der Konvexität des Occipitallappens (Gyr. ectolater. und suprasylv.) überhaupt noch zur Sehsphäre gehört. Bei den zwei Fällen, wo nur der Gyr. suprasylv. und die innere Hälfte des Gyr. ectosylv. med. extirpiert worden waren, bestand eine vorübergehende Sehstörung, deren Dauer 12 resp. 9 Tage betrug. Von den vier Fällen, in denen ausser diesen Windungen auch der Gyr. ectolateralis und somit die ganze zweite Urwindung an der Konvexität des Occipitallappens extirpiert worden war, trat in einem Fall (Beobachtung 16) keinerlei Sehstörung ein, in einem Fall (Beobachtung 23) eine vorübergehende Sehstörung, die schon am zehnten Tag nach der Operation völlig verschwunden war. In den drei Fällen mit Sehstörung (Beobachtung 13, 14 und 15) wiesen die kurze Dauer derselben und der Dekursus der Restitution, wo sich das ganze Gesichtsfeld von unten innen nach oben aussen fortschreitend ununterbrochen aufhellte, darauf hin, dass es sich dabei nicht um ein Ausfallsymptom, sondern um ein temporäres Symptom handelte, das durch eine operative Mitschädigung der benachbarten Rinde oder der Sehbahn (möglicherweise auch durch Diaschisiswirkung im Sinne v. Monakows) bedingt war.

Einen bemerkenswerten Gegensatz zu diesen negativen Fällen boten die Beobachtungen 17 und 18, wo nach einer flächenhaft ebenso grossen Operation eine dauernde schwere Sehstörung sich einstellte. In Beobachtung 17 trat nach einer linksseitigen Exstirpation am rechten Auge eine dauernde Amaurose der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds mit Ausnahme seines unteren inneren Teils ein, in Beobachtung 18 war nach einer doppelseitigen Exstirpation das linke Auge dauernd vollkommen blind, während am rechten Auge ebenfalls das untere innenmittlere Gesichtsfeldviertel verschont blieb. Der scheinbare Widerspruch dieser zwei Gruppen

von Fällen (Beobachtungen 13, 14, 15 und 16 einerseits, 17 und 18 andererseits) löste sich durch den anatomischen Befund. Es zeigte sich nämlich, dass in der ersten Gruppe die operative Läsion auf die Hirnrinde beschränkt blieb, und die darunter verlaufende sagittale Markmasse nirgends wesentlich geschädigt war, während im Gegensatz dazu in der zweiten Gruppe bei der Operation tiefe Herde entstanden waren, welche die sagittale Markstrahlung in ihrer dorsalen Etage völlig unterbrachen. Die erste Urwindung war in allen Fällen erhalten, aber in den letzten zwei (Beobachtung 17 und 18) durch die tiefen Herde von ihrer Stabkranzfaserung vollkommen abgeschnitten.

Es scheint aus diesen Beobachtungen hervorzugehen:

1. dass die laterale Hälfte der Munkschen Seh-sphäre weder für die lateralsten Teile der gleichseitigen, noch für den medialen Abschnitt der lateralen Hälfte der gekreuzten Netzhaut als Projektionsfeld anzusehen ist,
2. dass nach Exstirpation der zweiten und der medialen Hälfte des horizontalen Schenkels der dritten Urwindung dauernde Sehstörungen nur dann eintreten, wenn dabei tiefe Herde entstehen welche die unter der Rinde dieser Windungen verlaufende sagittale Markstrahlung lädieren, resp. durchtrennen,
3. dass, soweit die Exstirpation tatsächlich auf die Rinde beschränkt bleibt, nur vorübergehende Sehstörungen auftreten, deren rasche, allmählich fortschreitende Restitution darauf hinweist, dass es sich nicht um ein Ausfallssymptom, sondern um ein Nachbarschaftssymptom handelt,
4. dass somit die zweite Urwindung (Gyr. ectolateralis et suprasylv.) überhaupt nicht zur eigentlichen Seh-sphäre s. str. gehört.

Wenn Munk dieses Gebiet zur Seh-sphäre rechnet, so findet das wohl darin seine Erklärung, dass er in einem Teil seiner Fälle bei Exstirpationen der zweiten Urwindung tiefe Läsionen bekommen hat, welche die Sehbahn lädierten und dadurch dauernde Sehstörungen bedingten; die anatomischen Momente scheint er leider nicht genügend berücksichtigt zu haben.

Noch Eines verdient in diesem Zusammenhang hervorgehoben zu werden: das ist der Umstand, dass in den Fällen, wo die Sehbahn in ihren kaudalen Teilen durch tiefe Herde total durchtrennt war (Beobachtung 17 und 18), ein Teil des Gesichtsfelds des gekreuzten Auges, nämlich der untere innenmittlere, erhalten blieb; dies kann nur so gedeutet werden, dass, wenn das Sehen notwendig an die Rinde gebunden ist, der untere innenmittlere Gesichtsfeldteil in solchen Gebieten derselben jedenfalls mitvertreten ist, die frontalwärts vom Herd liegen, oder mindestens deren zuleitende Fasern sich schon frontalwärts von ihm von der sagittalen Markmasse abgezweigt haben. Bei der ausführlichen Besprechung der Projektion komme ich noch auf diesen Befund zurück.

VI. Die Area striata.

Durch diese Ergebnisse ist der Weg für die weitere Untersuchung gewiesen. Da die zweite Urwindung an der Konvexität des Occipitallappens exstirpiert werden kann, ohne dass darauf Sehstörungen auftreten, so muss, wenn es im Occipitallappen überhaupt eine Sehsphäre gibt, nach deren Exstirpation konstant und gesetzmässig dauernde Sehstörungen sich einstellen, dieselbe an der ersten Urwindung (höchstens bis zum Sulcus lateralis), an der medialen und basal-cerebellaren Fläche der Hemisphäre gesucht werden. Denn gerade diese Gebiete waren bei den Konvexitätsoperationen verschont geblieben; auch in den Fällen mit dauernder Sehstörung waren sie erhalten, aber durch tiefe Herde von ihrer Stabkranzfaserung abgetrennt.

Dass es ein Gebiet in der Hirnrinde gibt, dessen Exstirpation eine dauernde Sehstörung herbeiführt, erschien mir sicher, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass die Unterbrechung der Sehbahn eine derartige Störung bedingt; denn da die kortikopetale Sehbahn wohl zur Aufgabe hat die durch optische Reize in der Netzhaut ausgelösten Prozesse durch Vermittlung der subkortikalen Ganglien zur Hirnrinde zu leiten, so wird eine Exstirpation desjenigen Teils der Hirnrinde, in welchen die Sehbahn einmündet, bezüglich der Rezeption von optischen Eindrücken wohl denselben Effekt haben, wie die Unterbrechung der Sehbahn selbst; während aber die Sehbahn ein relativ kompartes Bündel ist, das mehr oder weniger leicht durchtrennt werden kann, handelt es sich bei der Sehrinde wahrscheinlich

um ein umfangreiches, bisher mangelhaft lokalisiertes Gebiet, und nur deshalb ist es viel schwieriger von der Hirnrinde aus eine dauernde maximale Sehstörung herbeizuführen.

Dass die Sehsphäre des Hundes hauptsächlich an der medialen und cerebellaren Fläche des Occipitallappens zu suchen ist, dafür sprechen in der Literatur einige bemerkenswerte Angaben.

Berger¹⁾ hat bei neugeborenen Hunden ein künstliches doppelseitiges Ankyloblepharon hergestellt, die so operierten Tiere 4 bis 10 Monate am Leben gelassen, dann die Rinde des Occipitallappens makro- und mikroskopisch genau untersucht, da er feststellen wollte, ob der Ausfall von optischen Eindrücken hier nachweisbare Veränderungen herbeigeführt habe; zum Vergleich benutzte er Gehirne von normalen Tieren, die aus demselben Wurf wie die entsprechenden operierten stammten und auch zu gleicher Zeit getötet wurden. Bezüglich der Lokalisation der Sehsphäre des Hundes kommt er auf Grund der gefundenen Veränderungen und ihrer Verbreitung zu sehr interessanten Ergebnissen. „In den lateralen Teilen der Munk'schen Sehsphäre im Gyrus ectolateralis und suprasylvius finden wir keine deutlichen Abweichungen, die medialen Partien derselben jedoch, der Gyrus entolateralis, der Gyrus suprasplénialis und der Gyrus splénialis zeigen, letzterer namentlich an der cerebellaren Fläche, wo sich ja auch Unterschiede in der Rindendicke vorfanden, eine deutliche Inkongruenz der Kurven²⁾ . . . Falls es gestattet wäre, diese wenigen untersuchten Fälle für die Lokalisation der Sehsphäre zu verwenden, so müsste man dieselbe vor allem in dem medialen Teil der Munk'schen Sehsphäre suchen und ihren Schwerpunkt auf die mediale und cerebellare Fläche des Occipitallappens verlegen, wofür ja auch die Verbreitung des Vicq d'Azyr'schen Streifens, der nach allen Untersuchungen mit der Gratiolet'schen Sehstrahlung in Beziehung steht, sprechen würde.“ Im Gegensatz zu rein numerischen Unterschieden der Zahl der Ganglienzellen konnte Berger deutliche histologische Differenzen nur an der cerebellaren Fläche des Gyrus splénialis und an der lateralen Seitenwand des Sulcus splénialis nachweisen. „Wenn wir mit Munk eine durch

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

2) Die Kurven drücken die Zahl der Zellen in gleichgrossen Strecken der Hirnrinde des operierten und normalen Tieres aus.

die Projektion der Macula bevorzugte Stelle annehmen, so sollten wir dieselbe eigentlich hier im Gyrus splenialis und nicht im Gyrus ectolateralis erwarten“.

v. Bechterew ist auf Grund seiner Untersuchungen zu der Feststellung gekommen, dass im Gegensatz zu Operationen an der Konvexität des Occipitallappens, nach welchen meistens nur vorübergehende Sehstörungen auftreten, „Läsionen der Innenfläche des hinteren Hemisphärenanteils beim Hunde stets anhaltende Sehstörungen mit den Charakteren homonymer Hemianopsie beider Augen, auch der entgegengesetzten Seite zur Folge haben. . . . Berücksichtigt man einerseits die topographische Übereinstimmung des vorhin erwähnten Feldes mit dem Gebiete des Sehentrums beim Menschen, welches Henschen in den medialen Teil der Hemisphärenrinde und zwar in die Gegend des Fiss. calcarina verlegt, und erwägt man andererseits die Befunde Hitzigs, welche die Voraussetzung eines wahren Sehentrums in der dorsolateralen Rinde des hinteren Hemisphärengebietes widerlegen, so wird man annehmen dürfen, das wahre Rindenzentrum finde sich beim Hunde an der hinteren medialen Fläche der Hemisphärenrinde“¹⁾. Auch Bechterews Schüler Agadschanz hat Zerstörungen der inneren Fläche des Occipitallappens beim Hunde vorgenommen und danach dauernde Sehstörungen beobachtet.

Die umfangreichen Untersuchungen Hitzigs über die Sehsphäre waren hauptsächlich einer Nachprüfung der Angaben Munks über die Bedeutung der Stelle A_1 und die Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde gewidmet; nachdem Hitzig sie meistens als irrig gefunden hatte, war er sich wohl bewusst, damit hauptsächlich nur den kritisch-polemischen, nicht den positiven Teil der Arbeit geleistet zu haben; wegen seines hohen Alters ist er zu einem derartigen Abschluss seiner experimentellen Untersuchungen über die Sehsphäre nicht mehr gekommen. Aber auf Grund von Erfahrungen aus der menschlichen Pathologie hat er die Vermutung ausgesprochen, dass „derjenige Teil des Hundehirns, welcher der menschlichen Calcarina entspricht, in besonders nahen Beziehungen zum Sehakt steht, oder vielleicht richtiger ausgedrückt, dass Zerstörungen innerhalb dieses

1) Vom Verfasser gesperrt. — Bechterew, Über das corticale Sehzentrum. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. Bd. 10. S. 436. 1901.

Gebietes besonders schwere und anhaltende Sehstörungen nach sich ziehen“. Er glaubt, dass „diese Frage . . . eine befriedigende Erklärung fände, wenn sich die Erfahrungen der menschlichen Pathologie ohne weiteres in die Ergebnisse der experimentellen Pathologie des Hundehirns einfügen liessen“¹⁾.

Wie verhält es sich nun mit der Sehsphäre des Menschen, und welche Fingerzeige lassen sich daraus für die uns interessierende Frage entnehmen?

Seit den Zusammenstellungen von Henschen²⁾ wird von den meisten Autoren (mit Ausnahme der v. Monakowschen Schule) die Sehsphäre des Menschen im Vergleich mit der des Affen und des Hundes auf einen relativ viel engeren Raum eingeschränkt, nämlich auf die Rinde der Fissura calcarina und die benachbarten Lippen des Cuneus und des Lobulus lingualis. Für die Henschen'sche Auffassung wird der Umstand geltend gemacht, dass innerhalb der von ihm klinisch-anatomisch abgegrenzten Sehsphäre auch ein ganz charakteristischer histologischer Rindentypus, die Area striata, sich vorfindet.

Dieser Rindentypus, dessen Beziehungen zum Sehakt schon den ältesten Autoren bekannt waren, ist beim Menschen und bei einigen Primaten besonders hoch entwickelt; er ist hier charakterisiert durch eine Spaltung der Lamina granularis int. in zwei Körnerlagen (Lamina granul. 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 Calcarinatypus bei einigen Primaten steht die Mehrzahl der Säugetiere mit unvollkommen entwickeltem oder zurückgebliebenem Typus gegenüber. Bei den uns interessierenden Carnivoren erfährt die Lamina granularis int. „keine eigentliche Spaltung in eine oberflächliche und tiefe Körnerlage, es kommt vielmehr nur zu einer starken Verbreiterung der Schicht

1) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl. S. 600. Berlin 1904.

2) Henschen, Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. 1890—1892. 1.—3. Band.

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 *IVc* unterscheiden; die Lamina granularis int. superficialis *IVa* fehlt. Die übrigen Merkmale decken sich im grossen ganzen mit denen bei den Primaten“ [Brodmann¹⁾].

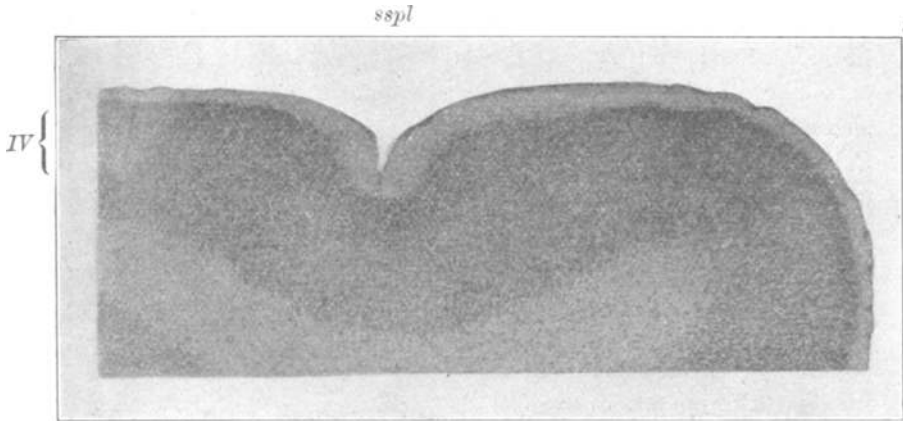


Fig. 22. Gyrus marginalis einer 14tägigen Katze. Calcarinatypus mit verbreiteter Lamina granularis int. (*IV*). Übergang in den Grundtypus ohne scharfe Grenze (+). *sspl* Sulc. suprasplen. Vergrösserung 24:1. Nach Brodmann

Über die genaue Lokalisation dieses Rindentypus war bis vor wenigen Jahren beim Menschen, geschweige denn bei Tieren wenig Sicheres bekannt. Erst Bolton hat in einer grundlegenden Arbeit²⁾ (1900) die Verbreitung der „visuo-sensory area“, des visuellen Rindentypus beim Menschen, genau beschrieben. Seine Angaben sind dann von Brodmann und Campbell im wesentlichen bestätigt worden, wobei alle Autoren darin übereinstimmten, dass die Area striata sich mit der von Henschen auf Grund klinisch-anatomischer Untersuchungen angenommenen Lokalisation der Sehsphäre deckte.

Diese erfreuliche Übereinstimmung der auf klinisch-anatomischem und cytoarchitektonischem Weg gewonnenen Ergebnisse ist leider

1) Brodmann, Beiträge zur histologischen Lokalisation der Grosshirnrinde. I.—VII. Mitt. Journ. f. Neurol. u. Psych. Bd. 2, 4, 6, 10 u. 12. s. Bd. 6. S. 288.

2) Bolton, The exact histological localisation of the visual area of the human cerebral cortex. Phil. Transact. vol. 193. 1900.

nicht ohne Widerspruch von autoritativer Seite geblieben, indem kein Geringerer als v. Monakow erklärte, sich der Henschen'schen Lokalisation der Sehsphäre auf ein relativ enges Gebiet an der medialen Fläche des Occipitallappens aus allgemeinen und aus pathologisch-anatomischen Gründen nicht ohne weiteres anschliessen zu können. Er glaubt vielmehr, dass in allen bisher beschriebenen Fällen von sogenannter reiner kortikaler Läsion im Bereich der Calcarina auch die Sehstrahlungen ausnahmslos mitgeschädigt wären, dass eine Erweichung, die auf die Calcarinarinde beschränkt bleibe, anatomisch überhaupt unmöglich sei, und dass infolgedessen das bei Calcarinaherden von den primären optischen Zentren abgesperrte occipitale Rindengebiet eine wesentlich grössere Ausdehnung besitze, als es dem grob erkrankten Areal der Regio calcarina entspricht. Zur Sehsphäre rechnet v. Monakow ausser der Regio calcarina mit ihrem spezifischen Rindentypus auch noch die erste bis dritte Occipitalwindung, den ganzen Cuneus, Lobulus lingualis und Gyrus descendens.

Danach gilt der Streit vor allem der eminent wichtigen Frage, ob sich die physiologische Sehsphäre, d. h. jenes Gebiet der Hirnrinde, welches „bei der Lichterregung der Retina durch Vermittlung der Sehstrahlungen direkt in Erregungszustand gebracht wird“ (v. Monakow), oder, negativ ausgedrückt, dessen doppelseitige Zerstörung genügt, um vollkommene Blindheit herbeizuführen, sich mit der Area striata deckt oder über diese hinausgeht. Leider scheint eine definitive Lösung beim Menschen wegen ungünstiger anatomischer Verhältnisse und der Unreinheit der meisten klinischen Fälle kaum möglich zu sein. Denkt man aber an die scharfe Abgrenzung der Area striata, welche in der ganzen Säugetierreihe konstant nachweisbar ist, so möchte man Brodmann recht geben, dass „man für dieselbe zweifellos eine ebenso spezifische wie elementare, d. h. allen Säugetieren zukommende Prinzipalfunktion in Anspruch nehmen muss“¹⁾, als welche hier nur die Rezeption optischer Eindrücke in Betracht kommen kann.

Was liefert uns aber in dieser Beziehung die experimentelle Physiologie? Vermag sie nicht darüber ein gewichtiges Wort mitzusprechen?

1) Brodmann, Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. S. 313. Leipzig 1909.

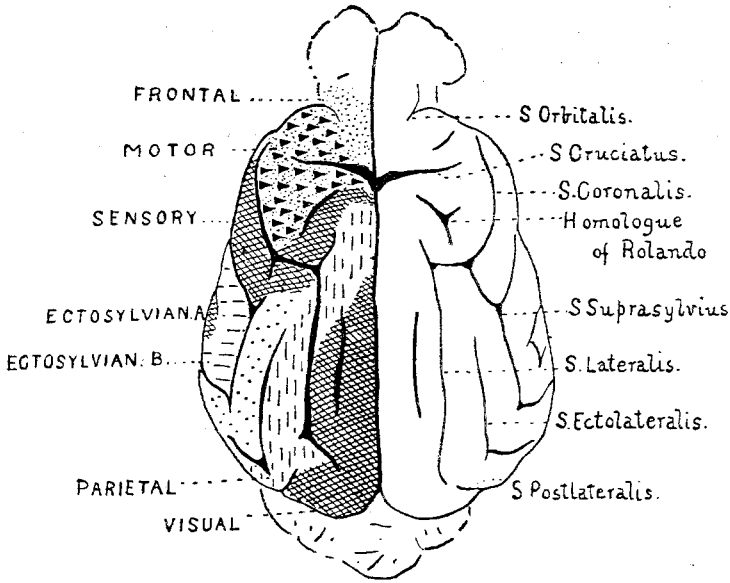


Fig. 23.

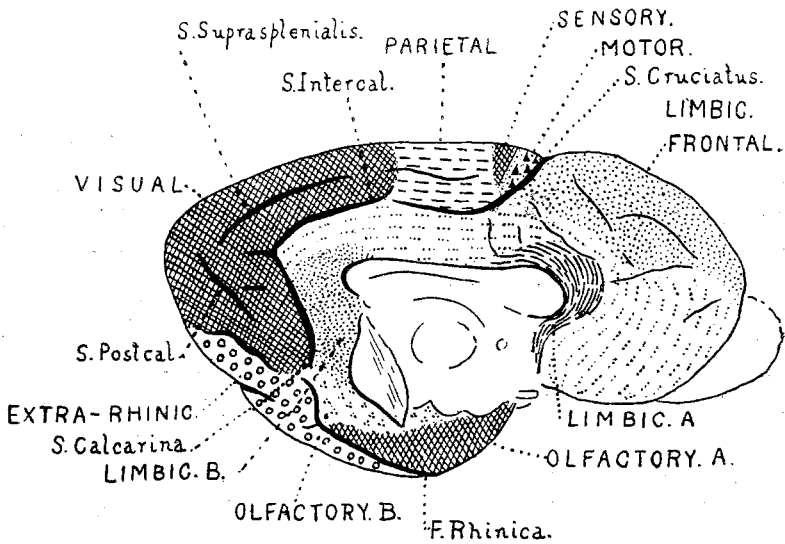


Fig. 24.

Fig. 23, 24, 25. Die Area striata ist an der Konvexität, an der medialen und cerebellaren Fläche des Occipitallappens durch gekreuzte Schraffierung markiert. Cytoarchitektonische Karten der Grosshirnrinde des Hundes nach Campbell.

Beim Affen besteht eine weitgehende Übereinstimmung der physiologischen und cytoarchitektonischen Ergebnisse, indem die Munksche Sehspähre sich mit der Verbreitung der Area striata im grossen ganzen deckt.

Um die Verbreitung der Area striata beim Hunde deutlich zu machen, reproduziere ich Zeichnungen aus dem Werk von Campbell¹⁾.

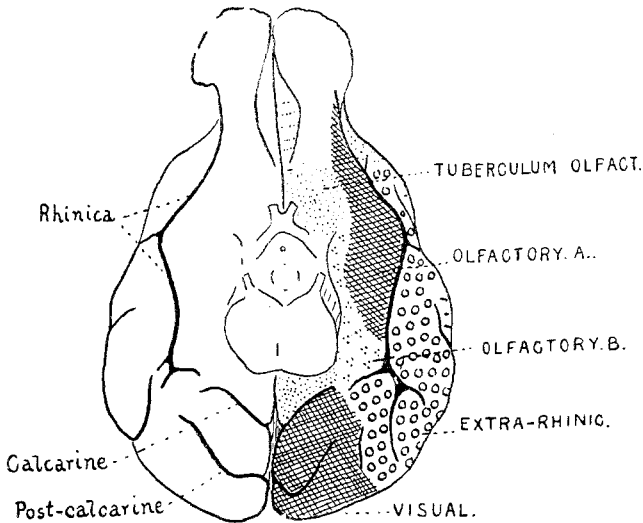


Fig. 25.

Wie auf Fig. 23, 24 und 25 zu sehen ist, ist die Area striata zum Teil auf der medialen, zum Teil auf der lateralen Hemisphärenfläche gelegen. Sie reicht an der Konvexität des Occipitallappens bis zum Sulc. lateralis, an der medialen Fläche bis zum Sulc. splenialis²⁾; die Sulci entolateralis und suprasplenialis liegen inmitten der Area; die vordere Grenze der Area wird durch eine von vorn medial nach hinten lateral ziehende Linie gebildet, deren oralster Punkt ungefähr in einer Frontalebene mit der Abzweigungsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis liegt. An der cerebellaren Fläche des Occipitallappens nimmt die Area das Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splenialis und dem Sulc. rec. sup.

1) Campbell, *Histological studies on the localisation of cerebral function.* Cambridge 1905.

2) Campbell bezeichnet den horizontalen Ast des Sulcus splenialis als Sulc. intercalaris, seinen absteigenden Ast als Sulc. calcarin.

ein, während sie am kaudalen Konvexitätsende vorne durch den Sulc. postlateralis begrenzt wird.

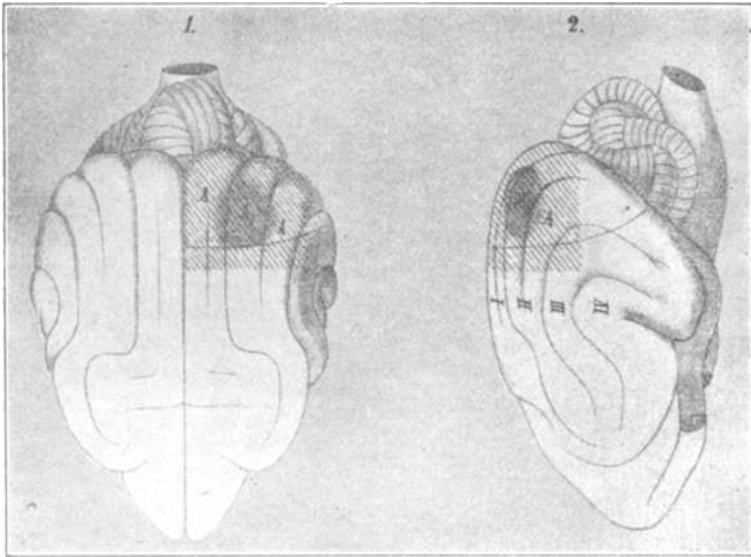


Fig. 26.

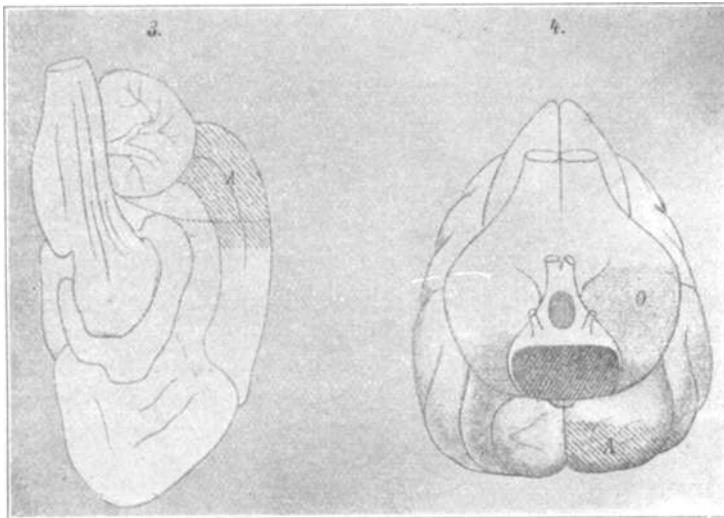


Fig. 27.

Fig. 26, 27. Die Ausdehnung der Sehsphäre nach Munk.

Vergleicht man die Zeichnungen von Campbell mit der Ausdehnung der Sehsphäre nach Munk¹⁾, so sieht man, dass eine Übereinstimmung bezüglich der medialen Grenze (Sulc. splenialis) wohl vorhanden ist. An der basal-cerebellaren Fläche des Occipitallappens nimmt die Area striata ein grösseres Gebiet ein, als es Munk hier der Sehsphäre zuweist. Eine nicht unerhebliche Differenz besteht an der vorderen Grenze, wo die Area striata, namentlich an der der Falx zugewendeten Fläche weiter frontalwärts reicht als die Munksche Sehsphäre. Der wesentlichste Unterschied bezieht sich aber auf die laterale Grenze an der Konvexität des Occipitallappens, wo die Munksche Sehsphäre die hintere Hälfte der ersten und zweiten Urwindung (Gyr. marginalis, ectolateralis et suprasylvius s. Fig. 26) umfasst, während die Area striata nach Campbell bis zum Sulc. lateralis reicht, nach Brodmann sogar fast ausschliesslich auf der Medialfläche liegt und nur den dorsalsten Teil des Gyr. marginalis nächst der oberen und hinteren Mantelkante bedeckt. Besonders auffallend ist es, dass „der eigentliche Fokus der Sehsphäre, die Stelle A_1 ; ganz²⁾ ausserhalb der Area striata liegt“ [Brodmann]³⁾.

Da Brodmann zur Auffassung neigt, dass die cytoarchitektonischen Rindenfelder auch physiologische Organe sind, von welchen spezifische Funktionen verrichtet werden, glaubt er diese Inkongruenz dadurch erklären zu können, dass Munk die Grenze der Sehsphäre beim Hund zu weit lateralwärts gezogen hat, und „dass, wenn es gelingt und aus operationstechnischen Gründen durchführbar ist, die ganze laterale Stelle A einschliesslich der Stelle A_1 ohne Verletzung der Medialfläche und vor allem ohne Läsion der Sehstrahlung zu zerstören, trotzdem keine Sehstörung eintreten wird“. Dass diese Vermutung richtig ist, habe ich im vorigen Kapitel nachgewiesen, wonach die zweite Urwindung an der Konvexität des Occipitallappens (Gyr. ectolateralis et suprasylvius) ohne darauf folgende Sehstörungen exstirpiert werden kann, wenn nur die Sehstrahlung nicht lädiert wird.

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. Berlin 1890.

2) Nach den Zeichnungen von Campbell zum allergrössten Teil (Anm. des Verfassers).

3) Brodmann, Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde S. 319. Leipzig 1909.

Sehen wir uns das von Campbell abgegrenzte Gebiet der Area striata als Ganzes an, so ist es augenfällig, dass es gerade jene Teile des Occipitallappens einnimmt, welche bei unseren Konvexitätsoperationen (nach denen gar keine oder nur vorübergehende Sehstörungen auftraten) verschont geblieben waren; anderseits hatte Berger nur in diesem Gebiet nennenswerte Abweichungen von der Norm nach Anlegung eines doppelseitigen Ankyloblepharons bei neugeborenen Hunden gefunden. Nun war es auch für mich geboten, die positive Fragestellung folgen zu lassen und durch Exstirpationen der Area striata direkt experimentell darüber Aufklärung zu suchen, ob tatsächlich dieser Rindenteil der einzige ist, der zur Rezeption von optischen Reizen befähigt ist, und dessen Zerstörung genügt, um die maximale, von der Hirnrinde überhaupt erzielbare Sehstörung herbeizuführen.

Der experimentellen Bearbeitung dieses Problems stellen sich mancherlei Schwierigkeiten in den Weg. Zunächst solche operationstechnischer Natur: das zu entfernende Gebiet liegt für operative Eingriffe sehr ungünstig; seine Hauptmasse, nämlich die mediale und basal-cerebellare Fläche des Occipitallappens, ist versteckt und dem Operateur nicht direkt zugänglich. Die operative Technik habe ich allmählich ausgebildet und bin dann bei totalen Exstirpationen der Area striata ungefähr folgendermassen vorgegangen: nach Durchtrennung der Haut in der Mittellinie des Schädels und sorgfältiger Abpräparierung des Muskels nach der Seite wurde eine ausgiebige Lücke im Knochen angelegt, deren mediale Grenze 2—3 mm von der sagittalen Mittellinie des Schädeldachs entfernt war (weiter medialwärts darf man nicht gehen, da hier der Sinus longitudinalis sup. verläuft, dessen Läsion schwere, meist sogar tödliche Blutungen verursacht); auch kaudal wurde der Knochen so weit wie möglich eröffnet, wobei man sich vor einer Verletzung des Sinus transversus hüten muss. Die sagittale Länge des Knochendefekts betrug ca. 3 cm, die frontale 2,5 cm; es hat sich als notwendig herausgestellt, die Knochenlücke auch lateralwärts ziemlich weit anzulegen, damit für die Konvexität des Occipitallappens beim Abheben seiner medialen resp. cerebellaren Fläche ein freier Spielraum bleibe; sonst würde sie dabei gegen den Knochen zu stark gedrückt werden. Die Dura wurde an den Rändern des Knochendefekts medial, vorn und hinten gespalten und nach der Seite geklappt; dann wurde ein Holzspatel vorsichtig an die mediale Fläche

des Occipitallappens eingeführt, dieselbe etwas lateralwärts verschoben, und in den gewonnenen freien Raum ein dünner Wattetampon eingeführt; dabei werden meistens Venen durchrissen, welche aus dem Gehirn in die Falx, in der Nähe des Sinus longit. oder direkt in diesen münden, und es gibt beträchtliche Blutungen, deren Stillung die grössten Schwierigkeiten bereiten kann. Waren die Blutungen gestillt und der Tampon entfernt, so suchte ich mich an der medialen Fläche zu orientieren; nahe der oberen Mantelkante verläuft der Sulc. suprasplenialis und unter ihm in der Tiefe der Sulc. splenialis. Nun schnitt ich mit dem Messer an der Konvexität der ersten Windung etwas nach aussen vom Sulc. entolateralis (oder, wo dieser fehlte, etwas nach aussen von der Mitte der ersten Windung) ein; das Messer wurde dabei schräg mit der Spitze nach unten innen so gehalten, dass es an der medialen Fläche im Sulcus splenialis heraustrat, und in dieser Stellung von vorn nach hinten bis zum kaudalsten Ende der ersten Windung geführt; diese Messerstellung hat den Vorzug, dass die Markmasse der zweiten Windung dabei am besten geschont wird. Nachdem somit die Rinde zwischen dem Sulcus entolateralis und dem Sulcus splenialis nach Möglichkeit in einem Stück abgetragen und die oft sehr erhebliche Blutung gestillt war, wurden die sichtbaren Rindenreste in der Tiefe der Furchen oder an den Grenzen des Defekts mit der Pinzette zerdrückt oder mit dem Messer an der Markgrenze seicht zirkumzidiert, wobei jede tiefere Verletzung sorgfältig vermieden wurde. Nun war der erste Akt der Operation beendet, und es musste noch die Rinde an der cerebellaren Fläche des Occipitallappens zwischen dem absteigenden Ast des Sulcus splenialis und dem Sulc. rec. sup. zerstört werden. In ähnlicher Weise wie die mediale, wurde die cerebellare Fläche des Occipitallappens mit Hilfe eines Holzspatels abgehoben und ein Wattetampon eingeführt. Auch da gab es oft erhebliche Blutungen; zur Orientierung diente einerseits der in der Tiefe verlaufende absteigende Ast des Sulcus splenialis, andererseits der Sulc. rec. sup. oder, wo dieser fehlte, der kaudalste Punkt des Sulcus postlateralis. Ich legte den Schnitt parallel der hinteren Kante des Occipitallappens, ca. 2 mm von dieser an, und, indem die Messerschneide stets parallel der cerebellaren Fläche gehalten wurde, suchte ich, nach unten und innen vordringend, die cerebellare Partie abzutragen. Die Exstirpation in einem Stück gelang aber fast niemals, die cerebellare Partie musste daher meistens

in kleinen Stücken abgetragen werden; auch da wurden die sichtbaren Rindenreste in der Tiefe der Furchen mit der Pinzette zerdrückt oder mit dem Messer zirkumzidiert. Die erhaltene Konvexität wurde mit dem Durazipfel sorgfältig zugedeckt und die Wunde in üblicher Weise zugenäht.

Ausser operationstechnischen Schwierigkeiten gibt es bei einer Aufgabe, wie die totale Exstirpation der Area striata, noch eine grundsätzliche Schwierigkeit, die in der Natur der Sache begründet ist; das ist der Umstand, dass die Begrenzung der Area striata an Furchen und Windungen, nach denen man sich bei der Operation allein richten kann, durchaus nicht gebunden ist, dass sie ferner, und das ist besonders wesentlich, in ihrer Ausdehnung und topographischen Verhältnis zu diesen makroskopischen Grenzpfählen ziemlich erheblichen individuellen Schwankungen unterworfen ist. Es wäre danach nicht zu verwundern, wenn bei der Operation gelegentlich etwas über die Area striata hinausgegangen oder umgekehrt ein kleiner Rest von dieser stehen geblieben sein sollte.

Beobachtung 19.

26. März 1910. Linksseitige Exstirpation der Area striata.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge dauernd fehlend, am gleichseitigen Auge ohne Störung.

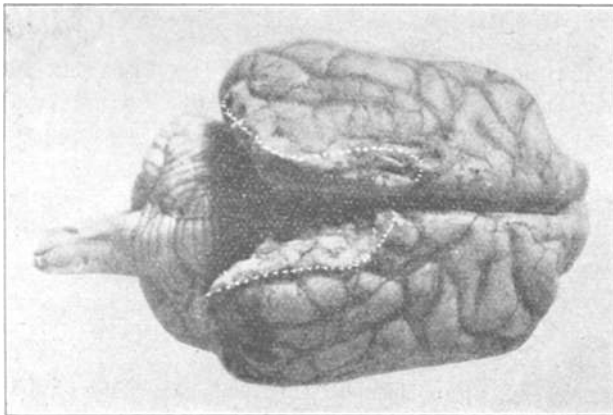


Fig. 28.

Sehen. Gleichseitiges Auge: im nasalen Gesichtsfeldviertel Amaurose bis zum sechsten Tag nach der Operation; später wird auch in diesem Bezirk gesehen, aber anscheinend amblyopisch, da die Reaktionen nicht ganz konstant und langsamer erfolgen, als im übrigen Gesichtsfeld.

Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes.

13. Mai 1910. Der Hund stirbt nach einer rechtsseitigen Exstirpation der Area striata, 7 Wochen nach der ersten Operation.

Sektion: an der ersten Urwindung ist die Area striata zerstört. Der Defekt reicht nach vorn fast bis zur Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom

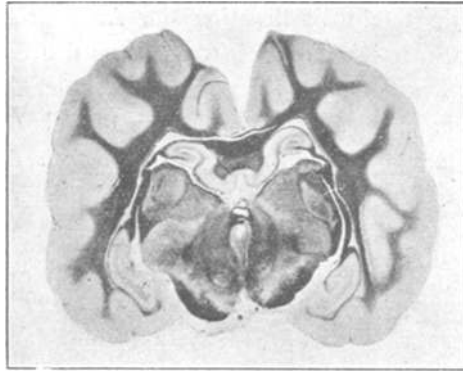


Fig. 29.

Sulc. later., med. bis zum Sulc. splenialis, lateral nicht ganz bis zum Sulc. later. Die zweite Urwindung (Gyr. ectolater. et suprasylv.) ist intakt, die Narbe lässt sich sehr leicht von der Konvexität abziehen. An der cerebellaren Fläche ist das Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. spl. und dem Sulc. rec. sup. zerstört.

Anatomische Untersuchung an Frontalschnitten: der operative Defekt reicht medial bis zum Sulc. splenialis., lateral bis zum Sulc. later.; in der Tiefe ist der Sulc. later. allseitig von erhaltener Rinde umgeben. Die zweite Urwindung und die darunter verlaufende sagittale Markmasse sind völlig intakt. Die Operation ist richtig ausgeführt.

Beobachtung 20.

14. Oktober 1910. Linksseitige Exstirpation der Area striata. Optische Reflexe: am rechten Auge dauernd fehlend.

Sehen. Gleichseitiges Auge: dauernde Amaurose im nasalen Gesichtsfeldviertel.

Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes.

Der Hund wird am 2. Dezember 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: vorn 0,5 nach hinten von der Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. later. (1,5 vom medialen Ende des Sulc. cruciatus, 2,8 von der hinteren Kante), medial bis zum Sulc. splen., lateral nicht ganz bis zum Sulc. later. Die zweite Urwindung (Gyr. ectolater. et suprasylv.)

ist intakt, die Narbe lässt sich leicht von der Konvexität abziehen. An der cerebellaren Fläche ist das Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. rec. sup. zerstört.

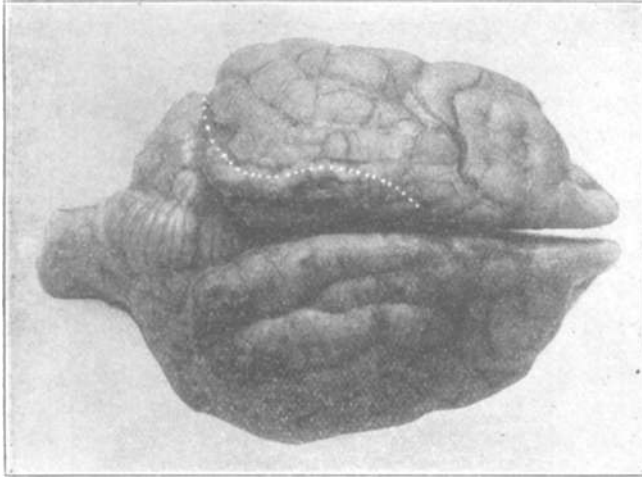


Fig. 30.

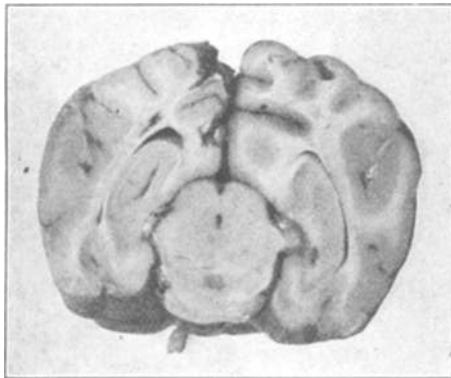


Fig. 31.

Frontalschnitt: der Defekt beschränkt sich auf die Area striata. Die zweite Urwindung ist intakt. Die Operation ist als völlig gelungen zu bezeichnen, da die Zerstörung nirgends über die Area striata (nach Campbell) hinausgeht.

Beobachtung 21.

17. August 1910. Rechtsseitige sekundäre Exstirpation der Area striata. Bei der primären Operation am 2. August wurde links die cerebellare Partie der Area striata exstirpiert.

Optische Reflexe: am linken Auge dauernd fehlend.

Gleichseitiges rechtes Auge: dauernde Amaurose der ganzen oberen Gesichtsfeldhälfte — kombinierte Folge beider Operationen; in der unteren Gesichtsfeldhälfte wird gut gesehen und prompt reagiert; im nasalen unteren Gesichtsfeldteil besteht vielleicht eine Amblyopie.

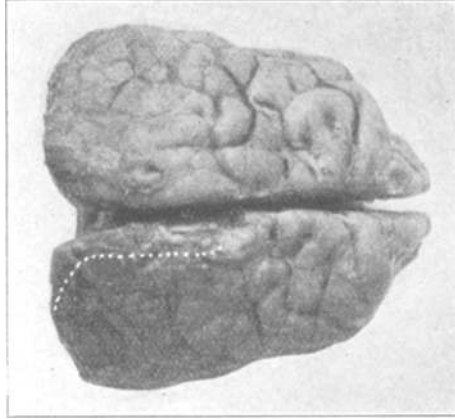


Fig. 32.

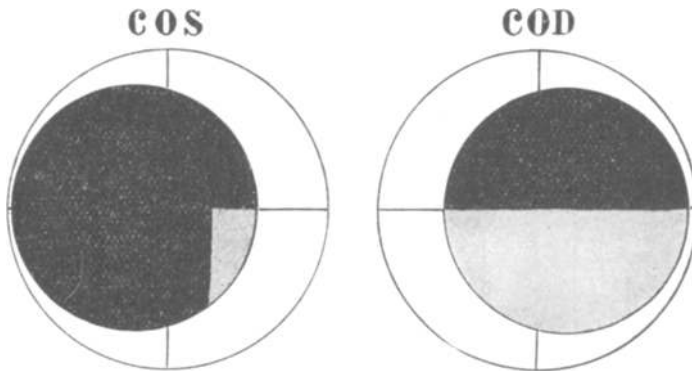


Fig. 33.

Linkes Auge: dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes und des oberen nasalen Gesichtsfeldviertels. Es wird nur im unteren nasalen Gesichtsfeldteil gesehen.

Der Hund wird am 15. November getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: vorn 1,5 nach hinten vom medialen Ende des Sulc. cruc., medial bis zum Sulc. splen., lateral bis zum Sulc. later. An der cerebellaren Fläche ist das ganze Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. rec. sup. zerstört. An der Konvexität ist die zweite Windung bis auf ihr kaudalstes Ende intakt; die Narbe lässt sich leicht vom Gehirn abziehen.

Frontalschnitte: der Defekt beschränkt sich auf die Area striata; nur an der medialen Fläche geht er über den Sulc. splen. bis zum Balken hinaus. Die Rinde der zweiten und dritten Windung und die darunter verlaufende sagittale Markmasse sind intakt.

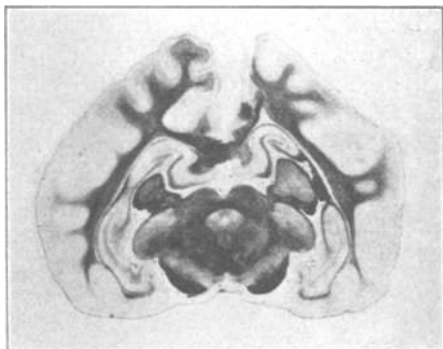


Fig. 34.

Beobachtung 22.

4. Juli 1910. Doppelseitige Exstirpation der Area striata.
 Optische Reflexe: beiderseits fehlend.
 Sehen. Linkes Auge: andauernd vollkommen blind.

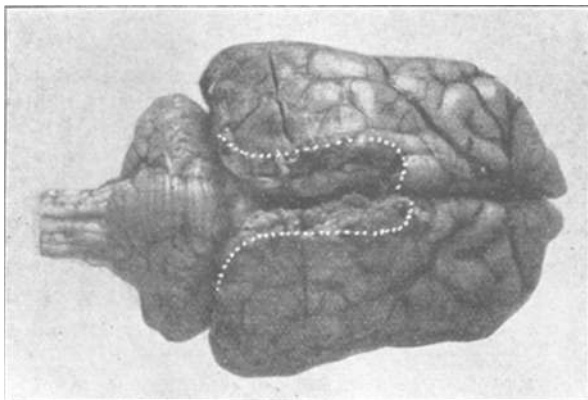


Fig. 35.

Rechtes Auge: bis zum zehnten Tage blind, von da an besteht ein schmaler sehender Bezirk im untersten innenmittleren Gesichtsfeldteil; hier wird auf Fleisch und Zucker prompt reagiert.

Der Hund stirbt am 12. Oktober 1910, drei Monate nach der Operation.

Sektion. Grenzen des Defekts: rechts: vorn fast bis zur Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. later. (2,7 von der hinteren Kante, 1,5 vom medialen

Ende des Sulc. cruciatus), medial bis zum Sulc. splen., aber auch darüber hinaus bis zum Balken ist die Rinde erweicht, lateral bis zum Sulc. later., an der cerebellaren Fläche ist das ganze Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. rec. sup. zerstört; links: die vordere Grenze reicht um 0,3 weniger weit frontalwärts als rechts, sie befindet sich 2,0 vom medialen Ende des Sulc. cruc., 2,5 von der hinteren Kante, medial bis zum Sulc. splen., lateral bis zum Sulc. later., an der cerebellaren Fläche dieselbe Zerstörung wie rechts; die zweite Windung ist, von der Oberfläche betrachtet, beiderseits erhalten.

Frontalschnitt: der operative Defekt überschreitet die Area striata rechts um die mediale Hälfte der zweiten Windung (Gyr. ectolater.), links um deren inneres Drittel (denjenigen Teil der Rinde des Gyr. ectolater., welcher die Aussenauskleidung des Sulc. later. in der Tiefe bildet). Die Oberflächenrinde des Gyr. ectolater. ist links, die des Gyr. suprasylv. beiderseits erhalten.

(Siehe Tabelle IV auf S. 255.)

Zusammenfassung.

Bei der grossen Wichtigkeit der Frage habe ich selbstverständlich viel mehr Exstirpationen der Area striata ausgeführt, als ich hier beschreibe (im ganzen 16); aber den grössten Teil der operierten Fälle war ich genötigt, als unverwertbar auszuschliessen, da die Sektion zeigte, dass die Zerstörung an der Konvexität des Occipitallappens (wo die genaue Festhaltung der Grenzen für mich besonders wichtig war) über die Area striata hinausgegriffen hatte; meistens war die zweite Windung der Konvexität entweder erweicht oder durch tiefere Herde unterminiert und von der sagittalen Markmasse abgetrennt. Denkt man einerseits an die grossen technischen Schwierigkeiten der Operation, andererseits an die Notwendigkeit eines radikalen Vorgehens, da man sonst riskiert, in der Tiefe der Furchen funktionsfähige Rinde (Area striata) zu lassen, so wird man wohl zugeben, dass die grosse Zahl der unverwertbaren Operationen nichts Unerwartetes ist, dass man vielmehr zufrieden sein muss, wenn es überhaupt gelungen ist, einige „reine“ Fälle zu erhalten. Als solche angesprochen und sowohl hier bei der Untersuchung der Bedeutung der Area striata wie bei der Beurteilung der Projektion, habe ich nur Fälle verwertet, wo die Zerstörung an der Konvexität des Occipitallappens nicht über den Sulcus lateralis hinausging, wo also die zweite Windung intakt war. Nur Beobachtung 22 bildet eine Abweichung von diesem Prinzip, indem hier rechts der Gyrus ectolateralis, links sein mediales Drittel über den Sulcus lateralis hinaus zerstört ist. Ich teile diesen Fall nur mit, weil es sich hier bei

Tabelle IV.
Exstirpationen der Area striata.

Nummer der Beobachtung	Art der Operation	Sehen		Dauer der Beobachtung	Sektion
		Gleichseitiges Auge	Gekreuztes Auge		
19.	linksseitige Exstirpation der Area striata	Amaurose im nasalen Gesichtsfeldviertel bis zum sechsten Tag; später wird auch in diesem Gesichtsfeldteil gesehen, wahrscheinlich aber amblyopisch	dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes	6 Wochen	die Zerstörung beschränkt sich auf die Area striata. Die zweite Windung ist intakt
20.	linksseitige Exstirpation der Area striata	dauernde Amaurose im nasalen Gesichtsfeldviertel	dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes	7 Wochen	do.
21 a.	sekundäre rechtsseitige Exstirpation der Area striata. (Primäre Operation: linksseitige Exstirpation der cerebellaren Partie der Area striata)	Amaurose des oberen nasalen Gesichtsfeldteiles (kombinierte Folge beider Operationen) + Amaurose der oberen Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes (Folge der primären Operation)	dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes (Folge der sekundären Operation) + Amaurose des oberen nasalen Gesichtsfeldteiles (kombinierte Folge beider Operationen)	3 Monate	die Zerstörung beschränkt sich auf die Area striata und den kaudalsten Teil der zweiten Windung
22.	doppelseitige Exstirpation der Area striata	linkes Auge: dauernde totale Amaurose	rechtes Auge: vollkommene Amaurose b. zum zehnten Tag, von da an besteht ein schmaler sehender Bezirk im unteren inneren mittleren Gesichtsfeldteil	3 Monate	links reicht die vordere Grenze des Defekts um 0,3° weniger weit frontalwärts als rechts. Der Defekt umfasst beiderseits die Area striata und darüber hinaus an der Konvexität rechts den Gyrus ectolateralis, links sein inneres Drittel

einer doppelseitigen Operation nur um eine geringe Überschreitung der Grenzen der Area striata handelt, und weil er wegen des Erhalten-seins eines kleinen Teils des Gesichtsfeldes am rechten Auge ein Interesse vom Standpunkt der Projektionsfrage bietet. Für die Bedeutung der Area striata halte ich ihn nicht für beweisend und muss mich in dieser Beziehung auf die übrigen drei Fälle berufen (Beob. 19, 20 und 21 a), wo die Zerstörung an der Konvexität den Sulcus lateralis nicht überschreitet, und die Grenzen der Area striata so genau eingehalten sind, wie es bei Operationen überhaupt erreichbar ist.

Angesichts der grossen experimentellen Schwierigkeiten und der relativen Einwandfreiheit und Übereinstimmung der mitgeteilten Fälle bin ich wohl berechtigt, aus ihnen, mag ihre Zahl auch gering sein, Schlüsse zu ziehen; und das um so eher, als das Ergebnis dieser Versuchsreihe einerseits durch die Ergebnisse der bereits beschriebenen Konvexitätsoperationen (Exstirpationen der zweiten Windung, wonach keine oder nur vorübergehende Sehstörungen auftreten), anderseits durch die noch zu besprechenden partiellen Exstirpationen der Area striata in der schönsten Weise ergänzt, bestätigt und präzisiert wird.

Die Störungen des Sehens waren in den Fällen, wo über die Area striata hinaus auch die zweite Windung zerstört worden war, nicht anders als in den mitgeteilten, so dass ich mich in der Beurteilung des Charakters der Sehstörung nach einseitiger Zerstörung der Sehsphäre, speziell bezüglich des Verhaltens des gleichseitigen Auges, auf ein grosses Material stützen kann; nur für die Feststellung der Bedeutung der Area striata als desjenigen Gebietes, dessen Zerstörung genügt, um die maximale, von der Hirnrinde überhaupt erreichbare Sehstörung herbeizuführen, muss ich mit den wenigen „reinen“ Fällen fürlieb nehmen.

Sehen. 1. Gekreuztes Auge. Das Ergebnis dieser Versuchsreihe lässt sich kurz zusammenfassen: nach einseitiger Zerstörung der Area striata besteht am gekreuzten Auge eine dauernde Amaurose in den temporalen $\frac{3}{4}$ des Gesichtsfeldes, d. h. im ganzen von der gekreuzten Hemisphäre versorgten Gebiet (Beob. 19, 20, 21 a).

Aus Beobachtung 21 darf man schliessen, dass die doppelseitige Zerstörung der Area striata (deren Grenzen in diesem Fall nur wenig überschritten sind) vollkommene Blindheit bedingt, und wenn ein

kleiner Teil des Gesichtsfeldes am rechten Auge erhalten geblieben ist, so muss das wohl darauf zurückgeführt werden, dass an den Grenzen des Defekts oder in der Tiefe der Furchen in der linken Hemisphäre irgendwo ein geringes Areal von funktionsfähiger Area striata zurückgelassen worden ist; die Sektion bietet insofern eine Bestätigung dieser Annahme, als links die Grenze des operativen Defekts weniger weit frontalwärts reicht als rechts, und ausserdem ein Teil der Rinde über dem Sulcus splenialis (also innerhalb der Area striata) erhalten ist. Bei der Besprechung der Projektion komme ich auf diesen Fall noch zurück.

2. Gleichseitiges Auge. Das Verhalten des gleichseitigen Auges nach einseitiger Exstirpation der Sehsphäre verlangt eine ausführliche Besprechung, der ich ein besonderes Kapitel widme.

VII. Die Innervation des lateralsten Netzhautteils.

Munk hatte ursprünglich angegeben, dass nach einseitiger Zerstörung der Sehsphäre AA_1A das gekreuzte Auge blind sei, während das gleichseitige keine Abweichung von der Norm darbiete, wenigstens habe er sich „trotz aller Mühe von einer der Verletzung gleichseitigen Sehstörung nie beim Hunde überzeugen können“;¹⁾ er musste deshalb annehmen, dass jeder Sehsphäre die ganze gekreuzte Retina und nur diese zugeordnet sei. Damit stand aber im Widerspruch, dass die anatomischen Untersuchungen v. Guddens auch für den Hund eine unvollständige Kreuzung der Sehnerven im Chiasma ergeben hatten, und dass beim Affen der physiologische Versuch gezeigt hatte, dass entsprechend der unvollständigen Kreuzung der Nn. optici eine einseitige Exstirpation der Rinde des Occipitallappens eine bilaterale Sehstörung, die Hemianopsie, bedinge.

Dieser Widerspruch wurde bald durch eine Korrektur der physiologischen Ergebnisse aufgehoben. Nicati²⁾ hat an jungen Katzen (zwischen Katzen und Hunden besteht in dieser Beziehung wohl kein wesentlicher Unterschied) die mediane Durchtrennung des Chiasma ausgeführt und danach konstatiert, dass

1) Munk, Über die Funktion der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. S. 30. Berlin 1890.

2) Nicati, Preuves expérimentales du croisement incomplet des fibres nerveuses dans le chiasma des nerfs optiques. Compt. rend. de l'Acad. d. scienc. t. 1 p. 86. 1878.

die Tiere noch sahen. Dann haben Luciani und Tamburini¹⁾ angegeben, dass nach einseitiger Exstirpation ihres Sehentrums (welches sich im Gyrus suprasylvius in einer langen Rindenzone von der Frontalregion bis zur Occipitalregion erstreckt) beim Hund eine bilaterale Sehstörung und zwar eine fast vollkommene Amaurose des gegenseitigen und eine leichte Amblyopie des gleichseitigen Auges auftritt; letztere bildet sich rasch zurück, während erstere sich nur langsam bessert; folgt eine gleiche Operation auf der zweiten Seite, so stellt sich fast vollkommene beiderseitige Blindheit ein. Eine ähnliche Beobachtung hat auch Goltz mitgeteilt²⁾.

Durch diese Befunde war der Beweis erbracht, dass auch beim Hund der unvollständigen anatomischen Kreuzung der Nn. optici im Chiasma physiologisch eine Zuordnung jeder Hemisphäre zu beiden Netzhäuten entspricht.

Munk hat dann auch seine ursprünglichen Angaben korrigiert und die bilaterale Sehstörung nach einseitiger Exstirpation des Occipitallappens genauer studiert. Er kam zu dem Ergebnis, dass „jede Retina zum grössten Teil mit der gegenseitigen Sehsphäre und nur zu einem kleinen Teil, nämlich mit ihrer äussersten lateralen Partie, mit der gleichseitigen Sehsphäre in Verbindung steht. Die letztere ist, nach dem Gesichtsfelddefekte des einen und dem Gesichtsfeldreste des anderen Auges nach einseitiger Exstirpation der Sehsphäre zu schliessen, bei den verschiedenen Hunderassen von etwas verschiedener Grösse, und zwar dort grösser, wo die Divergenz der Augen geringer ist; aber auch in den günstigsten Fällen dürfte sie nicht mehr als etwa ein Viertel der Retina ausmachen“³⁾ Bei der Aufstellung seines Projektionschemas hat Munk auch diesem, von der gleichseitigen Hemisphäre versorgten lateralsten Netzhautteil ein besonderes Projektionsfeld innerhalb seiner Sehsphäre zugewiesen und zwar im äussersten lateralen Drittel ihrer an der Convexität gelegenen Partie: nach einer zirkumskripten Exstirpation dieses Sehsphärenteils wird nach Munk die lateralste Netzhautpartie des gleichseitigen Auges regelmässig

1) Luciani e Tamburini, Gli centri psico-sensori corticali. Riv. di Freniatria. 1879.

2) Goltz, Über die Verrichtungen des Grosshirns. Pflüger's Arch. Bd. 13, 20, 34 u. 42.

3) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. Berlin 1890.

rindenblind, während am gekreuzten Auge keinerlei Sehstörung auftritt; „dabei darf die mediale Grenze der Exstirpationsfläche mehrere Millimeter entfernt bleiben von der Furche, welche den Gyrus supersylvius R. Owen ungefähr hälftet“¹⁾.

Auch Hitzig war die Sehstörung am gleichnamigen Auge anfänglich entgangen; später war er mit Munk darüber einig, dass das laterale Viertel einer jeden Retina regelmässig der gleichnamigen, der Rest der ungleichnamigen Hemisphäre zugeordnet ist; er konstatierte aber in den meisten Fällen das frühzeitige Verschwinden der gleichnamigen Sehstörung und nahm deshalb an, dass, abgesehen von individuellen Verschiedenheiten, „das laterale Viertel der Retina von beiden Hemisphären, stärker allerdings von der gleichnamigen innerviert werde“. Ganz entschieden bestritt er aber die Angabe Munks über die Projektion des gleichseitigen Anteils der Retina in dem lateralen Drittel der Sehsphäre; dass die Munksche Projektion in diesem Punkte nicht zutreffend ist, geht auch aus meinen Ausführungen im fünften Kapitel hervor.

Nachdem ich mich davon überzeugt hatte, dass die ganze gekreuzt innervierte Retina innerhalb der Area striata vertreten ist, lag es mir nahe anzunehmen, dass auch der kleine, von der gleichseitigen Hemisphäre versorgte Netzhautanteil innerhalb dieses spezifisch gebauten Rindengebietes vertreten ist. Wenn aber der lateralste Netzhautanteil in der gleichseitigen Area striata und nur in dieser vertreten ist, so muss man nach Analogie mit der dauernden Rindenblindheit des grössten Teils der gekreuzten Retina, nach einseitiger Zerstörung der Area striata auch eine dauernde Rindenblindheit des lateralsten Netzhautteils und dementsprechend ein dauerndes Skotom im inneren (nasalen) Gesichtsfeldviertel am gleichseitigen Auge erwarten. Wird diese Erwartung durch das Experiment bestätigt?

Bevor ich diese Frage beantworte, möchte ich noch einige Bemerkungen vorausschicken. Wenn solchen Forschern wie Munk und Hitzig ein Ausfall am gleichnamigen Auge nach einseitiger Zerstörung der Occipitalrinde anfänglich entgangen ist, so ist das schon ein Hinweis darauf, dass die Feststellung dieses Ausfalls besonders schwierig sein muss. Das ist tatsächlich der Fall.

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. Berlin 1890.

Der von der gleichseitigen Hemisphäre versorgte Netzhautteil ist nämlich im Verhältnis zur übrigen Retina klein; mag es da auch individuelle Schwankungen geben, so stimme ich Munk vollkommen bei, dass dieser auch in den günstigsten Fällen nicht mehr als $\frac{1}{4}$ der Retina ausmacht; in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle ist der gleichseitig versorgte Netzhautteil noch bedeutend kleiner. Als Mass dafür gilt jener Teil des Gesichtsfeldes, der nach einseitiger Zerstörung des Occipitallappens am gekreuzten Auge erhalten bleibt; wie ich mich wiederholt überzeugen konnte, reicht die erhaltene Gesichtsfeldpartie nicht über die sagittale Mittellinie der Nase und ihre Verlängerung nach unten; von da erstreckt sie

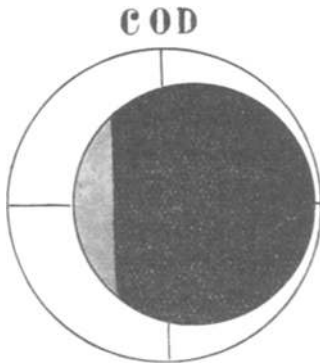


Fig. 36. Durchschnittliche Grösse des erhaltenen rechten Gesichtsfeldes (hellere Partie) nach einer linksseitigen Exstirpation der Sehsphäre.

sich auf ca. 20° nach innen (vor das andere Auge); das dürfte im Verhältnis zum ganzen Gesichtsfeld, am horizontalen Meridian gemessen, ungefähr ein Sechstel ausmachen.

Bietet die Feststellung dieses erhaltenen Gesichtsfeldteils am gekreuzten Auge im allgemeinen keine Schwierigkeiten, da hier im Gegensatz zum übrigen Gesichtsfeld lebhaftere Reaktionen erfolgen, so ist die Entscheidung, ob am gleichseitigen Auge ein entsprechender Ausfall besteht, oft sehr schwierig. Jeder Augenarzt weiss, wie schwierig

die Feststellung derartiger kleinerer Skotome in der Peripherie des Gesichtsfeldes schon beim Menschen ist; beim Hund ist sie noch grösser, da er noch weniger zu fixieren ist, und da schon bei geringfügigen, nach innen gerichteten Augendrehungen ein in diesem engen Bezirk, etwa über der Mittellinie der Nase oder nach innen davon gehaltenes Objekt sich auf benachbarten funktionierenden Netzhautpartien abbilden kann; man wird wohl zugeben müssen, dass die Entscheidung, ob in dem fraglichen Gesichtsfeldteil eine Sehstörung vorliegt, nicht leicht zu treffen ist.

Ich habe eine Amaurose im nasalen (gleichseitigen) Gesichtsfeldviertel bei Hunden angenommen, die über der Mittellinie der Nase und nach innen davon niemals reagierten, eine Amblyopie diagnostiziert, wo in diesem Bezirk Reaktionen wohl erhältlich

waren, aber einen erheblichen Grad von Inkonstanz, Langsamkeit und Unsicherheit zeigten. Es ist möglich, dass ich mich in dieser Beziehung gelegentlich geirrt und eine Amblyopie dort angenommen habe, wo keine vorhanden war. Aber für die Beurteilung dieser Frage hat solch ein Fehler nur wenig Bedeutung, während ich den umgekehrten Fehler, nämlich die Annahme von Sehen in diesem Bezirk in Fällen, wo in Wirklichkeit eine Amaurose bestand, vermieden zu haben glaube.

Die Sehstörungen nach einseitiger „reiner“ Exstirpation der Area striata sind in Tabelle IV zusammengestellt (Beobachtung 19, 20 und 21 a). In allen drei Fällen bestand nach der Operation eine Amaurose im gleichseitigen nasalen Gesichtsfeldteil, aber nur in einem Fall (Beobachtung 20) blieb sie in diesem ganzen Gebiet dauernd bestehen; in Beobachtung 21 a war die Amaurose wohl dauernd in der oberen Hälfte des nasalen Gesichtsfeldviertels, was aber als kombinierte Folge von zwei Operationen (der rechtsseitigen sekundären Exstirpation der Area striata und der linksseitigen primären Exstirpation ihrer cerebellaren Partie) hier zunächst von der Betrachtung ausgeschaltet werden kann; dagegen restituierte sich die untere Hälfte des nasalen Gesichtsfeldviertels, zu der die primäre Operation in keiner Beziehung stand (s. Fig. 33); in Beobachtung 19 restituierte sich das Sehen im ganzen nasalen Gesichtsfeldviertel. In diesen zwei Fällen (Beobachtung 19 und 21 a) waren die Reaktionen im restituierten gleichseitigen Gesichtsfeldteil inkonstant und zuweilen unsicher, so dass ich eine Amblyopie hier annahm; jedenfalls steht fest, dass nach einiger Zeit auch im nasalen Gesichtsfeldviertel des gleichseitigen Auges (in Beobachtung 21 a nur in seiner unteren Hälfte) Reaktionen auf optische Eindrücke zweifellos auslösbar waren, so dass das Gesichtsfeld keine Einschränkung gegen die Norm zeigte. Am gekreuzten Auge bestand in diesen Fällen eine maximale Sehstörung, nämlich ein dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes. Es folgt daraus, dass nach einer einseitigen Zerstörung der Area striata, welche am gekreuzten Auge eine maximale Sehstörung herbeiführt, am gleichseitigen Auge im nasalen Gesichtsfeldviertel zunächst eine Amaurose sich einstellt, die zuweilen dauernd bestehen bleibt, während in anderen Fällen (wie sich noch zeigen wird, handelt es sich um die Mehrzahl) nach einiger Zeit auch in diesem Gesichtsfeldteil Sehen nachweisbar ist, und nur eine Amblyopie wahrscheinlich zurückbleibt.

Es liegt der Einwand nahe, dass dieses Ergebnis für die relative Richtigkeit des Munkschen Projektionsschemas und seiner Begrenzung der Sehsphäre an der Konvexität sprechen könnte; denn das laterale Drittel der Munkschen Sehsphäre, in welches er den gleichseitigen lateralsten Netzhautteil projizierte, war bei diesen Operationen erhalten, und dies könnte als Erklärung für seine Restitution herangezogen werden. Ich habe aber bereits gezeigt, dass das Munksche Projektionsschema in diesem Punkte unrichtig ist, dass das laterale Drittel seiner Sehsphäre mit der gleichseitigen Retina keinerlei Beziehungen hat, und dass dieses Gebiet überhaupt ausserhalb der eigentlichen Sehsphäre liegt. Schon deshalb erscheint mir der erwähnte Einwand nicht stichhaltig; eine direkte Widerlegung erfährt er aber durch den Verlauf der Sehstörung in den Fällen, wo nicht nur die Area striata, sondern über diese hinaus an der Konvexität auch die zweite Urwindung in einer Ausdehnung einseitig zerstört waren, die derjenigen der Munkschen Sehsphäre entspricht. Ich verfüge über eine ganze Anzahl von derartigen Beobachtungen, begnüge mich aber hier damit, nur zwei solche Fälle mitzuteilen, da der Verlauf der Sehstörung am gleichseitigen Auge stets annähernd derselbe war, während am gekreuzten Auge ausnahmslos eine maximale Sehstörung, ein dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes bestand.

Von den jetzt mitzuteilenden zwei Fällen habe ich in einem (Beobachtung 24) eine Exstirpation der Munkschen Sehsphäre in der von Munk angegebenen Weise¹⁾ ausgeführt; in dem anderen (Beobachtung 23) war eine Exstirpation der Area striata beabsichtigt, aber die Sektion zeigte später, dass durch operative Komplikationen auch die Rinde der zweiten und zum Teil auch des horizontalen Schenkels der dritten Windung zerstört oder jedenfalls durch Abtrennung vom Mark ausser Funktion gesetzt worden war.

Beobachtung 23.

9. Mai 1910. Beabsichtigte Operation: linksseitige Exstirpation der Area striata.

Optische Reflexe: links lebhaft, rechts dauernd fehlend.

Sehen. Gleichseitiges Auge: Amaurose im nasalen Gesichtsfeldviertel bis zum zehnten Tag nach der Operation. Von da an wird auch in diesem

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitteil. S. 275. Berlin 1890.

Bezirk sicher gesehen, so dass am Gesichtsfeld keinerlei Einschränkung nachweisbar ist.

Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes.

Am 20. Juni 1910 wird eine rechtsseitige Exstirpation der Area striata vorgenommen; nach dieser Operation ist der Hund schwer krank und stirbt am 23. Juni.

Sektion: ausser der Area striata ist links auch die zweite und ein Teil der dritten Windung an der Konvexität von der Narbe vollkommen eingedrückt und erweicht. Es ist jedenfalls das ganze Gebiet der Munkschen Sehsphäre zerstört.

Beobachtung 24.

27. Mai 1910. Linksseitige Exstirpation des Occipitallappens in der von Munk angegebenen Weise¹⁾.

Optische Reflexe: links lebhaft, rechts dauernd fehlend.

Sehen. Gleichseitiges Auge: Amaurose im nasalen Gesichtsfeldviertel bis zum zehnten Tag nach der Operation. Später wird auch in diesem Bezirk gesehen, so dass am CoS keinerlei Einschränkung nachweisbar ist.

Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes.

Am 1. Juli 1910 wird eine rechtsseitige Exstirpation der Area striata ausgeführt. Danach erweist sich der Hund bei wiederholter Prüfung als vollkommen rindenblind. Er erkrankt am 9. Juli und stirbt am 15. Juli.

Sektion: links ist die ganze Munksche Sehsphäre und über diese hinaus noch der horizontale Schenkel der dritten Windung zerstört; rechts hat ein frischer entzündlicher Prozess (nach der sekundären Operation) die Ränder des Defekts zerstört und zur Eröffnung des Ventrikels geführt. Die rechtsseitige Operation ist unverwertbar.

In diesen zwei Fällen (wie in mehreren anderen), wo die ganze Munksche Sehsphäre einseitig zerstört worden war, bestand im gleichseitigen nasalen Gesichtsfeldteil eine Amaurose bis zum zehnten Tag nach der Operation; später waren auch in diesem Gesichtsfeldteil sicher Reaktionen auf optische Eindrücke auslösbar. Daraus geht wohl deutlich hervor, dass die Restitution dieser Sehstörung mit dem Erhaltensein des lateralen Teils der Munkschen Sehsphäre nicht das geringste zu tun hat, da sie ebensogut nach Zerstörung der ganzen Munkschen Sehsphäre zustande kommt. Es ist für diese Restitution keine andere Erklärung möglich, als die, dass der lateralste Netzhautteil, wenigstens in der grossen Mehrzahl der Fälle, zwar vorwiegend von der gleich-

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitteil. S. 275. Berlin 1890.

seitigen Hemisphäre versorgt wird, aber auch mit der gekreuzten in Verbindung steht.

Nachdem wir gesehen haben, dass der ganze gekreuzt innervierte Teil der Retina innerhalb der Area striata vertreten ist, dass eine einseitige Exstirpation derselben auch im nasalen Gesichtsfeldteil des gleichseitigen Auges ursprünglich eine Amaurose erzeugt, und dass die Konvexität der zweiten Windung des Occipitallappens mit dem lateralsten Netzhautteil in keinerlei Beziehung steht, dürfen wir behaupten, dass auch der lateralste Netzhautteil in der Area striata oder richtiger in beiden Areae striatae, vorwiegend in der gleichseitigen, vertreten ist.

Wie ist es aber dann zu erklären, dass nach einseitiger Zerstörung der Area striata oder des ganzen Occipitallappens im nasalen Gesichtsfeldteil des gleichseitigen Auges zuerst eine Amaurose besteht, und nicht gleich von Anfang an Sehen nachweisbar ist. Angesichts der totalen Kreuzung der Sehnerven bei niederen Wirbeltieren neige ich zur Annahme, dass es sich bei denjenigen dem lateralsten Netzhautteil zugehörigen Opticusfasern, die im Chiasma eine Kreuzung erfahren, um phylogenetisch alte Fasern handelt, die vielleicht zur Rückbildung neigen, nachdem die phylogenetisch jüngeren ungekreuzten die Funktion übernommen haben. Nur wenn diese durch Ausschaltung der gleichseitigen Sehsphäre lahmgelegt sind, treten unter der Einwirkung der den lateralsten Netzhautteil treffenden Reize, für die der normale Weg versperrt ist, die alten gekreuzten Fasern wieder in Tätigkeit und bewirken eine partielle Restitution. Der Umstand, dass nach einseitiger Exstirpation der Sehsphäre die Amaurose im nasalen Gesichtsfeldteil des gleichseitigen Auges auch dauernd sein kann (Beobachtung 20), scheint darauf hinzuweisen, dass diese gekreuzten Fasern gelegentlich ganz fehlen oder nicht mehr funktionsfähig sind.

Die Feststellung einer doppelten Innervation des lateralsten Netzhautbezirks ist nicht nur von entwicklungsgeschichtlichem Interesse, sondern sie gibt vielleicht auch einen Schlüssel dafür, wie Munk zu jener eigentümlichen Projektion der lateralsten Netzhautteile auf das laterale Drittel seiner Sehsphäre gekommen ist. Wie erwähnt, hatte er ursprünglich angenommen, dass jeder Hemisphäre die ganze gekreuzte Retina zugeordnet sei; nachdem durch eine Reihe von Beobachtungen festgestellt worden war, dass

der lateralste Netzhautteil gleichzeitig versorgt werde, ist er anscheinend in den entgegengesetzten Fehler verfallen, indem er die Möglichkeit einer gleichzeitig bestehenden gekreuzten Innervation für diesen Netzhautteil völlig ausser acht liess. Dass jemand, der einen Fehler begangen und eingesehen hat, nunmehr eine diametra entgegengesetzte Richtung einschlägt, ohne an die aurea mediocritas zu denken, ist eine im praktischen und wissenschaftlichen Leben gleich häufige Erscheinung. Und indem Munk nach Operationen im Bereich des Occipitallappens, die am gekreuzten Auge eine maximale Sehstörung bewirkten (wozu ja nur die Exstirpation der Area striata, d. h. der ersten Windung und der cerebellaren Fläche erforderlich ist), am gleichseitigen Auge den lateralsten Netzhautteil nach einiger Zeit wieder funktionsfähig sah, musste er, wenn er an einer ausschliesslich gleichseitigen Versorgung festhielt, diesen Netzhautteil ausserhalb der eigentlichen Sehsphäre projizieren; es wird deshalb verständlich, warum gerade dieser Teil der Netzhaut sich in seinem Projektionsschema am weitesten lateralwärts an der Konvexität des Occipitallappens, somit sicher ausserhalb der Area striata — der eigentlichen Sehsphäre — befindet.

Neben solchen Operationen wie die zuletzt mitgeteilten (Beobachtung 23 und 24) habe ich, wie angesichts der operationstechnischen Schwierigkeiten und der individuellen Schwankungen in der Verbreitung der Area striata nicht anders zu erwarten stand, auch umgekehrt Fälle von unvollkommener Exstirpation der Area striata bekommen, wo Teile derselben stehen blieben, obwohl eine totale operative Exzision beabsichtigt war; das Erhaltensein eines Teiles der Area striata ging in allen derartigen Fällen meiner Beobachtung schon aus dem mikroskopischen Sektionsergebnis hervor, wenn man die tatsächlichen Grenzen des Defekts mit den Grenzen der Area striata (nach Campbell) verglich. In solchen Fällen waren stets Reste von Sehen, aber nur in einem bestimmten, scharf umgrenzten Teil des Gesichtsfelds vorhanden, und sie liefern einerseits einen neuen Beweis dafür, dass die Area striata das eigentliche lichtempfindungsfähige Rindengebiet ist, andererseits sind sie auch für die Projektion mittelbar von Bedeutung, indem sie kundtun, welche Teile der Netzhaut in den erhaltenen Partien der Sehrinde vertreten sind.

Ich beschränke mich auf die Mitteilung eines besonders charakteristischen Falles von unvollkommener Exstirpation der Area striata.

Beobachtung 25.

27. Juni 1910. Beabsichtigte Operation: doppelseitige Exstirpation der Area striata.

Sehen. Rechtes Auge: es wird in einem schmalen Gebiet in der untersten Peripherie des Gesichtsfeldes gesehen, nur im innenmittleren Gesichtsfeldviertel verbreitert sich der erhaltene Bezirk, indem er in die Höhe steigt und die Stelle des deutlichsten Sehens wahrscheinlich zum Teil einschliesst.

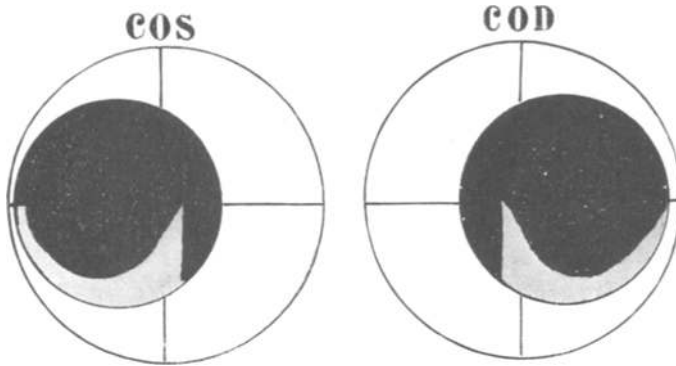


Fig. 37.

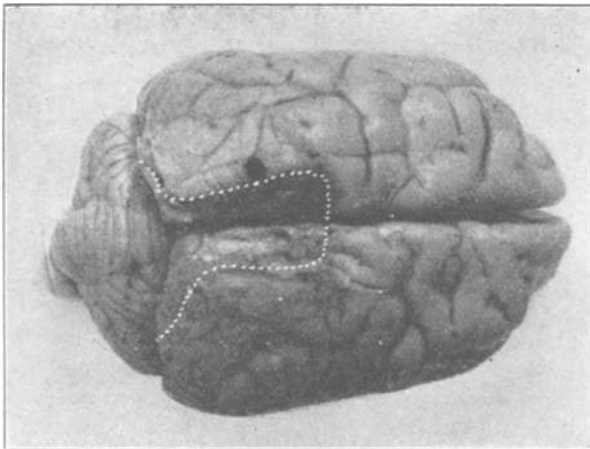


Fig. 38.

Linkes Auge: im wesentlichen wie rechts (s. Fig. 37).

Der Hund wird am 21. November 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: beiderseits symmetrisch; vorne: 1,2 nach hinten von der Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. later. 2,2 nach hinten vom medialen Ende des Sulc. cruc., lateral bis zum Sulc. later., medial bis zum Sulc. splen.; an der cerebellaren Fläche ist das Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. rec. sup. zerstört.

Schon die makroskopische Betrachtung dieses Falles zeigt, dass die Area striata hier beiderseits unvollkommen extirpiert ist, indem ihre vordere Grenze, namentlich an der medialen Fläche, nicht erreicht wird (s. Fig. 23 und 24), und darauf ist wohl der Umstand zurückzuführen, dass an beiden Augen, und zwar in denselben Teilen des Gesichtsfeldes, noch Sehen erhalten war; in Übereinstimmung mit den cytoarchitektonischen Ergebnissen, mit v. Monakow und Kalberlah¹⁾ schliesse ich aus der Gesamtheit meiner Beobachtungen, dass die vordere Grenze der Sehsphäre, mögen da individuelle Schwankungen auch eine gewisse Rolle spielen, im allgemeinen erheblich weiter frontalwärts liegt, als dies Munk angenommen hatte; will man in dieser Richtung sicher gehen, so muss man die erste Windung, besonders an der medialen Fläche, fast bis zu einer Frontalebene abtragen, welche die Abzweigungsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis in sich schliesst (diese Ebene liegt 1,4—1,6 cm nach hinten vom medialen Ende des Sulc. cruc.).

Einen besonderen Wert erlangt dieser Fall dadurch, dass ich das orale Ende des Defekts auch mikroskopisch untersucht habe. An einer Reihe von frontalen, nach Nissl gefärbten Serienschnitten konnte das Erhaltensein von Rinde vom Typus der Area striata an der medialen Fläche festgestellt werden. Dieser Fall liefert somit eine indirekte Bestätigung der Bedeutung der Area striata als des einzigen lichtempfindungsfähigen Rindengebietes; zugleich bietet er ein grosses Interesse für die Projektionsfrage, indem aus ihm deutlich hervorzugehen scheint, dass im oralsten Teil der Area striata die obersten Teile der Netzhaut (welche den erhaltenen untersten Teilen des Gesichtsfeldes entsprechen) vertreten sind; er stimmt in dieser Beziehung mit den Beobachtungen 17 und 18 überein (Kapitel V), und ich werde diesen Befund bei der Besprechung der Projektion noch berücksichtigen.

Kurz zusammengefasst, ergibt sich aus beiden letzten Kapiteln:

1. Die einseitige totale Exstirpation der Area striata bewirkt am gekreuzten Auge eine dauernde maximale Sehstörung, wobei der grösste Teil des Ge-

1) Kalberlah, Über die Augenregion und die vordere Grenze der Sehsphäre Munk's. Arch. f. Psych. Bd. 37. 1903.

sichtsfeldes (mehr als drei Viertel) ausfällt; es bleibt nur ein schmaler nasaler Streifen erhalten. Am gleichseitigen Auge tritt im nasalen Gesichtsfeldstreifen eine Amaurose ein, die im Gegensatz zu der dauernden Sehstörung des gekreuzten Auges meist nur vorübergehend ist; eine nasale Amblyopie bleibt wahrscheinlich dauernd bestehen.

2. Der grösste Teil jeder Retina (über drei Viertel) ist in der gekreuzten Area striata vertreten; der übriggebliebene lateralste Netzhautteil ist in beiden Areae striatae, vorwiegend in der gleichseitigen, vertreten.

3. Die physiologische Sehsphäre oder das optisch-sensorische Feld deckt sich mit der Area striata; von der ganzen Rinde ist nur dieses cytoarchitektonisch eigenartige Gebiet zur ersten Rezeption von optischen Eindrücken befähigt.

An dieses Ergebnis (Punkt 3) möchte ich eine kurze theoretische Bemerkung knüpfen. Die Area striata hat sich wie alle übrigen cytoarchitektonischen Rindenfelder aus einem sechsschichtigen Grundtypus des Cortex der Säugetiere herausentwickelt, und zwar in der ganzen Säugetierreihe mit nur geringen tektonischen Variationen; sie ist histologisch spezifisch differenziert und regionär gegen die Umgebung scharf abgegrenzt. Und was man schon a priori annehmen kann, dass ein derartiger Gewebekomplex einer einheitlichen, allen Säugetieren zukommenden elementaren Funktion vorsteht oder ein physiologisches Organ bildet, das glauben wir jetzt experimentell nachgewiesen zu haben.

Wie soll man sich aber den Prozess dieser Organbildung vorstellen? „Die Organbildung beruht auf Arbeitsteilung, und diese ihrerseits führt auf Anpassung an veränderte Lebensbedingungen zurück. Ein Organ verändert sich gleich dem Gesamtorganismus den Bedingungen gemäss, welche auf es einwirken. Findet eine Einwirkung in bestimmtem Sinne gleichartig und längere Zeit statt, so verändert das Organ zunächst seine Funktion; es passt sich den neuen Verhältnissen an, weil darin ein Vorteil für den Organismus im Kampf ums Dasein gelegen ist. Mit der Veränderung der Ver- richtung geht langsam und stetig eine Veränderung der organischen

Form einher“ [Brodmann]¹⁾). Als an eine „gleichartige Einwirkung in bestimmtem Sinne“, welche zur Differenzierung der Area striata aus dem sechsschichtigen Rindengrundtypus geführt hat, muss man in erster Linie an diejenigen molekularen Prozesse denken, welche durch die Sehbahn der Hirnrinde zugeleitet werden. Nach einer unbestrittenen anatomisch-physiologischen Auffassung hat es die Sehbahn zur Aufgabe, den in den lichtempfindlichen Elementen der Netzhaut durch das physikalische Licht ausgelösten physiologischen, in letzter Instanz physikalisch-chemischen Prozess, der durch den N. opticus zu den subkortikalen optischen Ganglien geleitet und hier umgeschaltet wird, der Hirnrinde zu übermitteln. Und da es zur Bildung eines spezifischen, sonst nirgends in der Rinde vorhandenen cytoarchitektonischen Typus gekommen ist, darf man wohl schliessen, dass auch der molekulare Prozess in der Sehbahn, gegenüber allen anderen, die die Hirnrinde erreichen, ein spezifischer und eigenartiger ist. Eine derartige Spezifität kann er nur aus den molekularen Prozessen in den Ganglienzellen der subkortikalen optischen Ganglien, dann weiter peripherwärts fortschreitend — im Opticus und schliesslich in den lichtempfindlichen Elementen der Netzhaut schöpfen. Es soll damit keineswegs gesagt werden, dass der molekulare Prozess im zentralen und peripheren optischen Neuron identisch ist, auch nicht, dass zwischen dem physikalischen Licht und den Prozessen in der optischen Leitung irgendeine Ähnlichkeit besteht; nur so viel scheint aus diesen Ausführungen hervorzugehen, dass der von einem physikalisch scharf charakterisierten Faktor, dem Licht, in der Netzhaut ausgelöste physiologische Prozess bei seiner zentralen Fortleitung bis zur letzten Endstätte, der Hirnrinde, ein spezifischer und einzigartiger bleibt und hier zur Bildung eines besonderen Organs, der Area striata, geführt hat. Sollten nicht darin physiologische Bedingungen gegeben sein für die psychologisch (introspektiv) wahrnehmbare qualitative Differenz der Lichtempfindungen gegenüber allen anderen Empfindungen?

Inwieweit sich aus diesen Betrachtungen Schlüsse für oder gegen die Lehre von den spezifischen Sinnesenergien ableiten lassen, darüber zu urteilen möchte ich den Sinnesphysiologen überlassen.

1) Brodmann, Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde S. 255. Leipzig 1909.

Im Anschluss an Ausführungen meines Bruders E. Minkowski¹⁾ glaube ich, dass letzteres der Fall ist. Eine nähere Erörterung darüber muss ich mir aber versagen und will mich damit begnügen, den experimentellen Tatbestand festgelegt und seine theoretischen Konsequenzen angedeutet zu haben.

VIII. Die vollkommene Rindenblindheit.

Das Verhalten von Hunden, welchen beide Sehsphären exstirpiert worden sind, hat Munk meisterhaft geschildert. Nachdem die Allgemeinerscheinungen zurückgegangen sind, besteht bei sehphärenlosen Hunden als dauerndes residuäres Symptom eine absolute Stumpfheit für optische Eindrücke, wobei nach Munk auch die einfachste Lichtempfindung (Empfindung von Hell und Dunkel) aufgehoben ist. Die Intelligenz ist nur insofern gestört, als letztere „den Gesichtssinn zur Grundlage hat“ (Rindenblindheit). Die Pupillarreaktion auf Licht bleibt stets völlig normal, was auf eine gewisse funktionelle Betätigung der Netzhaut und des N. opticus auch nach Abtragung beider Hemisphären hinweist.

Dass auch die einfachste Lichtempfindung bei sehphärenlosen Hunden aufgehoben ist, deckt sich mit der allgemeineren Auffassung Munks, wonach schon die elementarsten Sinnesempfindungen (die Lichtempfindung, Schallempfindung usw.) an die Hirnrinde gebunden sind.

Demgegenüber behaupteten Goltz und seine Schüler, dass der eigentliche Sehakt eine Funktion der niederen Zentren sei, aus denen das Grosshirn nur das Material zur geistigen Erfassung des Gesehenen schöpfe. Seine Ansicht stützte Goltz auf die Beobachtung von Hunden, denen angeblich die ganze Munksche Sehsphäre doppelseitig exstirpiert worden war. Solche Hunde zeigen zwar nach Goltz²⁾ den äussersten Grad der Hirnsehschwäche, sind aber nicht blind; denn sie vermeiden gut die im Wege stehenden Hindernisse und stossen nur selten an; sie weichen auch eingebildeten Hindernissen aus, wie z. B. einem hell beleuchteten Streifen auf dem Fussboden.

1) Eugen Minkowski, Zur Müller'schen Lehre von den spezifischen Sinnesenergien. Zeitschr. f. Sinnesphysiol. Bd. 45. 1911.

2) Goltz, Über die Verrichtungen des Grosshirns. Pflüger's Arch. Bd. 13, 20, 34 u. 42.

Sogar der berühmte grosshirnlose Hund war nach Goltzs Ansicht nicht blind, denn er schloss die Augen, „wenn man, während er im Finstern dasass, plötzlich das grelle Licht einer Blendlaterne auf ihn richtete; in seltenen Fällen wendete er dann sogar den Kopf zur Seite. Im übrigen war nicht zu ermitteln, dass irgendein Gesichtseindruck die Art oder die Richtung seiner Körperbewegung bestimmt hätte. . . . Blind war der Hund ohne Grosshirn jedenfalls nicht; denn man darf ein Tier nicht blind nennen, welches, einem hellen Lichtreiz preisgegeben, die Augen schliesst“¹⁾.

Gegen die Deutung, die Goltz seinen experimentellen Feststellungen gegeben hat, hat Munk sehr energisch und, wie ich glaube, mit vollem Recht, Stellung genommen. Bezüglich der Hunde mit doppelseitiger Exstirpation des Hinterhauptlappens, bei denen noch Sehen erhalten war, suchte er nachzuweisen, dass die Exstirpation der Sehsphäre in diesen Fällen unvollkommen, und zwar die vorderste Partie zurückgelassen war; und ich kann ihm um so mehr beipflichten, als ich einerseits gefunden habe, dass die vordere Grenze der Sehsphäre, entsprechend der Verbreitung der Area striata, weiter frontalwärts reicht, als dies Munk annahm, und dass andererseits Hunde, bei denen nach doppelseitiger Exstirpation nur ein geringer Teil der Sehsphäre und dementsprechend nur ein geringer Bezirk im Gesichtsfeld erhalten ist, sich *toto coelo* von Hunden unterscheiden, bei denen eine vollkommene Exstirpation gelungen ist. Es ist staunenswert, wie ein Hund, bei dem nur der vorderste Teil der Sehsphäre auf einer Seite stehengeblieben ist, und der nur in einem schmalen Bezirk des unteren innenmittleren Gesichtsfeldviertels sieht, frei herumläuft, nur selten anstösst und, wenn man ihn nicht genauer prüft, von seiner Sehstörung überhaupt nicht viel merken lässt (vgl. Beobachtung 22).

Andererseits kann ich mit Munk nicht gelten lassen, dass der grosshirnlose Hund gesehen hat, und zwar geht das aus Goltzs eigenen Angaben hervor. Denn wenn er bezüglich des Gesichtsinus nichts anderes geboten hat, als dass er blinzelte, wenn man im Finstern das grelle Licht einer Blendlaterne auf ihn richtete, so ist es durchaus unberechtigt, von Sehen zu sprechen. Zunächst ist es nicht ausgemacht, ob es sich dabei nicht um eine Wirkung vom Trigemini auf den Facialis gehandelt hat, da ja Goltz selbst von

1) Goltz, Der Hund ohne Grosshirn. Pflüger's Arch. Bd. 51 S. 571. 1892.

„der Äusserung einer unangenehmen Blendung“ spricht, und wir von Kautelen, welche zur Beseitigung der Wärmewirkung angewendet worden wären, nichts erfahren. Aber selbst wenn man annehmen wollte, dass es Opticusfasern sind, die bei der Entstehung des Blinzelreflexes beim grosshirnlosen Hund die Erregung zentralwärts leiten, so würde man auch darin keinen Beweis für Sehen bei ihm erblicken dürfen; man wäre vielmehr berechtigt, diesen elementaren Schutzreflex auf eine Stufe zu stellen mit der Lichtreaktion der Pupille, die ja sowohl beim grosshirnlosen Hund wie beim Menschen mit vollkommener kortikaler Rindenblindheit erhalten ist. Als anatomisches Substrat für die Entstehung dieses Reflexes müsste man dann eine subkortikale Übertragung des Reizes von den Endverzweigungen des N. opticus auf den Facialiskern annehmen.

Dass die Sehphäre des Hundes auch an den elementarsten Sinnesfunktionen beteiligt ist, nimmt auch v. Monakow auf Grund anatomischer Ergebnisse an. Er hat nämlich festgestellt, dass die Abtragung des Hinterhauptlappens bei neugeborenen und bei erwachsenen Tieren stets hochgradige sekundäre Degenerationen in den primären optischen Zentren zur Folge hat, und zwar in einer Ausdehnung, wie sie der nach Abtragung einer ganzen Hemisphäre nahezu gleichkommt¹⁾.

Das Corpus gen. ext., welches allgemein als Hauptsehzentrum anerkannt wird, ebenso das Pulvinar und einige phylogenetisch alte Abschnitte des Vierhügeldaches werden nach Abtragung der Sehphäre in kurzer Zeit in den sekundären degenerativen Prozess hineingezogen und dadurch von jeder ferneren Betätigung der Netzhaut ausgeschlossen. „Es bleiben für die funktionelle Betätigung des Sehnerven (der ja nach Grosshirnabtragung noch markhaltig und teilweise leistungsfähig bleibt) daher nur äusserst dürftige und vom Grosshirn völlig abgeschnittene Nervenzellenverbände, nämlich nur noch Retinaanteile des Corpus gen. ext. und des oberflächlichen Graus des vorderen Zweihügels übrig“, und es erscheint v. Monakow auch vom anatomischen Standpunkt für das höhere Tier „zum mindesten sehr zweifelhaft, ob die Erregung dieser (durch die sekundäre Degeneration) aus ihrem gegenseitigen Zusammenhang

1) v. Monakow, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Grosshirn. *Ergebn. d. Physiol.* S. 647. 1902.

herausgerissenen Reste der primären optischen Zentren ausreicht, um eine Funktion der Retina über die Pupillenreaktion hinaus und im Sinne einer kurz zur Aufspeicherung gelangenden Lichtempfindung oder nur so aufrechtzuerhalten, dass Netzhautreize durch entsprechende Abwehrbewegungen u. dgl. noch beantwortet werden könnten“. v. Monakow hält es daher für sehr wahrscheinlich, dass „das Corpus gen. ext. und mit diesem die Sehsphäre sich zwar mit den phylogenetisch alten Mittelhirnzentren auch in die elementarste Tätigkeit des Sehens (Aufnahme, richtige Einordnung und erste Aufspeicherung der Lichtwellen) teilen, dass aber das Corpus gen. ext. und die Sehsphäre fast die ausschliesslichen Träger der Lichtempfindung darstellen“.

Aus den anatomischen Untersuchungen v. Monakows geht jedenfalls hervor, dass für das Corpus gen. ext. (das Hauptsehzentrum) die Integrität der Sehsphäre eine unerlässliche Existenzbedingung ist. Es stellt anatomisch einen „direkten Grosshirnanteil“ (v. Monakow) dar und dürfte deshalb auch physiologisch einen gemeinsamen funktionellen Verband mit dem Grosshirn bilden, wobei es sich in einer unbedingten Abhängigkeit von ihm befindet.

Ich selbst habe zwei Hunde mit vollkommener Rindenblindheit beobachtet.

Beobachtung 26.

11. Juli 1910. Doppelseitige Exstirpation der Area striata.
Optische Reflexe: an beiden Augen dauernd fehlend.
Sehen: beide Augen dauernd vollkommen blind.

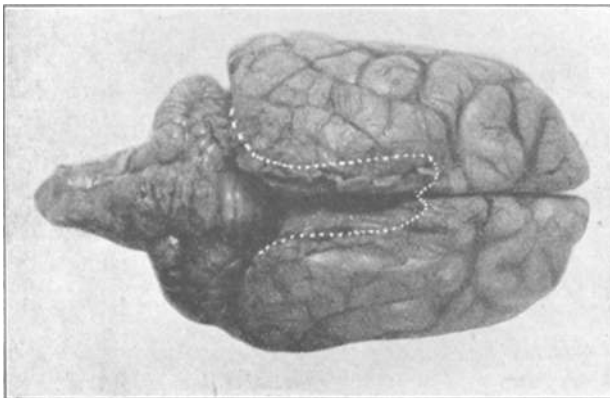


Fig. 39.

Der Hund stirbt am 26. Oktober 1910, 3½ Monate nach der Operation.

Sektion: Grenzen des Defekts beiderseits, von der Oberfläche betrachtet: lateral bis zum Sulc. later., medial bis zum Sulc. splen., vorne fast bis zur Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis, 1,5 cm vom medialen Ende des Sulc. cruc., 2,7 cm von der hinteren Kante des Occipitallappens. An der cere-



Fig. 40.

bellaren Fläche ist das ganze Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. rec. sup. zerstört. Die Defekte sind auf beiden Seiten symmetrisch.

Frontalschnitte: Der operative Defekt ist beiderseits annähernd symmetrisch. Er reicht medial bis zum Sulc. splen., lateral bis zum Sulc. later. Die Rinde des Gyr. ectolat. ist zwar erhalten, aber durch eine Höhle unterminiert und von der sagittalen Markmasse grösstenteils abgetrennt. Der Gyr. suprasylv. und sein Markstrahl sind beiderseits erhalten.

Beobachtung 27.

3. Januar 1910. Linksseitige Exstirpation der Area striata.

Optische Reflexe: rechts dauernd fehlend.

Sehen. Gleichseitiges Auge: Amaurose im nasalen Gesichtsfeldviertel bis zum achten Tag nach der Operation; von da an wird auch in diesem Gesichtsfeldteil gesehen, so dass keinerlei Einschränkung des G. F. mehr nachweisbar ist.

Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall in den temporalen drei Vierteln des Gesichtsfeldes.

23. März 1910. Rechtsseitige Exstirpation der Area striata; von da an besteht eine totale Rindenblindheit.

Der Hund wird am 5. Dezember 8½ Monate nach der zweiten Operation getötet.

Sektion: Die Narbe ist beiderseits mit der Konvexität des Occipitallappens sehr fest verwachsen. Nach ihrer Entfernung zeigt sich, dass über die Area striata hinaus auch die Rinde der zweiten Windung (Gyr. ectolater. et suprasylv.) links vollkommen erweicht, rechts zwar noch vorhanden, aber hochgradig atrophisch

ist. An der cerebellaren Fläche ist beiderseits das Gebiet vom absteigenden Ast des Sulc. splen. bis zum Sulc. rec. sup. zerstört.

Über die Grenzen der Area striata ist beiderseits die zweite Windung zerstört.

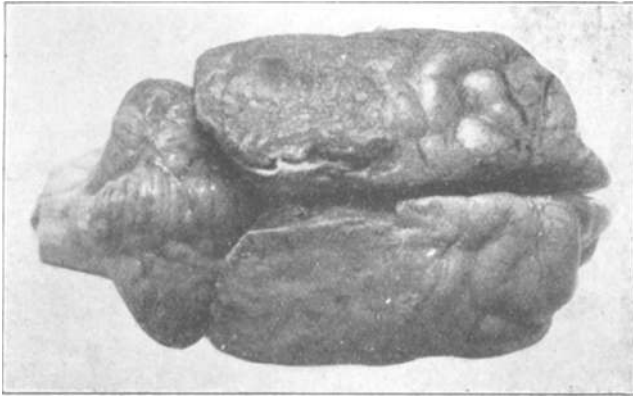


Fig. 41.

Die Sektion hat gezeigt, dass in beiden Fällen die Grenzen der Area striata an der Konvexität um den hinteren Teil der zweiten Windung (Gyr. ectolater. et suprasylv.) überschritten worden waren. Sie sind daher für die Beurteilung der Bedeutung der Area striata nicht direkt verwendbar; es ist mir auch nicht gelungen, einen doppelseitig operierten Fall von „reiner“ Exstirpation der Area striata herzustellen. Dass die doppelseitige Exstirpation derselben genügt, um eine vollkommene Blindheit zu bewirken, das steht für mich nach den Ergebnissen des letzten Kapitels fest; die Frage aber, ob danach auch dieselben hochgradigen Störungen der räumlichen Orientierung notwendig eintreten müssen, wie ich sie in den beiden Fällen beobachtet habe, möchte ich, da das Experiment mir für deren Beantwortung keine genügenden tatsächlichen Grundlagen geliefert hat, vorläufig offen lassen. Ich werde später ausführen, aus welchen Gründen ich an der zweiten Windung der Konvexität des Occipitallappens ein optisch-motorisches Feld annehme, das mit der Area striata oder dem optisch-sensorischen Felde zusammen ein kombiniertes optisches Sensomotorium bildet. Bei meinen Hunden (Beobachtung 26 und 27) war über die Area striata hinaus die zweite Windung beiderseits zerstört oder von der Markmasse abgetrennt, und deshalb bezieht sich die Schilderung auf solche

Hunde, die das ganze optische Sensomotorium (Area striata + zweite Windung) an beiden Hemisphären eingebüsst haben.

Beide Hunde boten im allgemeinen dasselbe Verhalten, welches sich in allen wesentlichen Punkten mit der Beschreibung Munks deckte; ich knüpfe daher an eine Symptomenreihe an, wie sie v. Monakow im Anschluss an Munk für sehspärenlose Hunde angegeben hat¹⁾.

a) Der rindenblinde Hund ist ausserordentlich bewegungs-träge. Betritt man den Stall, so findet man ihn in der Ecke seines Käfigs kauend. Während alle übrigen Hunde aufspringen und an das Gitter kommen, bleibt er in seiner Ecke liegen, obwohl er durch Ohrensitzen und suchende Bewegungen der Schnauze zu erkennen gibt, dass er das Öffnen der Tür und die Schritte gehört hat; auch das Rufen, Pfeifen und Händeklatschen regt ihn nicht zu Bewegungen an. Geht man in den Käfig und sucht ihn mit Stössen und Schlägen zum Gehen zu bringen, so reagiert er zunächst nicht, richtet sich aber schliesslich auf und macht dann wenige Schritte. Nur durch Hunger und Wegnahme der Nahrung während der Fütterung wird er zu etwas lebhafteren Bewegungen angeregt.

b) Gelingt es, ihn zum Gehen zu veranlassen, so geht er stets langsam, mit vorgestreckter Schnauze. Er springt und läuft nicht; zieht man ihn an der Leine, so folgt er, solange man sich langsam bewegt, fängt man aber an zu laufen, so lässt er sich auf dem Boden schleifen.

c) Er bewegt sich stets mit grosser Vorsicht, wobei er durch Vorstrecken der Vorderpfoten und der Schnauze die Umgebung gleichsam abzutasten sucht. Auf der Treppe bewegt er sich nur, wenn man ihn an der Leine zieht, wobei er fast jede Stufe beschnüffelt und mit den Pfoten abtastet. Hört der Zug an der Leine auf, so bleibt er meistens sofort stehen, wobei die Vorder- und Hinterpfoten sich oft auf verschiedenen Stufen befinden; in dieser ungewöhnlichen Lage kann er dann längere Zeit fast regungslos verharren. Nach wiederholtem Treppensteigen ändert sich sein Verhalten insofern, als er, nachdem er einmal in Bewegung ist, noch einige Stufen spontan hinauf- oder hinabgeht.

d) Er verrät eine hochgradige Störung der Orientierung im Raum. Gibt man ihm aus einer Schüssel zu fressen und dreht

1) v. Monakow, *Gehirnpathologie* Bd. 1 S. 288. Wien 1905.

ihn dann um oder führt ihn etwas ab, so schnüffelt er und macht suchende Bewegungen, findet aber nicht den richtigen Weg zur Schüssel zurück, auch wenn die Entfernung nur gering ist. Eine räumliche Vorstellung von der bei der Umdrehung resp. Abführung gemachten Bewegung scheint ihm völlig zu mangeln, da er ganz falsche Richtungen einschlägt. Es ist ihm überhaupt nicht möglich, die einmal eingeschlagene Bewegungsrichtung einzuhalten. Auch in seinem Käfig ist er völlig unorientiert, stösst an den Wänden und am Gitter an, findet nicht die übliche Futterstelle. Er ist absolut nicht imstande, akustische Eindrücke räumlich zu lokalisieren, während die Lokalisation von Tast- und Geruchseindrücken keine nachweisbare Störung bietet. (Langsam bewegte Fleischstücke werden, wenn der Hund nicht schnüffelt, zwar nur in unmittelbarer Nähe der Nase gerochen, aber dann stets richtig lokalisiert; es erfolgt eine prompte und präzise Greifbewegung der Schnauze. Auch in der Lokalisation von Tasteindrücken habe ich keinen Unterschied gegen normale Hunde mit zugebundenen Augen feststellen können.)

e) Der Hund zeigt eine absolute Reaktionslosigkeit gegen optische Eindrücke, er ist vollkommen rindenblind. Vor den Augen bewegte Fleisch- und Zuckerstücke werden niemals beachtet, wohl aber greift er zu, sobald man damit seine Schnauze berührt. Eine Peitsche, ein brennendes Zündholz, ein glänzender Gegenstand machen auf ihn nicht den geringsten Eindruck. Beim Gehen stösst er mit dem Kopf und den Extremitäten an Vorsprüngen und Hindernissen heftig an, und zwar nach 8 Monaten fast ebenso, wie in den ersten Wochen nach der Operation. Er macht nie Einstellungs- oder Konvergenzbewegungen der Augen auf irgendeinen Gegenstand, der sich auf seiner Netzhaut abbilden muss; dagegen werden Bewegungen des Kopfes und Rumpfes von entsprechenden Augenbewegungen begleitet. Die Pupillen sind sehr weit; der Pupillenreflex auf Lichteinfall erfolgt sehr prompt und ausgiebig.

f) Dem Blinzelreflex habe ich angesichts der Kontroverse, die er zwischen Goltz und Munk hervorgerufen hat, ein besonders eingehendes Studium gewidmet. Ich habe zu diesem Zweck den Hund in einem völlig verdunkelten Zimmer untersucht und eine grelle elektrische Lampe geräuschlos ein- und ausgeschaltet, so dass jedesmal ein Übergang von absoluter Dunkelheit zu greller Beleuchtung stattfand. Trifft man dabei keinerlei Vorkehrungen und bringt die Lampe nahe an die Augen (5—10 cm), so erfolgt sehr oft ein

Blinzeln, welches sogar zu dauerndem Lidschluss führen kann, wenn man mit der Lampe unmittelbar an die Augen herangeht. Das Blinzeln bleibt aber grösstenteils aus, wenn man die Lampe weiter hält oder zwischen diese und die Augen eine durchsichtige Glasscheibe einführt; durch diese wird ein grosser Teil der von der Lampe ausgesandten Wärmestrahlen zurückgehalten, wie man sich an seinem eigenen Gesicht überzeugen kann. Ich glaube daher, dass es sich bei diesem Blinzelflex um eine Wärmewirkung handelt; ob die Erregung zentralwärts durch den Trigemini oder den Opticus geleitet wird, kann nur durch Experimente mit Durchschneidung der Nn. trigemini oder optici und das Studium des Blinzelflexes nach solchen Operationen definitiv entschieden werden. Aber selbst wenn es sich dabei um eine Opticuswirkung handeln sollte, würde das nichts weiter beweisen, als dass nach Ausschaltung der Sehrinde ausser dem Pupillarreflex auch dieser elementare Schutzreflex durch Vermittlung des N. opticus und subkortikale Übertragung auf den Facialiskern noch zustande kommen kann; das sonstige Benehmen des Hundes, wonach „seine Handlungen in keiner Weise durch die Netzhautbilder bestimmt (beeinflusst und geregelt) werden“, berechtigt uns indessen zu dem Schluss, dass er vollkommen blind ist.

Es folgt aus diesem Abschnitt unserer Untersuchungen:

1. Die anatomisch sichergestellte Tatsache, dass die Integrität der Occipitalrinde eine Existenzbedingung für die subkortikalen optischen Ganglien (Corpus gen. ext., pulvinar, oberflächliches Grau des Corpus quadr. ant.) ist, findet ihren physiologischen Ausdruck darin, dass ein beider Sehsphären beraubter Hund auf optische Reize keinerlei Reaktionen zeigt (bis auf den Pupillarreflex); er ist vollkommen blind, wobei auch die einfachste Lichtempfindung (Empfindung von Hell und Dunkel) aufgehoben ist.
2. Ein beider optischen Sensomotorien beraubter Hund ist nicht nur vollkommen blind, sondern er hat auch die Fähigkeit der räumlichen Orientierung, wenigstens soweit letztere auf optisch erworbenen Komponenten beruht, verloren.

IX. Die Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde.

Munk hat nicht nur für die Vertretung der Stelle des deutlichsten Sehens ein umschriebenes Gebiet innerhalb der Sehsphäre abgegrenzt, sondern auch für alle übrigen Netzhautteile eine Projektion auf die Hirnrinde in dem Sinne angenommen, dass die einzelnen Punkte der Netzhaut durch Sehnervenfasern mit bestimmten Teilen der Rinde, welche die Sehsphäre zusammensetzen, direkt verbunden sind. „Die mit den Opticusfasern verbundenen zentralen Rindenelemente, in welchen die Gesichtswahrnehmung stattfindet, sind regelmässig und kontinuierlich angeordnet wie die spezifischen Elemente der Opticusfasern in den Retinae derart, dass benachbarten Rindenelementen auch benachbarte Retinaelemente entsprechen. Nur ist nicht die einzelne Retina zur einzelnen Sehsphäre in Beziehung gesetzt. Vielmehr ist jede Retina mit ihrer äussersten lateralen Partie zugeordnet dem äussersten lateralen Stücke der gleichseitigen Sehsphäre. Der viel grössere übrige Teil jeder Retina aber gehört dem viel grösseren übrigen Teile der gegenseitigen Sehsphäre zu, und zwar so, dass man sich die Retina derart auf die Sehsphäre projiziert denken kann, dass der laterale Rand des Retina-restes dem lateralen Rand des Sehsphärenrestes, der innere Rand der Retina dem medialen Rand der Sehsphäre, der obere Rand der Retina dem vorderen Rand der Sehsphäre, endlich der untere Rand der Retina dem hinteren Rande der Sehsphäre entspricht . . . Ist ein Teil der Sehsphären entfernt, so kommt es von den spezifischen Endelementen des korrespondierenden Teils der Retina aus nicht mehr zur Lichtempfindung, zur Gesichtswahrnehmung; für den Teil der Retina, dessen Endelemente mit den zentralen Rindenelementen des vernichteten Teils der Sehsphäre verknüpft waren, besteht Rindenblindheit für alle Folge“¹⁾.

Seine Projektionslehre hat Munk durch ein Schema veranschaulicht, in welchem die anatomische Tatsache, dass die Opticusfasern in den subkortikalen optischen Ganglien ihr Ende finden, und dass die kortikopetale Sehbahn hier aus einem neuen Neuron entspringt, merkwürdigerweise nicht berücksichtigt wird.

1) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. S. 87—88. Berlin 1890.

Die Munksche Projektionslehre ist dann von verschiedenen Autoren nachgeprüft, von den meisteu abgelehnt worden. Zuerst hat ihr Loeb¹⁾ eine systematische Nachprüfung gewidmet. Ebenso wie Luciani und Seppilli fand er, dass es nach umschriebenen Exstirpationen im Bereich der Sehspäre keineswegs zu umschriebenen

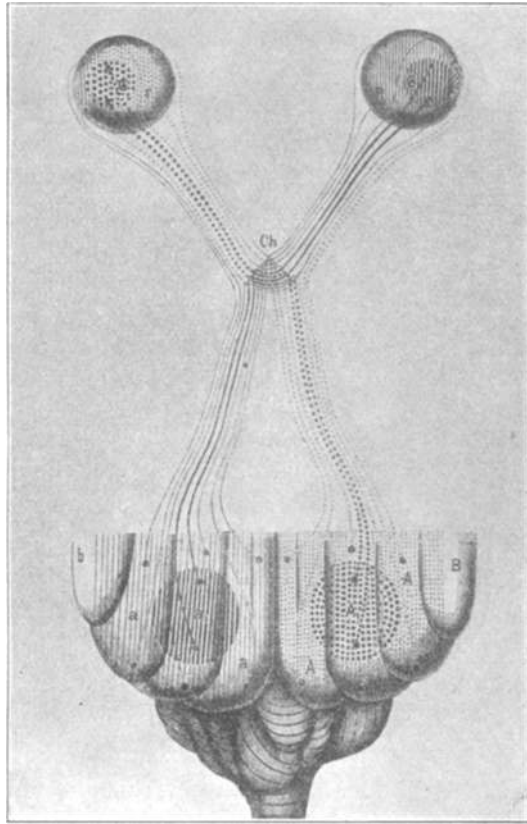


Fig. 42. Projektionsschema nach Munk.

Skotomen im Sinne Munks kommt, sondern dass auch in diesen Fällen, wenn es überhaupt zu einer Sehstörung kommt, eine solche hemianopischer Natur eintritt.

Hitzig hat ebenfalls an einem grossen Material partielle Exstirpationen der Munkschen Sehspäre vorgenommen. Grundsätz-

1) Loeb, Über Sehstörungen nach Verletzungen der Grosshirnrinde. Pflüger's Arch. Bd. 40. 1886.

lich hat er gegen seine Projektionslehre angewendet, dass die Ausführung von derartig scharfen Operationen, wie sie zum gültigen Nachweis derselben erforderlich wären, aus operationstechnischen Gründen unmöglich sei. Ist die Operation oberflächlich, dann bleibt in der Tiefe der Furchen und Windungen funktionsfähige Rinde erhalten; geht sie aber tiefer, so werden ausser der Rinde notwendig Markmassen lädiert, darunter auch solche, die zu benachbarten Rindenabschnitten ziehen. Unabhängig von diesen prinzipiellen Bedenken schliesst er aus seinen Ergebnissen, dass „eine Projektion in dem Sinne, dass bestimmte Elemente oder Abschnitte der Retina nur vermittelt bestimmter Elemente oder Abschnitte des Cortex sehen könnten, nicht existiert¹⁾. . . . Eine gesetzmässige Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit bestimmter Stellen der Retina von bestimmten Teilen der Sehrinde ist auch nicht einmal mit Bezug auf den vorübergehenden Ausfall des Sehvermögens nach Partialexstirpationen gegeben. Wohl aber ist anzuerkennen, dass die temporäre Blindheit der unteren Hälfte des Gesichtsfelds ausschliesslich auf Läsionen der vorderen Hälfte der Sehsphäre, und dass Läsionen des hinteren Abschnittes der Sehsphäre öfter Skotome in dem oberen Segment des Gesichtsfelds unter Schonung des sonst fast regelmässig beteiligten lateralen Segments zur Folge haben.“ Wie wenig Hitzig im allgemeinen geneigt ist, die Munksche Projektionslehre gelten zu lassen, so liegt doch im letzten Satz eine weitgehende Konzession; denn wenn die temporäre Blindheit der unteren Hälfte des Gesichtsfelds ausschliesslich auf Läsionen der vorderen Hälfte der Sehsphäre folgt, so muss man eben annehmen, dass zwischen den oberen Netzhautteilen und dem vorderen Teil der Sehsphäre besonders enge Beziehungen bestehen²⁾; wenn das aber der Fall ist, so wird man nicht umhin können, auch für die übrigen Teile der Netzhaut besonders enge Beziehungen zu bestimmten Teilen der Sehsphäre zu erwarten.

Von anatomisch-klinischer Seite hat die Munksche Projektionslehre eine bedeutungsvolle Bestätigung gefunden. Henschen hat auf Grund klinischer Fälle mit partieller Zerstörung der Calcarina-

1) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl. S. 557 u. 565. Berlin 1904.

2) Dass es sich dabei nach Hitzig um einen temporären, nach Munk um einen dauernden Ausfall handelt, dürfte für die Beurteilung der Projektionsfrage keine unmittelbare Bedeutung haben.

rinde nachzuweisen gesucht, dass in der Sehrinde eine fixe Projektion der Retina stattfindet; er geht so weit, die Sehrinde als einen Abklatsch der Retina, eine „Retina corticalis“ zu bezeichnen. Nach Henschen entspricht beim Menschen die obere Lippe der Fissura calcarina der oberen, die untere der unteren Retinahälfte, der Boden der Horizontallinie der Retina; auch die Macula ist innerhalb der Calcarinarinde inselförmig vertreten. Jede partielle Läsion der Calcarinarinde ruft, ähnlich wie die partiellen Läsionen der Munk-schen Sehsphäre, ein dauerndes Skotom von entsprechender Konfiguration hervor.

In einer neulich erschienenen Arbeit kommt Inouye¹⁾ auf Grund von Beobachtungen an Verwundeten des russisch-japanischen Krieges zu einer Bestätigung der Henschen'schen Projektion, indem er ebenfalls feststellen konnte, „dass eine oberhalb bzw. unterhalb der Fiss. calcarina gelegene Läsion einen Gesichtsfelddefekt im unteren bzw. oberen Quadranten hervorruft“. Er weicht aber von Henschen insofern ab, als er „eine scharfe Projektion im Sinne eines Abklatsches der Retina auf die Hirnrinde“ nur in der „Hauptsehsphäre“ annimmt, welche der Henschen'schen Sehsphäre entspricht. Neben letzter soll aber eine „Nebensehsphäre“ bestehen, „wo zwar eine Projektion, aber keine scharfe sich vorfindet“; zur Annahme einer „Nebensehsphäre“ wird er dadurch veranlasst, dass bei doppel-seitiger Hemianopsie, bei der die Läsion die beiden Hauptsehsphären in toto getroffen hat, noch ein Rest von Sehen um den Fixierpunkt erhalten bleibt (Foerster, Inouye u. a.).

Einen vermittelnden Standpunkt, den man mit Hitzig am besten als den der relativen indirekten Projektion bezeichnen kann, nimmt bezüglich der Projektionslehre v. Monakow ein. Indem er betont, „dass eine solche Projektion, wenn sie überhaupt vorhanden ist, zunächst auf die primären Zentren, in denen die Opticusfasern eine Unterbrechung erfahren, geschehen müsste,“ meint er, „es sei nicht daran zu zweifeln, dass die verschiedenen Quadranten der Retina bei den höheren Säugern zu bestimmten Abschnitten der Sehsphäre in viel engeren Beziehungen stehen als zu anderen“. Diese Projektion muss seiner Ansicht nach in dem Sinne vorhanden sein, dass die von Jugend an für Reizaufnahme aus einer

1) Inouye, Die Sehstörungen bei Schussverletzungen der corticalen Sehsphäre. Leipzig 1909.

bestimmten Richtung benutzten Wege resp. Abschnitte im Corp. genic. ext. und dann auch in der Sehsphäre auch später noch vor allen anderen bevorzugt werden. So bilden sich relativ feste Innervationswege in ganz bestimmten Richtungen und im Sinne der raschesten Beförderung in der Richtung des geringsten Widerstandes“¹⁾. Noch eine andere, treffliche Überlegung führt v. Monakow für die Notwendigkeit einer Projektion der Netzhaut, wenigstens ihrer peripheren Teile auf die Hirnrinde an. Da auf optische Reize, die in verschiedenen Teilen des Gesichtsfelds auftauchen und somit verschiedene Netzhautpunkte treffen, bestimmte Einstellungsbewegungen der Augen erfolgen, so ist es „die räumlich feste corticale 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. Die Stelle des deutlichsten Sehens, welche für die Orientierung im Raume nicht in Betracht kommt, scheint von einer eigentlichen schärferen Projektion ausgeschlossen zu sein. Genug, es scheinen nur mit Rücksicht auf die richtige Einstellung der Augen festere Beziehungen zwischen den Netzhautpunkten und der Sehsphäre notwendig zur Übertragung der optischen Ortszeichen auf die korrespondierenden Reizpunkte für die Augenbewegungen und für die Orientierung im Raume.“

Aus diesen Ausführungen geht wohl mit Deutlichkeit hervor, dass die Frage, ob eine Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde besteht, noch keineswegs als gelöst zu betrachten ist, dass aber gewichtige Gründe, wie besonders die Koordination mit bestimmten Einstellungsbewegungen der Augen, für die Existenz einer solchen sprechen. Dass aber das Munksche Projektionsschema nicht in allen seinen Teilen richtig sein kann, geht aus den bisherigen Ergebnissen hervor. Da die physiologische Sehsphäre sich mit der Area striata deckt, so kann eine Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde, wenn sie überhaupt vorhanden ist, nur im Bereich der Area gesucht werden. Wenn Munk behauptet, dass die medialen Teile der Netzhaut im medialen, die lateralen im lateralen Teil seiner Sehsphäre, dass schliesslich der lateralste, von der gleich-

1) v. Monakow, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Grosshirn. *Ergebn. d. Physiol.* S. 656 u. 660. 1902.

seitigen Hemisphäre versorgte Netzhautteil an der Konvexität am weitesten lateralwärts vertreten ist, so kann das schon deshalb nicht richtig sein, weil die Konvexität des Occipitallappens nach aussen vom Sulcus lateralis nicht mehr zur Area striata gehört; auf Grund meiner Operationen an der Konvexität des Occipitallappens (Kapitel V) glaube ich diesen Teil der Munkschen Projektion (in Übereinstimmung mit Hitzig, Loeb u. a.) nicht anerkennen zu können.

Anders liegen die Verhältnisse für die Projektion der oberen und unteren Netzhautteile, für welche Munk die vorderen und hinteren Teile der Sehsphäre in Anspruch nimmt. Wenn selbst Hitzig, ein entschiedener Gegner der Projektionslehre, zugeben musste, dass „die temporäre Blindheit der unteren Hälfte des Gesichtsfelds ausschliesslich auf Läsionen der vorderen Hälfte der Sehsphäre, und dass Läsionen des hinteren Abschnitts der Sehsphäre öfter Skotome in dem oberen Segment des Gesichtsfelds zur Folge haben“, so liegt darin, wenn man von der Dauer der Sehstörung absieht, eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den Angaben Munks, welche für die Richtigkeit dieses Teils seines Projektionschemas sprechen dürfte.

Nach meinen eigenen bisherigen Ergebnissen konnte ich an dem Bestehen einer Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde in dem Sinne, dass in einem bestimmten Teil der Sehsphäre bestimmte Partien der Netzhaut vertreten sind, nicht mehr zweifeln; denn wenn es möglich ist, dass nach unvollkommenen Exstirpationen der Area striata (Beobachtung 22) oder nach unvollkommenen Durchtrennungen der Sehbahn (Beobachtung 17 und 18) ein kleiner zusammenhängender Teil des Gesichtsfelds erhalten bleibt und von den blinden Partien desselben scharf abgegrenzt werden kann, so spricht das grundsätzlich für das Bestehen einer Projektion. Bei unvollkommenen Exstirpationen der Area striata bedarf dies keiner näheren Ausführung; bei inkompletten Durchtrennungen der Sehbahn muss man aber zur Erklärung dieses Tatbestandes annehmen, dass die benachbarten Netzhautpartien entsprechenden Fasern auch in der Sehstrahlung in räumlicher Nachbarschaft verlaufen; ist das aber der Fall, so erscheint es in hohem Grade wahrscheinlich, dass, da die einzelnen Bündel wohl in zusammenhängende Partien der Sehrinde einmünden, auch im Bereich der letzteren benachbarte Netzhautpartien in benachbarten Gebieten vertreten sind; und darin be-

steht eben die Projektion. Es bleibt zu prüfen, ob diese Projektion so fest ist, dass die Exstirpation eines noch so kleinen Teils der Sehsphäre eine dauernde Blindheit in dem entsprechenden Netzhautteil verursacht, und ferner, ob sie konstant ist, d. h. ob bei allen Versuchstieren gleiche (z. B. die oberen) Teile der Netzhaut stets in denselben Teilen der Sehsphäre vertreten sind.

Um der Lösung dieser Fragen näherzutreten, habe ich zunächst zwei Gruppen von partiellen Exstirpationen im Bereich der Area striata ausgeführt:

1. Exstirpationen des vorderen Teils der Area striata; ich begann so weit vorne, wie die Area striata reicht (ungefähr 1,5 cm nach hinten vom medialen Ende des Sulcus cruciatus, 2,8 cm vom medial-kaudalen Pol des Occipitallappens), und ging nach hinten nicht ganz bis zur Umbiegungsstelle der ersten Windung in die basal-cerebellare Fläche; medial exstirpierte ich bis zum Sulcus splenialis, lateral bis zum Sulcus entolateralis.

2. Exstirpationen des hinteren Teils der Area striata, wobei ich an der basal-cerebellaren Fläche das Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulcus splenialis und dem Sulc. rec. sup. und von der Konvexität der ersten Windung den kaudalsten Teil (ca. 0,5 cm in sagittaler Ausdehnung) zu zerstören suchte.

Ich war von der Überlegung geleitet, nach Möglichkeit solche partiellen Exstirpationen auszuführen, die topographisch gut abgrenzbar waren, und bei denen man in bezug auf Nebenläsionen auf relativ günstige Verhältnisse rechnen konnte; und das galt besonders bezüglich der Exstirpationen der basal-cerebellaren Fläche des Occipitallappens und des kaudalsten Teils der ersten Windung, da diese Teile der Area striata am kaudalen Grosshirnende liegen, und bei deren Exstirpation die Sehstrahlung und der frontalwärts liegende vordere Teil der Area striata nicht mitlädiert werden. Ferner sollte dabei auch derjenige Teil des Munkschen Projektionsschemas nachgeprüft werden, der meinen bisherigen Ergebnissen nicht widersprach, und dessen Richtigkeit auch Hitzig teilweise zugegeben hatte (die Vertretung der oberen und unteren Netzhautteile im vorderen resp. hinteren Teil der Sehsphäre).

1. Exstirpationen des vorderen Teils der Area striata.

Beobachtung 28.

22. Januar 1910. Linksseitige Exstirpation des vorderen Teils der Area striata (in den angegebenen Grenzen).

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge von oben lebhaft, von unten dauernd fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der unteren Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds; die Grenze der amaurotischen und erhaltenen Gesichtsfeldpartien ist sehr scharf.

Der Hund wird am 23. Juli 1910, 6 Monate nach der Operation, getötet.

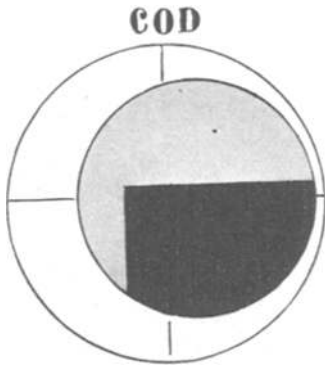


Fig. 43. Gesichtsfeld des rechten Auges.

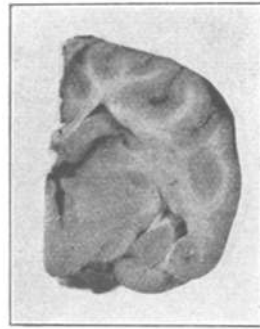


Fig. 44.

Sektion: Grenzen des Defekts: vorne nicht ganz bis zur Abgangsstelle des Sulc. ans. vom Sulc. later., hinten fast bis zur hinteren Kante, medial bis zum Sulc. spl., lateral bis zum Sulc. later. Die cerebellare Fläche des Occipitallappens ist vollkommen intakt.

Frontalschnitt. Der Defekt erstreckt sich ausschliesslich auf die Rinde zwischen dem Sulc. splen. und dem Sulc. lateralis. In der Tiefe sind noch beide Furchen von erhaltener Rinde ausgekleidet. Die Rinde des Gyrus ectolateralis ist von der Narbe leicht plattgedrückt, sonst aber makro- und mikroskopisch (an Weigert-Schnitten) intakt.

Beobachtung 29.

15. Februar 1910. Linksseitige Exstirpation des oberen Teils der Area striata.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge von oben lebhaft, von unten dauernd fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: am zweiten Tag nach der Operation Ausfall der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds, dann rasche Aufhellung der oberen Gesichtsfeldpartien. Es bleibt ein dauernder Ausfall der unteren Hälfte

der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds. Die Grenze zwischen amaurotischen und sehenden Gesichtsfeldpartien geht ziemlich genau durch den horizontalen Meridian. Gesichtsfeld s. Fig. 43.

Der Hund wird am 30. März 1910, 6 Wochen nach der Operation, getötet.

Die Sektion bestätigt im wesentlichen die Richtigkeit der Operation. Die zerebellare Fläche ist intakt.

Frontalschnitte: ausgiebige Zerstörung der ersten und des medialen Teils der zweiten Windung. Es ist somit der vordere Teil der Area striata und darüber hinaus der mediale Teil der zweiten Windung (Gyrus ectolateralis) zerstört.

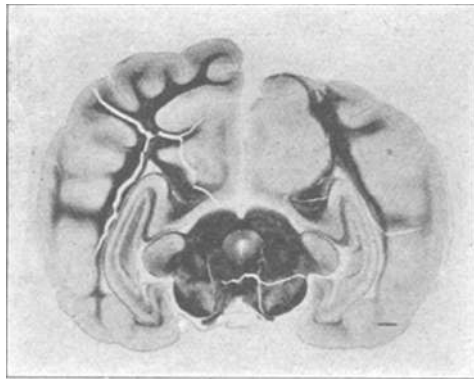


Fig. 45.

Beobachtung 14a.

21. April 1910. Rechtsseitige sekundäre Exstirpation des vorderen Teils der Area striata. (Primäre Operation am 12. März — linksseitige Exstirpation des Gyrus suprasylv. und des Gyrus ectosylv. med. —, die ursprünglich vorhandene Sehstörung hatte sich rasch zurückgebildet.)

Optische Reflexe am linken Auge von oben lebhaft, von unten dauernd fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: dauernde Amaurose in der ganzen unteren Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes.

Der Hund wird 3 Wochen nach der Operation getötet.

Die Sektion bestätigt im wesentlichen die Richtigkeit der Operation. Grenzen des Defekts: vorne nicht ganz bis zur Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis; hinten nicht ganz bis zur hinteren Kante, lateral bis zum Sulcus lateralis, medial bis zum Sulcus splen. Sagittale Ausdehnung 2,5.

Frontalschnitte: der rechtsseitige Defekt beschränkt sich auf die Area striata. Die Rinde ist lateral nicht ganz bis zum Sulcus lateralis, medial bis Sulcus splen. zerstört. Der Gyrus ectolateralis erscheint von der Narbe etwas plattgedrückt, sonst intakt.

Beobachtung 30.

8. November 1910. Linksseitige Exstirpation des vorderen Teils der Area striata.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge von oben lebhaft, von unten dauernd fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der unteren Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds.

Der Hund wird am 21. Dezember 1910, 6 Wochen nach der Operation, getötet.

Sektion. Grenzen des Defekts: vorn fast bis zur Abgangsstelle des Sulc. ansatus vom Sulc. lateralis; hinten 0,4 von der hinteren Kante, medial bis zum Sulcus splen., lateral bis zum Sulcus lateralis, im kaudalen Teil des Defekts auch etwas darüber hinaus.

Frontalschnitte: Die Area striata ist zerstört, darüber hinaus ist die Rinde im medialen Teil des Gyrus ectolateralis oberflächlich lädiert; die Rinde, welche den Sulcus lateralis in der Tiefe auskleidet, ist z. T. erhalten.

II. Exstirpationen des hinteren Teils der Area striata.**Beobachtung 21.**

2. August 1910. Linksseitige Exstirpation des hinteren Teils der Area striata in den angegebenen Grenzen.

Optische Reflexe: Am gekreuzten Auge von unten lebhaft, von oben dauernd fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der oberen (oberhalb des horizontalen Meridians gelegenen) Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds.

Der Hund wird am 15. November 1910 getötet.

Die Sektion bestätigt die richtige Ausführung der Operation. An der cerebellaren Fläche des Occipitallappens ist das ganze Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splen. und dem Sulc. rec. sup. und lateralwärts auch etwas darüber hinaus zerstört. An der Konvexität erstreckt sich der Defekt auf den kaudalsten Teil der ersten Windung (ca. 0,5 cm in sagittaler Ausdehnung). Von der Area striata ist somit die basalcerebellare Partie und der kaudalste Teil der ersten Windung zerstört.

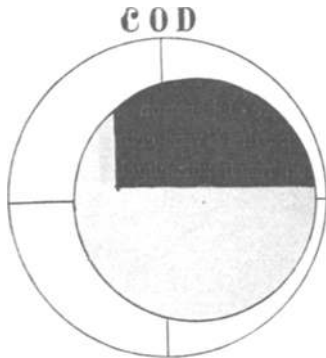


Fig. 46. Gesichtsfeld des rechten Auges.

Beobachtung 31.

30. Mai 1910. Rechtsseitige Exstirpation des hinteren Teils der Area striata.

Optische Reflexe am gekreuzten Auge nur von unten auslösbar, von oben dauernd fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: dauerndes Skotom in der oberen Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds.

Der Hund stirbt am 10. Juli 1910.

Sektion. An der basal cerebellaren Fläche des Occipitallappens ist die ganze Area striata und deren Umgebung, an der ersten Urwindung deren kaudalster Teil (zirka 0,5 cm in sagittaler Ausdehnung) zerstört; die ganze übrige Konvexität ist intakt.

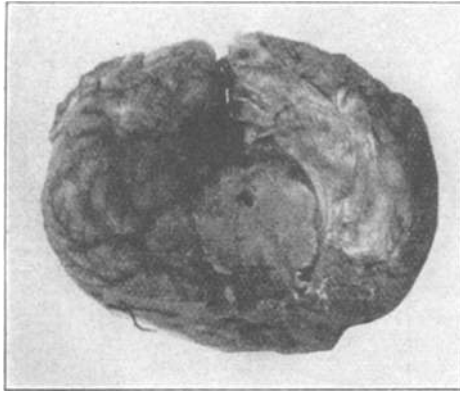


Fig. 47.

Beobachtung 13a.

22. April 1910. Rechtsseitige sekundäre Exstirpation des hinteren Teils der Area striata (Primäre Operation am 8. März 1910: Exstirpation des Gyr. suprasylv. und des Gyr. ectosylv. med.; die ursprünglich vorhandene Sehstörung bildete sich rasch zurück).

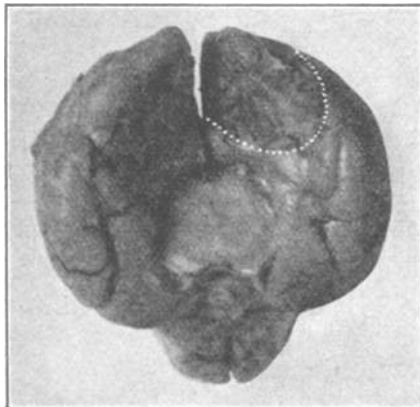


Fig. 48.

Optische Reflexe: am linken Auge von unten lebhaft, von oben dauernd fehlend.

Sehen. Gekreuztes Auge: dauernder Ausfall der oberen Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds (s. Fig. 46).

Der Hund wird am 28. Juli 1910 getötet.

Die Sektion bestätigt die Richtigkeit der Operation. Der Defekt erstreckt sich an der cerebellaren Fläche vom absteigenden Ast des Sulc. splenialis nicht ganz bis zum Sulc. rec. sup. Von der ersten Windung ist nur der kaudalste Teil (0,5 cm in sagittaler Ausdehnung) zerstört; sonst ist die Konvexität intakt.

Tabelle Va.
Exstirpationen des vorderen Teils der Area striata.

Nummer der Beobachtung	Optische Reflexe am gekreuzten Auge	Sehen am gekreuzten Auge	Dauer der Beobachtung	Sektion
28.	Von oben lebhaft, von unten dauernd fehlend	dauernder Ausfall der unteren Hälfte d. temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds	6 Monate	der Defekt erstreckt sich auf die Rinde zwischen Sulcus splen. und Sulcus lateralis; die Oberflächerrinde des Gyrus ectolateralis ist von der Narbe etwas plattgedrückt
29.	do.	do.	6 Wochen	Zerstörung der ersten und des medialen Teils der zweiten Windung
30.	do.	do.	6 Wochen	Zerstörung der ersten Windung (bis auf ihren kaudalsten Teil) und oberflächliche Läsion der Aussenrinde des Gyrus ectolateralis
14a.	do.	do.	3 Wochen	Zerstörung der Rinde zwischen Sulcus splen. und Sulcus lateralis

(Siehe Tabelle Vb auf S. 291.)

In allen mitgeteilten Fällen beschränkte sich der Defekt im wesentlichen auf die Area striata; nur in einem Fall aus der ersten Gruppe (Beob. 29) war auch der mediale Teil der zweiten Windung über die Area striata hinaus zerstört, während in einem anderen (Beob. 30) die Aussenrinde des Gyrus electolateralis oberflächlich lädiert war; noch einwandfreier war die zweite Gruppe von Operationen, da hier die Zerstörung sich auf die basal-cerebellare Fläche des Occipital-lappens zwischen dem absteigenden Ast des Sulcus spl. und dem Sulc. recurr. sup. und auf den kaudalsten Teil der ersten Windung

an der Konvexität (ca. 0,5 cm in sagittaler Ausdehnung) beschränkte, während die ganze übrige Konvexität bis auf einen schmalen kaudalen Saum intakt war:

Tabelle Vb.
Exstirpationen des hinteren Teils der Area striata.

Nummer der Beobachtung	Optische Reflexe am gekreuzten Auge	Sehen am gekreuzten Auge	Dauer der Beobachtung	Sektion
21.	von unten lebhaft, von oben dauernd fehlend	dauernder Ausfall der oberen Hälfte d. temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds	3½ Mon.	an der basal-cerebellaren Fläche ist das Gebiet zwischen dem absteigenden Ast des Sulcus splen. und dem Sulcus rec. sup., an der Konvexität der kaudalste Teil der ersten Windung (ca. 0,5 cm in sagittaler Ausdehnung) zerstört; die übrige Konvexität ist intakt
30.	do.	do.	6 Wochen	do.
13 a.	do.	do.	3 Monate	do.

Optische Reflexe. Das Verhalten der optischen Reflexe war nur insofern von Interesse, als sie ein einfaches Mittel zur Kontrolle der grossen partiellen Skotome lieferten; fiel die untere Hälfte des Gesichtsfeldes aus, so war der Blinzelreflex nur durch Drohbewegungen von oben, im umgekehrten Falle nur von unten auslösbar.

Sehen. Gleichseitiges Auge. Das Verhalten des gleichseitigen Auges konnte wegen der doppelten Innervation des lateralsten Netzhautbezirkes keine direkten Anhaltspunkte für die Projektionsfrage liefern, und so habe ich es auch nicht näher verfolgt, bis auf einen Fall (Beob. 21), wo links der hintere Teil der Area striata, rechts die ganze Area striata exstirpiert worden war.

Gekreuztes Auge. Nach Exstirpationen des vorderen Teils der Area striata (vom oralen Pol derselben bis zur Umbiegungsstelle der ersten Windung in die basal-cerebellare Fläche des Occipital-lappens) bestand in allen Fällen (erste Gruppe: Beob. 28, 29, 30, 14 a) eine dauernde Amaurose in der unteren Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds, nach Exstirpationen des hinteren Teils der Area striata (der basal-cerebellaren Partie und des kaudalsten Teils der Konvexität der ersten Windung) trat ebenso konstant (zweite

Gruppe: Beob. 21, 31, 13b) eine dauernde Amaurose in der oberen Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds ein. Die erhaltenen Gesichtsfeldpartien funktionierten entweder von Anfang an oder schon wenige Tage nach der Operation völlig normal; an der Grenze zwischen amaurotischen und normal funktionierenden Gesichtsfeldpartien konnte in einigen Fällen in den ersten Tagen nach der Operation eine schmale amblyopische Zone nachgewiesen werden, wo Reaktionen auf optische Reize zwar auslösbar waren, aber langsam, nicht konstant und oft mit falscher Lokalisation erfolgten; später bildete sich diese Amblyopie so weit zurück, dass sie nicht mehr nachweisbar war. Das Skotom konnte mit sämtlichen Methoden (Perimetrierung, Kreis- und Auseinanderführung, Stossversuch) sicher und einwandfrei festgestellt werden; die Reaktionen blieben konstant aus, solange man ein Fleisch- oder Zuckerstück in amaurotischen Gesichtsfeldpartien bewegte, und erfolgten sehr prompt, sobald man die Grenze überschritt; dieselbe entsprach ungefähr dem horizontalen Äquator des Auges, und da die Stelle des direkten Sehens beim Hund etwas über dem Äquator der Netzhaut liegt, so war sie in der ersten Gruppe von Operationen, wenn nicht ganz, so doch zum grossen Teil in das Skotom mit eingeschlossen. Wenn überhaupt eine Aufhellung stattfand, so geschah das in den ersten Tagen nach der Operation; später blieb das Skotom dauernd völlig unverändert.

Dieses Ergebnis ist so sicher und eindeutig, und die beiden Gruppen von Operationen ergänzen sich so vollkommen, dass ein Zweifel bezüglich seiner Gültigkeit kaum möglich ist. Es ergibt sich daraus, dass eine konstante Projektion der Netzhaut auf die Sehrinde vorhanden ist, und zwar so, dass im vorderen (zugleich oberen) Teil der Sehrinde die oberen, im hinteren (zugleich unteren) die unteren Teile der Netzhaut vertreten sind.

Wenn für die oberen und unteren Teile der Netzhaut eine konstante Projektion auf die Area striata besteht, so muss dasselbe auch für die inneren und äusseren Teile der Retina postuliert werden; nur glaube ich, dass die anatomischen und physiologischen Verhältnisse für den direkten Nachweis dieser Projektion zu ungünstig liegen.

Da die Opticusfasern in den subkortikalen optischen Ganglien (hauptsächlich im Corpus geniculatum externum) eine Unterbrechung

erfahren, und die corticopetale Sehbahn hier aus einem neuen Neuron entspringt, so hat eine Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde selbstverständlich eine Projektion der ersteren auf das Corpus genic. ext. zur Vorbedingung, und in diesem Sinne kann nur von einer indirekten Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde gesprochen werden; die Autoren (Henschen, v. Monakow) sind auch darüber einig, dass bis zu den primären optischen Zentren von jedem Netzhautteil eine isolierte Leitung besteht, und eine Projektion des Tract. opt. auf das Corpus geniculat. ext. statthat. Eine nicht unwesentliche Kontroverse besteht aber bezüglich der weiteren Leitung. Während Henschen glaubt, dass die Projektion auch über das Corp. genic. ext. hinaus eine feste bleibt, so dass bestimmte Elemente oder Abschnitte der Retina nur vermittelt bestimmter Elemente oder Abschnitte des Cortex sehen können (das ist auch die Anschauung Munks, der aber die Unterbrechung der Opticusfasern im Corp. gen. ext. überhaupt nicht berücksichtigt), nimmt v. Monakow an, „dass von den primären optischen Endigungszentren an corticalwärts von einer isolierten Leitung nicht die Rede sein könne“; wohl ist nach Monakow eine Projektion in dem Sinne vorhanden, dass die von einzelnen Abschnitten der Retina zuströmenden Lichtreize gesetzmässig zu bestimmten Abschnitten des Cortex geleitet werden, aber nach ihrer Eliminierung können diese Abschnitte des Cortex durch andere vertreten werden, und zwar soll das durch Vermittlung von „Schaltzellen“ im Corpus gen. ext. geschehen, welche mit ihren Endbäumchen einerseits mit den Endbäumchen der Opticusfasern, andererseits mit den Ursprungszellen der Sehbahn in Kontakt treten, und denen v. Monakow die Fähigkeit zuschreibt, „Erregungen von verschiedenen Seiten zu empfangen und sie nach verschiedenen Richtungen zu übertragen, und dies alles durch Vermittlung der Substantia gelatinosa⁴. Unter normalen Umständen erfolgt die Weiterbeförderung der Reize im corp. gen. ext. auf dem kürzesten Wege, also durch die den Endaufsplitterungen der einzelnen Sehnervenfasern zunächst gelegenen Zellenkomplexe; wird aber ein Teil der Sehrinde ausgeschaltet, so können gleichwohl die Reize, welche durch Vermittlung der zugehörigen Opticusfasern im Corp. genic. ext. anlangen, auf dem Wege durch die Substantia gelatinosa und die Schaltzellen noch sämtlich auf die Rinde projiziert werden; es bedarf dazu eines Auswachsens von Kollateralen aus den Sammelzellen, damit neue Kontakte zwischen den dem zerstörten Sehsphären-

areal zugeordneten Opticusfasern und entfernteren Ursprungszellen des Neurons Corpus geniculatum-Rinde hergestellt werden, deren corticopetale Leitung in erhaltene Rindenelemente einmündet; da aber neue Kontakte sich nur langsam bilden, bedarf es zur Restitution längerer Zeit.

Wie verlockend diese Hypothese auch erscheinen mag, so glaube ich sie doch mit meinen experimentellen Ergebnissen nicht völlig vereinigen zu können, denn ich habe nach den mitgeteilten partiellen Exstirpationen der Sehrinde keine Restitutionserscheinungen gesehen, wie sie in ihren Rahmen hineinpassen könnten. Da es sich um ein Auswachsen von Kollateralen in den Schaltzellen des Corp. gen. ext. handeln soll, muss man, wie v. Monakow selbst angibt, eine langsame, allmählich fortschreitende Restitution erwarten; ich habe aber nichts Derartiges beobachtet: in einer Anzahl von Fällen blieb das Skotom von Anfang an völlig unverändert, und das Gesichtsfeld sah am zweiten Tag nach der Operation genau so aus wie nach einigen Monaten; in anderen, wo das Skotom ursprünglich grösser war, als wie es dauernd bestehen blieb, hellte sich ein Teil davon in den ersten Tagen nach der Operation auf, wobei man bei dem raschen Verlauf der Restitution durchaus annehmen durfte, dass es sich um das Verschwinden eines temporären, durch Mitschädigung der Umgebung bedingten Symptoms handelte.

Wenn ich mich also, wenigstens für den Hund, nicht auf den Boden dieser Hypothese begeben möchte, die für die Restitution von Sehstörungen einen, wie mir scheint, zu weiten Spielraum offen lässt, so will ich damit durchaus nicht behaupten, dass jedes wahrnehmende Element der Retina mit einem Element des Corp. genic. ext., und weiter mit einem Element der Sehrinde verbunden ist, und dass die Zerstörung eines noch so kleinen Teils der Sehrinde stets ein dauerndes Skotom von entsprechender Grösse und Konfiguration zur Folge hat, wie das der Auffassung von Munk und Henschen entspricht.

Könnten die bisher mitgeteilten Fälle für diese Möglichkeit vielleicht sprechen, so verfüge ich andererseits über eine Reihe von Beobachtungen, die mit ihr, wie ich glaube, nicht vereinbar sind. Zum Teil, um in das Wesen der Projektion tiefer einzudringen, zum Teil für anatomische, noch zu besprechende Zwecke habe ich im Bereich der Area striata einige kleinere Exstirpationen ausgeführt, über die ich jetzt zunächst berichten möchte.

Beobachtung 32.

11. Januar 1910. Linksseitige Exstirpation der lateralen Partie des an der basal-cerebellaren Fläche des Occipitallappens gelegenen Teils der Area striata, zwischen dem Sulc. postsplen. und dem Sulc. rec. sup.

Optische Reflexe: am gekreuzten Auge zunächst fehlend, dann herabgesetzt bis zum achten Tag nach der Operation.

Sehen. Gekreuztes Auge: Ausfall der oberen Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds bis zum sechsten Tag nach der Operation; dann rasche Aufhellung, so dass am neunten Tag keinerlei Einschränkung des Gesichtsfelds mehr nachweisbar ist; auch das von oben eingeführte Nahrungsstück wird überall frühzeitig bemerkt und löst lebhafte Reaktionen aus; ob nicht eine Amblyopie im oberen Gesichtsfeldteil bestehen bleibt, lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden.

Der Hund wird am 29. Januar 1910 getötet.

Die Sektion bestätigt die Richtigkeit der Operation; der an der basal-cerebellaren Fläche gelegene mediale Teil der Area striata zwischen dem absteigenden Ast des Sulc. splenialis und dem Sulc. postsplenialis ist erhalten.

Beobachtung 33.

31. Mai 1910. Doppelseitige Operation. Links: Exstirpation eines 15 mm langen Stückes aus dem hinteren Teil der ersten Windung; rechts: Exstirpation eines annähernd gleich grossen Stückes aus dem hinteren Teil der zweiten Windung (Gyr. ectolater. et suprasylv.).

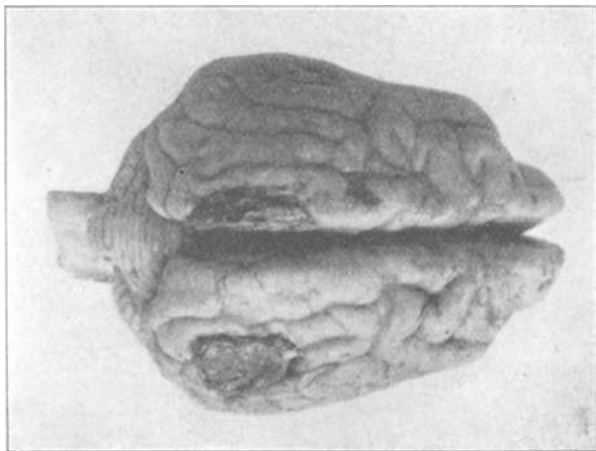


Fig. 49.

Optische Reflexe: rechts lebhaft, links dauernd herabgesetzt.

Sehen. Rechtes Auge: Amaurose des unteren äusseren Gesichtsfeldquadranten bis zum fünften Tag, dann allmählich abnehmende Amblyopie in diesem Bezirk; das übrige Gesichtsfeld ist vollkommen frei.

Linkes Auge: von Anfang an keinerlei Sehstörung feststellbar.

Der Hund wird am 13. Juni 1910 getötet.

Die Sektion bestätigt die Richtigkeit der Operation. Der linksseitige Defekt liegt ganz im Bereich der Area striata und reicht medial bis zum Sulc. spl., lateral bis zur Mitte der ersten Windung; der rechtsseitige Defekt liegt im ganzen ausserhalb der Area striata.

Beobachtung 34.

13. Juli 1910. Doppelseitige Operation. Links: Exstirpation eines 15 mm langen Stückes aus der ersten Windung; rechts: Exstirpation eines annähernd gleich grossen Stückes aus der zweiten Windung.

Optische Reflexe: rechts im Anfang nur von oben auslösbar, später überall lebhaft; links überall auslösbar, aber gegen rechts etwas herabgesetzt; zuletzt kein nachweisbarer Unterschied zwischen rechts und links.

Sehen. Rechtes Auge: am zweiten Tage Ausfall der unteren Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfeldes; vom dritten Tag an allmählich abnehmende Amblyopie im unteren aussenmittleren und unteren äusseren Gesichtsfeldteil; am zehnten Tag ist keinerlei Sehstörung mehr nachweisbar.

Linkes Auge: von Anfang an keinerlei Sehstörung nachweisbar.

Der Hund wird am 28. Juli 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des linksseitigen Defekts: hinten 0,8 vom kaudalen Pol, vorne 2,0 vom kaudalen Pol, medial nicht ganz bis zum Sulc. splen., lateral bis zur Mitte der ersten Windung; der rechtsseitige Defekt liegt im hinteren Teil der zweiten Windung.

Beobachtung 35.

12. Januar 1910. Doppelseitige Operation. Links: Exstirpation eines kleinen Stückes Rinde aus dem kaudalsten Teil der ersten Windung; rechts: Exstirpation eines annähernd gleich grossen Stückes Rinde aus dem kaudalsten Teil der zweiten Windung.

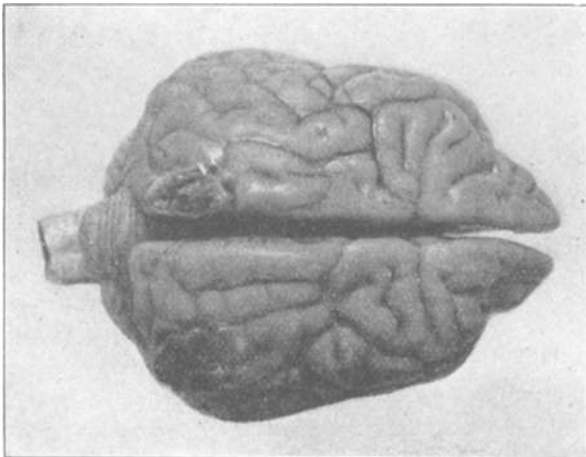


Fig. 50.

Optische Reflexe: rechts im Anfang von unten aussen nicht auslösbar, dann überall lebhaft; links ohne Störung.

Sehen. Rechtes Auge: Defekt im unteren äusseren Quadranten des Gesichtsfelds, sehr scharf und präzise nachweisbar; unten innen, unten Mitte und überall oben ist das Sehen von Anfang an intakt; nach einigen Tagen hellt sich das Skotom auf; ob eine Amblyopie in diesem Bezirk zurückbleibt, lässt sich nicht sicher entscheiden.

Linkes Auge: von Anfang an keinerlei Sehstörung nachweisbar.

Der Hund wird am 26. Oktober getötet. Die Sektion bestätigt die richtige Ausführung der Operation.

Beobachtung 36.

21. Oktober 1910. Doppelseitige Operation, wie in Beobachtung 35.

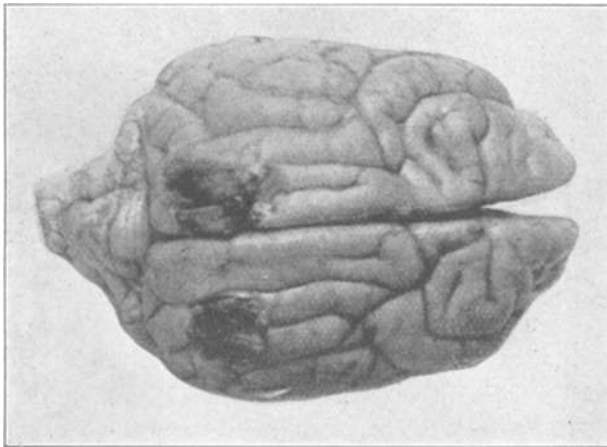


Fig. 51.

Optische Reflexe: beiderseits ohne Störung.

Sehen. Rechtes Auge: Amblyopie im unteren äusseren Quadranten des Gesichtsfelds, vom sechsten Tage an nicht mehr nachweisbar.

Linkes Auge: von Anfang an keinerlei Sehstörung nachweisbar.

Der Hund wird am 4. November 1910 getötet.

Sektion. Grenzen des linksseitigen Defekts: hinten 0,3 vom hinteren Pole, vorn 1,8 vom hinteren Pol, medial nicht ganz bis zum Sulc. splen., lateral bis zum Sulc. later. Der rechtsseitige Defekt liegt im hinteren Teil der zweiten Windung.

Zusammenfassung.

Optische Reflexe. Nach Exstirpation von kleineren Stücken aus der Area striata war der Blinzelreflex am gekreuzten Auge nur so lange herabgesetzt, wie eine erheblichere Sehstörung bestand (Beob. 32, 34, 35); die Herabsetzung des Blinzelreflexes trat nur

dann zutage, wenn man ihn von amaurotischen resp. amblyopischen Gesichtsfeldpartien aus auszulösen suchte, ein Beweis dafür, dass es sich um eine sensorische, nicht um eine motorische Störung gehandelt hat. Im Gegensatz dazu war der Blinzelreflex nach Exstirpationen aus der zweiten Windung am gekreuzten Auge in einigen Fällen (Beob. 33, 34) herabgesetzt, wo nicht die geringste Sehstörung nachweisbar war — eine Bestätigung der bereits geäußerten Annahme, dass an der zweiten Windung der Konvexität des Occipitallappens ein Zentrum für den Blinzelreflex vorhanden ist.

Sehen. Nach kleineren Exstirpationen aus der zweiten Windung des Occipitallappens war weder im nasalen Gesichtsfeldteil des gleichseitigen noch am gekreuzten Auge irgendeine Sehstörung feststellbar (Beob. 33, 34, 35, 36), was sich mit meinen früheren Ergebnissen (Kap. IV und V) vollkommen deckt und von neuem den Beweis liefert, dass die zweite Windung der Konvexität des Occipitallappens ausserhalb der rezeptorischen Sehsphäre liegt.

Nach kleineren Exstirpationen aus der Area striata konnte ein sehr bemerkenswerter Befund erhoben werden; es trat danach ausnahmslos eine Sehstörung am gekreuzten Auge ein, und zwar erstreckte sich dieselbe auf die obere Gesichtsfeldhälfte nach einer partiellen Exstirpation des cerebellaren Teils der Area striata (Beob. 32), auf den unteren äusseren Quadranten des Gesichtsfelds nach einer Exstirpation aus dem kaudalen Teil der ersten Windung (Beob. 33, 35, 36); in einem Fall (Beob. 34), wo der Defekt etwas weiter frontalwärts lag, erstreckte sich die Sehstörung hauptsächlich auf den unteren aussenmittleren Gesichtsfeldteil; in allen Fällen bildete sich aber die ursprünglich vorhandene Amaurose oder hochgradige Amblyopie so weit zurück, dass es nach 14 Tagen¹⁾ fraglich erschien, ob überhaupt noch irgendeine Sehstörung besteht; jedenfalls kann es sich dann nur noch um einen Grad von Amblyopie gehandelt haben, dessen Feststellung bei Tieren nicht gut möglich ist. Dass sich geringe Einschränkungen des Gesichtsfelds dem Nachweis entziehen, ist selbstverständlich; aber ein nennenswertes Skotom dürfte mir nicht entgangen sein, und so glaube ich aus diesen Beobachtungen schliessen zu dürfen, dass nach kleineren Exstirpationen aus dem Bereich der Area striata die ursprünglich in einem bestimmten Gesichtsfeldteil auftretende Sehstörung (Amaurose oder

1) Die Tiere wurden nach 14 Tagen für die Marchi-Untersuchung getötet.

hochgradige Amblyopie) sich so weit zurückbildet, dass sie schon nach einigen Tagen nicht mehr nachweisbar ist, und dass jedenfalls keine irgendwie erhebliche Einschränkung des Gesichtsfelds bestehen bleibt. Bei dieser raschen Restitution darf man wohl annehmen, dass sie nicht auf einem Auswachsen von Kollateralen und dem dadurch ermöglichten Eintreten von benachbarten Rindenteilen beruht, denn ein derartiger anatomisch-physiologischer Kompensationsvorgang im Sinne der v. Monakowschen Hypothese müsste längere Zeit in Anspruch nehmen; ich glaube vielmehr, dass die ursprünglich ausgesprochene Sehstörung dadurch bedingt ist, dass in den ersten Tagen nach der Operation ein viel grösseres Gebiet der Hirnrinde lahmgelegt ist als das tatsächlich exzidierte, und dass die Sehstörung sich in dem Masse zurückbildet, wie die Umgebung des Defekts sich von der operativen Mitschädigung erholt; es handelt sich hier um das Freiwerden von Rindenteilen, welche schon normalerweise mit den sich restituierenden Netzhautteilen in Beziehung stehen.

Das Ergebnis von kleineren partiellen Exstirpationen der Area striata ist mit der Annahme unvereinbar, nach welcher die Sehrinde einen einfachen Abklatsch der Netzhaut darstellt (Henschen, Munk); denn dann müsste nach jeder Exstirpation ein dauerndes, entsprechend konfiguriertes Skotom zurückbleiben, was bei diesen Beobachtungen nicht der Fall war; andererseits scheint es auf den ersten Blick meinen eigenen Ergebnissen zu widersprechen, wonach eine konstante Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde vorhanden ist, so dass die Exstirpation eines grösseren Teils der Sehsphäre (des vorderen oder des hinteren) ein dauerndes Skotom in den entsprechenden Teilen des Gesichtsfelds herbeiführt; ich glaube aber, dass eine genauere Analyse diesen scheinbaren Widerspruch lösen und zugleich unseren Begriff vom Wesen der Projektion vertiefen kann.

Wir müssen daran festhalten, dass eine konstante Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde im Prinzip zweifellos vorhanden ist, indem grössere, an den Polen der Sehrinde ansetzende partielle Exstirpationen stets dauernde Skotome von bestimmter Lage herbeiführen, dass aber andererseits die Projektion nicht als ausschliessliche Beziehung von Element zu Element gedacht werden kann, da kleinere Exstirpationen aus dem Bereich der Area striata kein dauerndes Skotom und überhaupt keine dauernde nachweisbare Sehstörung herbeizuführen brauchen.

Es ist mir aufgefallen, dass die Exstirpation des an der basal-

cerebellaren Fläche des Occipitallappens gelegenen Teils der Area striata allein nicht genügt, um den Ausfall der ganzen oberen Gesichtsfeldhälfte zu bewirken, sondern dass auch noch der kaudalste Teil der ersten Windung mit zerstört werden muss, damit die Grenze der amaurotischen und funktionsfähigen Partien das Gesichtsfeld ungefähr hälftig (Beob. 21, 31, 13a); andererseits bewirkt die isolierte Exstirpation dieses Rindenteils eine vorübergehende Sehstörung eher im unteren als im oberen Teil des Gesichtsfelds (Beob. 35 und 36); in diesen auf den ersten Blick sich widersprechenden Erscheinungen könnte ein Schlüssel für das Verständnis der fraglichen Verhältnisse liegen; denn sie würden am ehesten darin ihre Erklärung finden, dass diejenigen Rindenteile, in denen die an den horizontalen Meridian angrenzenden oberen resp. unteren Teile der Netzhaut vertreten sind, gegenseitig ineinandergreifen.

Um die Verhältnisse der Projektion auf die Sehrinde schematisch darstellen zu können, wollen wir uns vorstellen, dass die an der basal-cerebellaren Fläche des Occipitallappens gelegene Partie der Area striata so nach hinten und oben emporgehoben ist, dass der absteigende Ast des Sulcus splenialis in derselben horizontalen Ebene verläuft wie sein vorderer horizontaler Ast; denken wir uns nun die so umgeformte Sehrinde aus ihren Furchen auseinandergefaltet und das Ganze auf einer Ebene ausgebreitet, so dürfte die Figur eines Ovals entstehen, dessen sagittaler Durchmesser ungefähr zweimal so gross ist wie der frontale (sagittaler Durchmesser des an der ersten Windung der Konvexität gelegenen Teils der Area striata ca. 3,0 cm; sagittaler Durchmesser des cerebellaren Teils der Area striata von hinten nach vorn ca. 1,5 cm; $3,0 + 1,5 = 4,5$ cm; frontaler Durchmesser der Area striata zwischen Sulc. later. und Sulc. splen. nach Auseinanderfaltung der Furchen ca. 2,5 cm).

Nun glaube ich mir die Projektion so vorstellen zu können, dass jedes wahrnehmende Element der Netzhaut nicht mit einem, sondern mit einer Anzahl von Elementen der Sehrinde, mit einigen allerdings in besonders enger, mit anderen in besonders lockerer Verbindung steht — mit einer Skala von dazwischen gelegenen Verbindungsstufen.

Schematisch können wir uns das Projektionsfeld jedes wahrnehmenden Netzhautelements in der Sehrinde als einen Kreis denken (z. B. Kreis *A* für das Netzhautelement α); alle Elemente, die innerhalb dieses Kreises liegen, stehen mit dem entsprechenden

Netzhautelement α in Verbindung und werden bei jeder Erregung desselben durch einen optischen Reiz ebenfalls in Erregung versetzt; der Grad der Erregung ist aber nicht für alle Elemente gleich: während im Zentrum des Kreises A dasjenige Rindenelement a oder diejenige Gruppe von Rindenelementen sich befindet, die mit dem wahrnehmenden Element α der Netzhaut in besonders enger Beziehung steht und deshalb bei jeder Erregung desselben besonders stark mitschwingt, nimmt die Enge der Verbindung und dementsprechend der Grad der Erregung gegen die Peripherie des Kreises allmählich ab. Die Projektionskreise der einzelnen Netzhautelemente überdecken sich gegenseitig, so dass, was für einen Kreis Zentrum, für den anderen Peripherie ist, oder, physiologisch ausgedrückt, ein und dasselbe Rindenelement (a) kann für ein Netzhautelement (α) Haupt-, für eine Reihe von benachbarten Netzhautelementen ($\beta, \gamma, \delta \dots$) Nebenerregungsstation sein. Wenn eine Reihe von Netzhautelementen von einem optischen Reiz getroffen wird, so wird auch eine Anzahl von Elementen der Sehrinde in Erregung versetzt, wobei jedes einzelne oder jede einzelne Gruppe dieser Elemente zwar vorwiegend von dem ihm besonders eng zugeordneten Netzhautelement erregt wird, aber auch von den benachbarten Netzhautelementen Nebenerregungen erhält. Die einzelnen benachbarten Gruppen von wahrnehmenden Elementen der Sehrinde werden gegenseitig konstelliert (Ineinandergreifen der Kreise), und darin dürfte vielleicht die physiologische Bedingung für die einheitliche Wahrnehmung des Gesehenen gegeben sein; wollte man annehmen, dass jedes Element der Netzhaut nur mit einem Element der Sehrinde in Beziehung steht, so könnte man sich allenfalls das Zustandekommen eines Mosaiks von optischen Empfindungen vorstellen, nicht aber die Entstehung eines lückenlosen optischen Bildes.

Je stärker die physiologische Inanspruchnahme eines Netzhautelementes ist (was durch das Mass seiner Entfernung von der Stelle des direkten Sehens bestimmt wird), desto stärker und umfangreicher bilden sich die Kollateralen in den Endbäumchen der zugehörigen Opticusfasern im Corpus gen. ext. und der corticopetalen Sehstrahlungsfasern in der Hirnrinde aus; desto grösser wird infolgedessen die Anzahl der Elemente der Sehrinde, mit denen ein wahrnehmendes Netzhautelement verbunden ist, oder sein Projektionsfeld; die Area centralis dürfte dann im Bereich der Sehrinde zwar ebenfalls inselförmig vertreten, aber ihr Vertretungsbezirk ein relativ

sehr grosser sein. In unserer schematischen Darstellung wird das darin seinen Ausdruck finden, dass die verschiedenen Netzhautstelle entsprechenden Projektionskreise um so grösser werden, je näher jene zur Stelle des direkten Sehens liegen, und dass diese den weitaus grössten Projektionskreis besitzt.

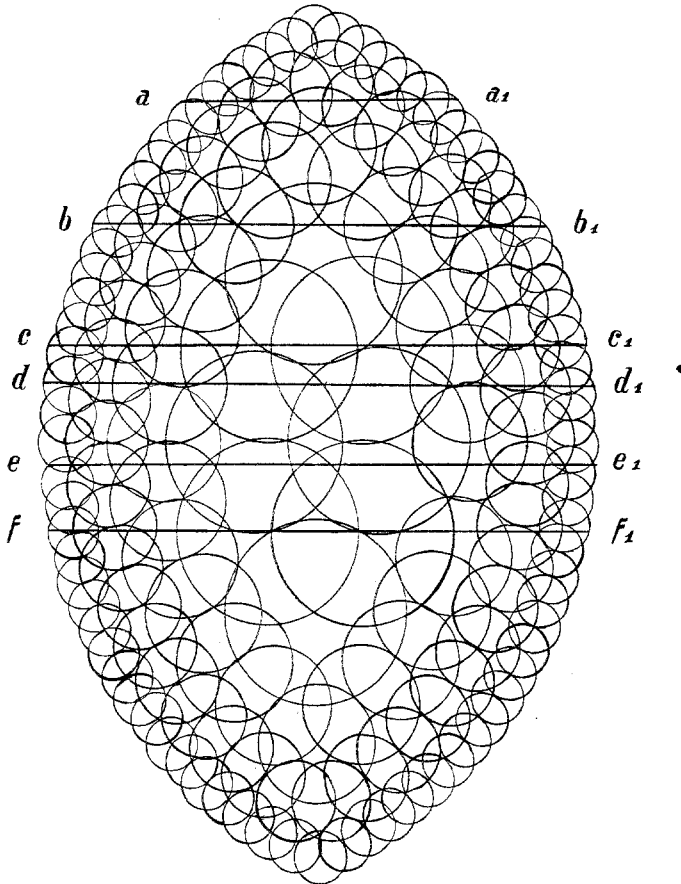


Fig. 52.

Tragen wir nun diese Kreise in die auf der Ebene ausgebreitete Figur der Sehrinde ein, indem wir daran festhalten, dass die oberen Teile der Netzhaut im oralen, die unteren im kaudalen Teil der Sehrinde vertreten sind, so werden wir ein Schema erhalten, aus dem, wie ich glaube, die Befunde nach partiellen Exstirpationen derselben sich ohne Schwierigkeiten ableiten lassen.

In dieses Schema der Sehrinde sind die Projektionskreise für

vier¹⁾ konzentrische, gleich voneinander entfernte Netzhautkreise eingetragen; der äussere Netzhautkreis und dementsprechend das äussere Kreissystem in der Sehrinde soll die äusserste lichtempfindliche Netzhautperipherie repräsentieren, während der innere Netzhautkreis die Area centralis in sich schliessen soll²⁾, welche in dem Schema der Sehrinde durch das zentrale System von grossen Kreisen vertreten wird. Ein Netzhautpunkt wird nur dann dauernd rindenblind, wenn sein ganzer Projektionskreis in der Sehrinde ausgeschaltet ist. Erstreckt sich aber die Ausschaltung nur auf einen Teil eines Projektionskreises, sei es auch seinen zentralen Teil, so tritt keine Rindenblindheit des entsprechenden Netzhautpunktes ein. Jeder Projektionskreis wird, wie oben ausgeführt, durch wahrnehmende Elemente der Sehrinde gleichmässig ausgefüllt gedacht, die alle mit einem Netzhautpunkt in Verbindung stehen; wenn nun die zentralen Elemente eines Projektionskreises *A*, die Haupterregungsstation für den entsprechenden Netzhautpunkt α , ausfallen, so wird jetzt der Reiz, da seine normale Hauptleitung gesperrt ist, auf Nebenleitungen in toto den in der Peripherie des Projektionskreises *A* gelegenen Elementen der Sehrinde zugeführt; es werden dazu schon früher vorhandene und benutzte Leitungen gebraucht, nur mit dem Unterschied, dass, was früher Nebenleitung war, jetzt Hauptleitung wird; darf man dabei überhaupt von einer funktionellen Restitution sprechen, so wird sie sich jedenfalls sehr rasch vollziehen; da aber die in der Peripherie des Projektionskreises *A* gelegenen Elemente möglicherweise das Zentrum eines benachbarten Projektionskreises *B* und die kortikale Haupterregungsstation für den α benachbarten Netzhautpunkt β bilden, so könnte daraus wegen der Überlastung des Projektionskreises *B* vielleicht ein gewisser Grad von Sehschwäche resultieren; wahrscheinlich handelt es sich aber dabei stets um ganze Gruppen von Elementen, die auch eine gesteigerte Funktion bewältigen können, wenn nur die anatomischen Voraussetzungen dafür gegeben sind.

Nach diesen Ausführungen wird es klar, warum, bei dem prinzipiellen Vorhandensein einer Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde, kleinere Exstirpationen, besonders aus zentralen Partien derselben, kein nachweisbares Skotom und überhaupt keine dauernde

1) Eine willkürlich gewählte Zahl.

2) In Wirklichkeit befindet sich die Area centralis des Hundes nicht im Zentrum der Netzhaut, sondern in ihrem oberen äusseren Quadranten.

nachweisbare Sehstörung herbeizuführen brauchen. Eine Exstirpation aus dem zentralen Teil der Sehrinde, die, auf unser Schema übertragen, durch die Geraden dd_1 und ee_1 begrenzt wäre, müsste, nachdem die temporären, durch operative Mitschädigung der Umgebung bedingten Symptome sich zurückgebildet haben, nur eine geringfügige, beim Tier nicht nachweisbare Einschränkung des Gesichtsfelds zur Folge haben, während sonst keinerlei Sehstörung zu erwarten wäre (vgl. Beob. 35 und 36).

Dass im Gegensatz dazu durch grössere, an den Polen der Sehrinde ansetzende Exstirpationen dauernde Skotome herbeigeführt werden, lässt sich aus diesem Schema ebenfalls leicht ableiten. Eine Exstirpation, die am oralen Ende der Sehrinde beginnt und kaudal durch die Linie ff_1 begrenzt wird, wird eine dauernde Rindenblindheit der oberen Hälfte der nasalen drei Viertel der gekreuzten Netzhaut zur Folge haben, welcher ein dauerndes Skotom in der unteren Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds entspricht (vgl. Beob. 28, 29, 30 und 14 a, Exstirpationen vom frontalen Pol der Area striata bis zur Umbiegungsstelle der ersten Windung in die basal-cerebellare Fläche des Occipitallappens); erstreckt sich die Exstirpation auf das Gebiet zwischen dem kaudalen Pol der Sehrinde und der Linie cc_1 , so wird sie in den nasalen drei Vierteln der gekreuzten Netzhaut eine dauernde Rindenblindheit ihrer unteren Hälfte und dementsprechend ein dauerndes Skotom in der oberen Hälfte der temporalen drei Viertel des Gesichtsfelds herbeiführen (vgl. Beob. 21, 31, 13 a, Exstirpationen der basal-cerebellaren Partie der Area striata und des kaudalsten Teils der ersten Windung der Konvexität). Das Gebiet der Sehrinde zwischen den Linien cc_1 und ff_1 , den Tangenten von Projektionskreisen, welche äquatorialen wahrnehmenden Elementen der Area centralis (der Stelle des direkten Sehens) entsprechen, muss sowohl bei frontalen wie bei kaudalen Exstirpationen der Sehrinde zerstört werden, wenn die Grenze der funktionsfähigen und amaurotischen Netzhautpartien durch das Zentrum der Area centralis (der Stelle des direkten Sehens) gehen soll. Ganz allgemein ausgedrückt muss ein gemeinsames Gebiet zerstört werden, wenn das Skotom nach kaudalen Operationen eben dort mit seiner unteren Grenze beginnen soll, wo es nach frontalen Operationen sein oberes Ende findet. Eine experimentelle Bestätigung dieses theoretischen Postulats dürfte vielleicht der Umstand liefern, dass der kaudalste Teil der ersten Windung sowohl

bei der ersten wie bei der zweiten Gruppe von grossen partiellen Exstirpationen der Area striata zerstört werden musste, damit die Grenze der amaurotischen und erhaltenen Gesichtsfeldpartie dem horizontalen Äquator des Auges ungefähr entspreche.

Dass nach Exstirpationen, bei denen die ganze Sehrinde mit Ausnahme ihres oralen Pols (des Gebietes frontalwärts von der Linie aa_1) zerstört wird, nur die oberste Peripherie der Netzhaut funktionsfähig bleibt, und dass dementsprechend nur in den untersten Teilen des Gesichtsfelds gesehen wird (vgl. Beobachtung 22), bedarf keiner näheren Ausführung; ebensowenig die Tatsache, dass sobald der erhaltene frontale Teil der Area striata etwas grösser wird (kaudale Grenze bb_1), auch die Stelle des direkten Sehens zum Teil wieder funktionsfähig ist (vgl. Beobachtung 17, 18, 25).

Die Projektion des lateralsten Netzhautteils lässt sich wegen seiner doppelten Versorgung nach einseitigen Exstirpationen nicht direkt feststellen; wenn aber für die ganz gekreuzt innervierte Retina eine Projektion auf die Hirnrinde vorhanden ist, so muss sie auch für diesen Netzhautteil bestehen; da aber die ihm entsprechenden Teile des Gesichtsfelds zum binokularen Gesichtsfeld gehören, so darf man annehmen, dass er für seine ungekreuzten Fasern kein von den gekreuzt innervierten Retinateilen getrenntes Projektionsfeld im Corp. gen. ext. und in der Sehrinde besitzt, dass diese vielmehr schon im Corp. gen. ext. in gemeinsame Elemente mit Fasern münden, welche aus korrespondierenden Netzhautteilen des gekreuzten Auges (aus dem aussenmittleren Netzhautviertel) stammen. Dann muss aber die Projektion der gekreuzt innervierten Retinateile auch für die ungekreuzten Fasern massgebend sein, indem auch für das lateralste Netzhautviertel die oberen Teile im vorderen, die unteren im hinteren Teil der Area striata vertreten sind. Ich ver füge über eine Beobachtung, welche diese Annahme bestätigt: in Fall 21 war links die hintere Partie der Area striata, rechts die ganze Area striata zerstört. Das nasale Gesichtsfeldviertel war an

1) Nur für die phylogenetisch alten Fasern, welche den lateralsten Netzhautteil z. B. des rechten Auges noch gekreuzt versorgen, muss man ein besonderes Projektionsfeld im linken Corpus genicul. ext. und in der linken Sehrinde erwarten, da sich hier keine Elemente finden, welche korrespondierenden Netzhautpunkten des linken Auges entsprechen (das aussenmittlere Netzhautviertel des linken Auges wird in toto vom rechten Corpus gen. ext. und von der rechten Sehrinde versorgt).

beiden Augen in seiner oberen Hälfte blind, in der unteren erhalten (s. Fig. 42); da von den *Areae striatae* nur der vordere Teil in der linken Hemisphäre erhalten war, so muss alles Sehen an beiden Augen, auch das in der unteren Hälfte des nasalen Gesichtsfeldviertels, auf dieses Gebiet zurückgeführt werden, was angesichts der Beziehung jeder Sehrinde zu beiden lateralen Netzhautvierteln keine Schwierigkeiten bietet. Dagegen deutet die Blindheit in der oberen Hälfte des nasalen Gesichtsfeldviertels an beiden Augen darauf hin, dass in den zerstörten hinteren Teilen beider *Areae striatae* die untere Hälfte nicht bloss der inneren drei Viertel der gekreuzten, sondern auch des lateralen Viertels der gleichseitigen Netzhaut vertreten ist.

Aus diesem Kapitel dürfte sich folgendes ergeben:

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. Die Projektion ist aber nicht geometrischer, sondern physiologischer Natur: jedes wahrnehmende Element der Netzhaut steht nicht mit einem, sondern mit einem ganzen Areal von wahrnehmenden Elementen der Sehrinde in Verbindung, mit einigen allerdings in engerer als mit anderen; dieses Areal ist um so grösser, je stärker die physiologische Inanspruchnahme des entsprechenden Netzhautelementes ist, oder je näher es zur Stelle des direkten Sehens liegt; auch letztere ist im Bereich der Sehrinde inselförmig, aber in einem besonders umfangreichen Gebiet vertreten. Die korrespondierenden Teile beider Netzhäute haben im Bereich der Sehrinde ein gemeinsames Projektionsfeld.

Wird ein Teil der Sehrinde ausgeschaltet, so findet eine Restitution nur insofern statt, als solche Elemente der Sehrinde, die früher mit den vorwiegend betroffenen Netzhautelementen in lockerer Beziehung standen (für sie nur kortikale Nebenerregungsstationen bildeten), jetzt in besonders enge Beziehung zu ihnen treten (zu ihren kortikalen Haupterregungsstationen werden). Der rasche Eintritt dieser Restitution und

das Versagen derselben bei ausgedehnten partiellen Operationen weisen darauf hin, dass sie sich im wesentlichen in bereits vorhandenen, nicht in neu entstehenden anatomischen Bahnen vollzieht.

Diese Auffassung bietet eine genügende Erklärung dafür, dass einerseits kleinere Exstirpationen, besonders aus den zentralen Teilen der Sehrinde, keine nachweisbare Sehstörung herbeizuführen brauchen, und andererseits ausgedehnte Operationen, die an den Polen der Sehrinde ansetzen und sich über ein grosses Gebiet derselben erstrecken, ein dauerndes Skotom von konstanter Lage und Konfiguration am gekreuzten Auge bewirken.

Am Schluss dieses Kapitels möchte ich noch bemerken, dass, wenn ich auch hier vom Wesen der Projektion eine relativ selbständige Auffassung entwickelt habe, ich es für ein bleibendes Verdienst von Munk und Henschen halte, das Prinzip der Projektion der Netzhaut auf die Hirnrinde auf physiologischer resp. anatomisch-klinischer Grundlage entdeckt und nachgewiesen zu haben.

X. Die elektrische Reizung des Occipitallappens. Das optisch-motorische Feld.

Schäfer¹⁾ hat beim Affen festgestellt, dass durch Reizung mit Induktionsströmen von der Rinde des Hinterhauptlappens aus assoziierte Augenbewegungen herbeigeführt werden; dabei gehen die Augen immer nach der der Reizung entgegengesetzten Seite und zugleich nach unten, wenn die Reizung in der oberen (oder vorderen), nach oben, wenn sie in der unteren (oder hinteren) Zone des Occipitallappens erfolgt. Schäfer nimmt an, dass diese verschiedenen Augenbewegungen die Folge von begleitenden subjektiven optischen Empfindungen sind, welche durch die Reizung ausgelöst werden, und dass sie Richtungen annehmen, in welchen die Empfindungen nach aussen projiziert werden; daraus ergibt sich eine gewisse Verbindung zwischen Teilen der Hirnsehfläche und der Netzhäute.

1) Schäfer, Experiments on the electric excitation of the visual area of the cerebral cortex in the monkey. Brain 1889.

Ferner hat Danillo¹⁾ angegeben, dass die assoziierten Augenbewegungen nach der der Reizung entgegengesetzten Seite bei elektrischer Reizung der weissen Substanz des Hinterhauptlappens bestehen blieben, sowohl wenn er die Rinde der vorderen motorischen Region abtrug, wie wenn er durch ca. 1 $\frac{1}{2}$ cm tiefen Querschnitt den vorderen Hirnteil von dem hinteren trennte. Danillo schliesst daraus, dass die Zentren für die assoziierten Augenbewegungen weder in der motorischen noch in der Occipitalregion der Grosshirnrinde, sondern tiefer gelegen sind.

Diesen Schluss bestreitet dann Bechterew²⁾; er glaubt vielmehr, dass Zentren für konjugierte Augenbewegungen sowohl in der motorischen wie in der Occipitalgegend liegen. Ihr Vorhandensein im Occipitallappen könne man „schon daraufhin für bewiesen ansehen, dass nach Schnitten, die entsprechend der Lage dieser Zentren die Rinde von den tiefer gelegenen Teilen trennen, ihre Reizung nicht mehr die gewohnten Bewegungen auslöst“; dagegen stimmt er mit Danillo darin überein, dass es unberechtigt ist, die Augenbewegungen, welche bei elektrischer Reizung des Occipitallappens zur Beobachtung kommen, auf subjektive Sehempfindungen zurückzuführen, wie dies Schäfer getan hat.

Schliesslich hat Rosenbach³⁾ angegeben, dass „die mit Beständigkeit vom Occipitallappen, am besten von einem bestimmten Punkte der Munk'schen Sehsphäre aus zu erzielende seitliche Ablenkung der Augäpfel in allen Fällen auch nach völliger Zerstörung der motorischen Region bestehen bleibt“.

Diese interessanten Versuche hat Munk⁴⁾ in Gemeinschaft mit Obregia⁵⁾ am Hund wieder aufgenommen und deren Ergebnisse für die Richtigkeit seines Projektionsschemas und seiner Abgrenzung der Sehsphäre an der Konvexität des Occipital-

1) Danillo, im Wratsch 1888 Nr. 48 (russ).

2) Bechterew, Über die Erregbarkeit verschiedener Hirnbezirke bei neugeborenen Tieren. Neurol. Centralbl. 1889 S. 513.

3) Rosenbach, Zur Frage über die epileptogene Eigenschaft des hinteren Hirnrindengebietes. Neurol. Zentralbl. 1889 S. 249.

4) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. S. 293—313. Berlin 1890.

5) Obregia, Über Augenbewegungen auf Sehsphärenreizung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1890. Physiol. Abt.

lappens in Anspruch genommen. Munk und Obregia fanden, dass von der Konvexität des Occipitallappens assoziierte Augenbewegungen nach der der Reizung entgegengesetzten Seite herbeigeführt werden, und zwar gehen die Augen zugleich nach unten, wenn die Reizung in der vorderen, nach oben, wenn sie in der hinteren Zone der Sehsphäre erfolgt. Von der intermediären Zone erhält man entweder reine Seitenbewegungen oder von der Mitte der Stelle A_1 Konvergenzbewegungen, wenn die Augen im Moment der Reizung divergent waren. Die besten Reizeffekte erhält man von der inneren Hälfte der zweiten Windung (Gyrus ectolateralis). Diese Augenbewegungen bleiben auch erhalten, nachdem die Occipitalrinde durch einen Frontalschnitt von der motorischen Region abgetrennt worden ist, und Munk schliesst daraus (in Übereinstimmung mit Bechterew und Rosenbach), „dass gewisse Augenbewegungen vor allen anderen Bewegungen, welche Folgen des Sehens sind, dadurch ausgezeichnet sind, dass sie auf dem nächsten und kürzesten Wege durch Radiärfasern der Sehsphäre zustande kommen“. Diese Augenbewegungen führen Munk und Obregia und zuletzt auch Berger¹⁾ auf subjektive Lichtempfindungen zurück, welche bei elektrischer Reizung des Occipitallappens in verschiedenen, und zwar gerade in jenen Teilen des Gesichtsfelds entstehen, nach welchen die assoziierten Bewegungen der Augen gerichtet sind. Wenn also bei Reizung des hinteren Teils der zweiten Windung eine assoziierte Augenbewegung nach oben erfolgt, so geschehe das, weil durch die Reizung ein optischer Eindruck im oberen Teil des Gesichtsfelds geweckt werde. Und da die Richtung der Augenbewegungen dem auf Grund von Exstirpationsversuchen konstruierten Projektionsschema entspricht, so sieht Munk darin einen neuen Beweis für die Richtigkeit derselben.

Es sind hier zwei Momente auseinanderzuhalten: der experimentelle Tatbestand und seine Deutung, d. h. die Zurückführung der assoziierten Augenbewegungen auf subjektive Lichtempfindungen. Es lag für mich Veranlassung genug vor, diese Experimente nachzuprüfen und deren Deutung zu analysieren; namentlich hatte ich festzustellen, ob Reizeffekte von der Area striata, also besonders von der medialen und cerebellaren Fläche des Occipitallappens, erhältlich sind.

1) Berger, Experimentelle Untersuchungen über die von der Sehsphäre aus ausgelösten Augenbewegungen. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. Bd. 9. 1901. Pflüger's Archiv für Physiologie. Bd. 141.

Zur Narkose benutzte ich im Gegensatz zu Exstirpationsversuchen nur Äther, da, wie Obregia angibt, und wie ich mich selbst überzeugt habe, Morphinum die elektrische Reizbarkeit des Occipitallappens aufhebt. Nach Anlegung einer breiten Knochenlücke wurde die Dura gespalten, und das Duraläppchen über dem ganzen Occipitallappen weggeschnitten. Die Reizungen wurden vorgenommen, nachdem der Hund aus der Narkose ganz oder fast ganz erwacht war; manche Hunde werden dabei sehr unruhig, winseln und wälzen sich und müssen von Zeit zu Zeit von neuem leicht narkotisiert werden; andere verhalten sich auffallend ruhig. Die blossliegende Rinde habe ich oft mit lauwarmer physiologischer Kochsalzlösung irrigiert und mit darin eingetauchten Wattebäuschen bedeckt; dadurch gelang es mir am besten, die bei der Reizung rasch sinkende Erregbarkeit des Occipitallappens wieder zu heben. Zur Reizung benutzte ich ein du Bois-Reymond'sches Schlitteninduktorium; es wurde stets die bipolare Reizung mit geknüpften Platinelektroden von 2—3 mm Abstand angewendet. Bei manchen Hunden konnte selbst bei maximaler Stromstärke nicht der geringste Reizeffekt erzielt werden, auch nachdem sie aus der Narkose völlig erwacht waren.

Versuch I.

I hinten¹⁾: wiederholt ohne Effekt.

IIa hinten: deutliche und ausgiebige Bewegung beider Augen nach der entgegengesetzten Richtung und nach oben; zugleich Erweiterung der Pupille.

IIb hinten: dieselbe Bewegung wie von IIa hinten, nur weniger ausgiebig.

I Mitte: meistens ohne Effekt, zuweilen kleine horizontale kontralaterale Bewegungen.

IIa Mitte und IIb Mitte: meist schwache horizontale kontralaterale Bewegungen.

I vorne: meistens ohne Effekt.

IIa vorne: Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite und zugleich nach unten.

IIb vorne: dieselbe Bewegung wie von IIa vorne, nur weniger ausgiebig.

Die wiederholte Reizung der inneren Partie der ersten Windung an der Konvexität, deren medialer Fläche und der cerebellaren Fläche des Occipitallappens bleibt vollkommen ergebnislos.

1) In diesen Protokollen bezeichne ich mit römischen Zahlen die gereizte Windung der Konvexität, von der sagittalen Längsfurche an gerechnet. I = Gyr. marginalis, IIa = Gyr. ectolateralis, IIb = Gyr. suprasylvius, III = Gyr. ectosylvius med. Ferner wird die Stelle der gereizten Windung als „hinten“ bezeichnet, wenn sie sich nahe an der kaudalen Kante des Occipitallappens (nicht als 0,5 cm davon) befindet; „Mitte“ bezeichnet ein Gebiet 0,5—1,5 cm, mehr „vorne“ 1,5—2,0 cm von der kaudalen Kante.

Versuch II.

IIa hinten: deutliche und ausgiebige Bewegungen beider Augen nach der entgegengesetzten Seite und zugleich nach oben.

IIa Mitte: zur Erzielung eines Reizeffektes bedarf es stärkerer Ströme als von IIa hinten: es erfolgen unausgiebige horizontale Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite.

IIa vorn: kontralaterale Bewegungen, oft rein horizontal, zuweilen auch etwas nach unten. Von der medialen und cerebellaren Fläche des Occipitallappens gelingt es kein einziges Mal, eine Augenbewegung auszulösen.

Versuch III.

IIa hinten: ausgiebige Bewegungen beider Augen nach der entgegengesetzten Richtung und nach oben; zugleich Erweiterung der Lidspalten durch Hebung der oberen Lider und Dilatation der Pupillen.

IIb hinten: derselbe Effekt wie von IIa hinten, nur weniger ausgiebig und bei stärkeren Strömen.

IIa Mitte und IIb Mitte: horizontale kontralaterale Bewegungen.

IIa vorn: kontralaterale Bewegungen, zugleich etwas nach unten.

IIb vorn und III: ohne Effekt.

Von der medialen und cerebellaren Fläche des Occipitallappens und von der inneren Hälfte der ersten Windung an der Konvexität sind auch mit den stärksten Strömen nur zuweilen schwache horizontale Bewegungen auslösbar; vergleichsweise wird stets auch die am meisten erregbare Stelle in IIa hinten gereizt, von wo aus jedesmal ausgiebige kontralaterale Bewegungen nach oben erfolgen.

Es wird ein Frontalschnitt 2,5 cm von der hinteren Kante nach Munk angelegt, wonach der Reizeffekt von IIa hinten erhalten bleibt.

Versuch IV.

IIa hinten: prompte kontralaterale Bewegungen beider Augen nach oben.

IIb hinten: wie von IIa hinten, nur weniger ausgiebig.

IIa Mitte: kontralaterale, zugleich nach unten gerichtete Bewegungen beider Augen.

IIa vorn und IIb vorn: ohne Effekt.

Von der medialen und cerebellaren Fläche des Occipitallappens ist bei wiederholter Reizung kein Effekt erzielbar.

Nach Anlegung eines Frontalschnittes, der 2,5 cm nach vorne von der kaudalen Kante verläuft, den Balken (unbeabsichtigt) durchtrennt und an der Konvexität bis zum horizontalen Ast des Sulcus suprasylv. reicht, bleiben die Reizeffekte von IIa hinten und IIa Mitte unverändert bestehen.

Versuch V.

IIa hinten: langsame, kontinuierliche Bewegungen beider Augen, meistens gerade nach oben, zuweilen auch etwas kontralateral.

IIa vorn, ca. 2,0 cm von der hinteren Kante: langsame Bewegung beider Augen nach unten.

Von der intermediären Zone erhält man keine Reizeffekte; auch von der cerebellaren Fläche des Occipitallappens sind keine Bewegungen erzielbar, von der medialen Fläche des Gyr. marginalis zuweilen Bewegungen beider Augen nach innen (Konvergenzbewegungen?).

Fassen wir das Ergebnis dieser Versuchsreihe zusammen, so folgt daraus in Übereinstimmung mit Munk und Obregia, dass von der Konvexität des Occipitallappens, besonders von der inneren Hälfte der zweiten Urwindung (Gyrus ectolateralis) assoziierte Augenbewegungen erzielbar sind, dass dieselben erhalten bleiben, nachdem durch einen Frontalschnitt der Occipitallappen von der motorischen Region abgetrennt worden ist (Versuche III und IV), und dass somit eine direkte corticofugale Bahn vom Occipitallappen zu den subcorticalen Augenmuskelkernen bestehen muss. Auch bezüglich der Richtung dieser Bewegungen kann ich die Angaben von Munk und Obregia bestätigen, wonach vom hinteren Ende des Gyrus ectolateralis, dicht vor dem absteigenden Ast des Sulcus lateralis, Augenbewegungen nach oben, und von einer weiter vorn (ca. 2,0 von der kaudalen Kante) gelegenen Stelle, ebenfalls im Gyrus ectolateralis, Augenbewegungen nach unten ausgelöst werden; dabei gehen die Augen zugleich nach der der Reizung entgegengesetzten Seite; von der intermediären Zone habe ich meistens nur unausgiebige horizontale Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite gesehen; von Konvergenzbewegungen, wie sie nach Munk bei der Reizung der Mitte der Stelle A_1 auftreten, habe ich mich nicht überzeugen können, auch wenn die Augen im Moment der Reizung divergent waren. Die Augenbewegungen sind oft, aber durchaus nicht regelmässig, von einer Erweiterung der Lidspalten durch Hebung des oberen Lides und einer Dilatation der Pupillen begleitet. Ähnliche Ergebnisse, nur von geringerer Ausgiebigkeit und bei stärkeren Strömen, sind oft auch von der äusseren Hälfte der zweiten Windung (Gyr. suprasylvius) erhältlich. Dagegen lassen sich — und darauf möchte ich besonderen Wert legen, da ich diesen Punkt bei meinen Reizversuchen in erster Linie berücksichtigt habe — von der Area striata, also von der medialen und cerebellaren Fläche des Occipitallappens und von der inneren Partie der ersten Windung an der Konvexität meistens gar keine, gelegentlich unausgiebige und unregelmässige Augenbewegungen auslösen. Es ergibt sich daraus die interessante Tatsache, dass, während die Area striata derjenige Rindenteil ist, der allein zur ersten Rezeption von optischen Eindrücken befähigt ist,

die Foci für assoziierte Bewegungen der Augen sich ausserhalb derselben, wenn auch in unmittelbarer Nachbarschaft, an der inneren Hälfte der zweiten Urwindung befinden (Fig. 53).

Sollte die Munksche Auffassung richtig sein, wonach diese bei elektrischer Reizung des Occipitallappens auftretenden Augenbewegungen auf subjektiven Lichtempfindungen beruhen, so müsste man gerade bei der Reizung der Area striata die ausgiebigsten und lebhaftesten Augenbewegungen erwarten; dies ist aber durchaus nicht der Fall.

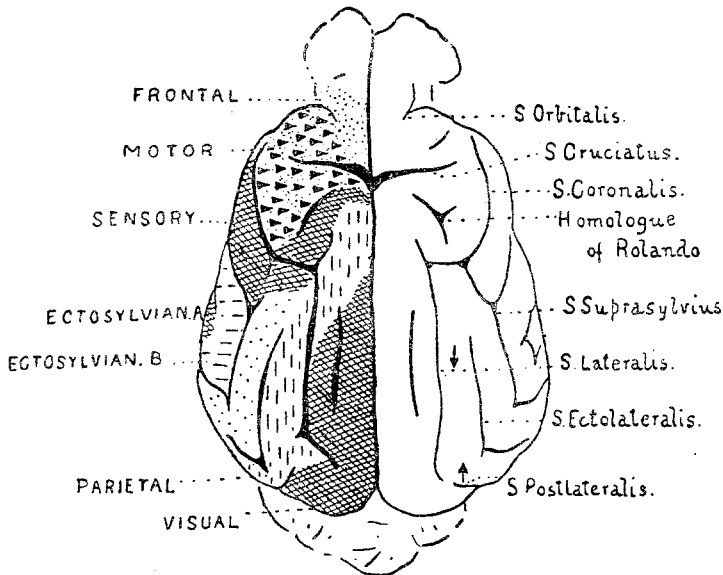


Fig. 53. Links cytoarchitektonische Karte der Hemisphäre des Hundes nach Campbell; rechts sind (mit Pfeilen) die Stellen bezeichnet, von denen aus bei elektrischer Reizung des Occipitallappens mit der geringsten überhaupt wirksamen Stromstärke assoziierte Augenbewegungen auslösbar sind; bei Reizung der Stelle ↑ gehen die Augen meistens nach der entgegengesetzten Seite und zugleich nach oben, bei Reizung der Stelle ↓ nach der entgegengesetzten Seite und zugleich nach unten.

Ich glaube, dass Munk aus experimentell richtigen Tatsachen unberechtigte Schlüsse gezogen hat; denn wenn man von bestimmten Stellen der Hirnrinde aus bei elektrischer Reizung einen Bewegungseffekt (in diesem Fall Augenbewegungen) erhält, so kann man daraus bloss folgern, dass an diesen Stellen Foci von motorischen Elementen für die entsprechende Bewegung gelagert sind; dagegen ist es unzulässig, daraus auf subjektive Empfindungen zu schliessen; mit gleichem Recht könnte man behaupten, dass bei elektrischer Reizung der vorderen Zentralwindung eine Bewegung

z. B. des Armes nur deswegen erfolgt, weil darin eine Sensation ausgelöst wird. Wohl aber ist im allgemeinen anzuerkennen, dass solche Foci sich in nächster Nähe von Rindenelementen befinden, welche durch von der Peripherie zuströmende Reize in erster Linie in Erregung versetzt werden; auch hier scheinen ähnliche Verhältnisse vorzuliegen.

Die Reizpunkte für die nach verschiedenen Richtungen erfolgenden assoziierten Augenbewegungen befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft derjenigen Teile der Area striata, in welchen die entsprechenden Gesichtsfeldteile vertreten sind. Wir haben uns davon überzeugt, dass im hinteren Teil der Area striata (hauptsächlich an der cerebellaren Fläche des Occipitallappens) die oberen, im vorderen (hauptsächlich an der medialen Fläche der ersten Windung) die unteren Teile des Gesichtsfelds ihr Projektionsfeld haben; der elektrische Reizversuch zeigt aber, dass vom hinteren Teil des Gyrus ectolater. assoziierte Augenbewegungen nach oben, vom vorderen nach unten ausgelöst werden; und da ist wohl der Schluss gerechtfertigt, dass es sich hier nicht um eine zufällige anatomische Nachbarschaft, sondern um einen funktionellen Verband handelt, in dem die Area striata und der kaudale Teil der zweiten Windung der Konvexität eng miteinander verknüpft sind. Wir finden hier die experimentelle Bestätigung einer von v. Monakow geäußerten Annahme. „Die Projektion der Retina hängt offenbar aufs engste mit der corticalen Lokalisation der durch Lichtreize angeregten assoziierten Augenbewegungen zusammen; und die räumlich feste corticale Repräsentation der verschiedenen Augenbewegungsarten (ebenfalls in der Sehsphäre) ist es, welche vor allem eine scharfe Projektion der Netzhautabschnitte (im Sinne von physiologisch geforderten Wechselbeziehungen zwischen bestimmten Retinapunkten und bestimmten corticalen Innervationspunkten für die Augenbewegungen) notwendig macht“¹⁾. Diese prinzipiell richtige Auffassung ist nach meinen Ergebnissen dahin zu präzisieren, das im Bereich des Occipitallappens bezüglich der Rezeption von optischen Eindrücken und deren motorischer Beantwortung (vor allem der assoziierten Einstellungsbewegungen der Augen auf Lichtreize, die in verschiedenen Teilen des Gesichtsfelds auftauchen) eine ähnliche, auch räumliche Trennung von rezeptorischen

1) v. Monakow, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Grosshirn. *Ergebn. d. Physiol.* 1902.

und effektorischen Elementen besteht, wie sie auf anderem Gebiete für die hintere und vordere Zentralwindung bei Primaten angenommen wird. Die Sehsphäre in engerem Sinne oder das optisch sensorische Feld, welches allein zur ersten Rezeption von optischen Eindrücken befähigt ist, deckt sich mit der Area striata. In unmittelbarer Nachbarschaft davon, im Gyrus ectolateralis, befindet sich ein optisch-motorisches Feld, ein Gebiet von vorwiegend effektorischen Elementen, deren physiologische Aufgabe in erster Linie darin besteht, eine direkte Beantwortung der optischen Reize durch motorische Reaktionen zu bewirken. Von diesen Reaktionen zeigt uns der elektrische Reizversuch nur die assoziierten Augenbewegungen, wobei die Projektionsfelder der verschiedenen Netzhautabschnitte in der Area striata und die Foci für die entsprechenden Einstellungsbewegungen der Augen besonders nahe aneinander liegen. Die Einstellungsbewegungen der Augen sind aber nicht die einzigen motorischen Reaktionen, welche vom optisch-motorischen Feld aus bewirkt werden; auch die beim elektrischen Reizversuch oft erzielbare Erweiterung der Lidspalten gehört hierher. Nach den Ergebnissen meiner Konvexitätsoperationen, welche meistens eine Herabsetzung des Blinzelreflexes am gekreuzten Auge zur Folge hatten, möchte ich ferner mit Ziehen annehmen, dass auch „der Orbicularis oculi, ähnlich wie die Bulbusbewegungen auch in der Sehsphäre¹⁾, unmittelbar vertreten ist“. Bei allen diesen Bewegungen handelt es sich um elementare motorische Reaktionen auf optische Eindrücke, wobei die Erregung von den rezeptorischen Elementen der Area striata auf die effektorischen Elemente des optisch-motorischen Feldes und weiter durch corticofugale Radiärfasern auf subcorticale Kerne übertragen wird. Ich möchte aber mit Munk glauben, dass auch gewisse Prinzipalbewegungen des Kopfes, des Rumpfes und der Extremitäten auf diesem Wege (ohne Vermittlung der motorischen Region) durch optische Eindrücke herbeigeführt werden können²⁾. Auch v. Monakow nimmt an, „dass ausser der eigentlichen motorischen Zone eine ganze Reihe von über den ganzen Cortex zerstreuten, im speziellen Dienst der Repräsentationsstätten der primären Sinneszentren stehenden und in die physiologische Organisation letzterer fest eingegliederten motorischen Reizpunkten vorhanden ist,

1) Nach meiner Auffassung im optisch-motorischen Felde.

2) Dass sie elektrisch nicht auslösbar sind, ist jedenfalls kein Gegenbeweis.

mit anderen Worten, dass die Motilität im Cortex fast in allen Sphären, nur nach etwas verschiedenen Grundsätzen, repräsentiert ist“. Das optisch-motorische Feld dürfte ein derartiges in den Dienst der Sehfunktion resp. ihres Rindenzentrums (der Area striata) gestelltes motorisches Gebiet darstellen, von welchem aus einfache Reaktionen auf optische Eindrücke, wie Einstellungsbewegungen der Augen, Schutzbewegungen der Lider und vielleicht auch gewisse optisch ausgelöste Prinzipalbewegungen des Rumpfes, des Kopfes und der Extremitäten ohne Vermittlung der motorischen Region, d. h. durch direkte Übertragung auf subcorticale motorische Zentren, herbeigeführt werden.

Wenn ich von einem optisch-sensorischen und optisch-motorischen Feld¹⁾ in der Grosshirnrinde spreche, so will ich damit nicht sagen, dass das eine nur afferente, das andere nur efferente Projektionsfasern besitzt. Ich glaube vielmehr, dass es reine Sinnessphären in der Grosshirnrinde ebensowenig gibt wie rein motorische Bezirke, und will mit diesen Benennungen nur auf die charakteristische physiologische Funktion und den überwiegenden Charakter der Stabkranzfaserung beider Rindengebiete hinweisen. Dass die Area striata auch über corticofugale Radiärfasern verfügt, geht schon daraus hervor, dass in ihr Zellen vom Riesenpyramidentypus (Meynertsche Solitärzellen) vorhanden sind, welche nach Durchschneidung der inneren Kapsel degenerieren (v. Monakow). In das optisch-motorische Feld müssen dagegen auch corticopetale Fasern einstrahlen; nur handelt es sich nicht um Fasern, deren auf die Hirnrinde übergreifende Erregung eine Lichtempfindung (Empfindung von Farbe, Helligkeit usw.) vermittelt; denn dies kann nur durch Fasern geschehen, die in die Area striata münden (vgl. Kap. VI). Vermutungsweise darf wohl ausgesprochen werden, dass in das optisch-motorische Feld nicht-optische zentripetale Fasern des sagittalen Marks einstrahlen, deren physiologische Aufgabe darin besteht, der Hirnrinde gewisse, auf dem jeweiligen Kontraktionszustand der Augenmuskeln²⁾ (vielleicht auch auf Spannungszuständen der Sklera und Druckverhältnissen in der Orbita) beruhende Impulse zu über-

1) Die Ausdrücke „optisch-sensorisches“ und „optisch-motorisches“ Feld sind, soweit ich die Literatur überblicke, zuerst von H. Sachs benutzt worden.

2) Nach Sachs auf dem Innervationszustand des motorischen Höhlengraus, indem „die Intätigkeitsetzung der motorischen Ganglienzellen der Augenmuskelerne von seiten des Kombinationsfasersystems derselben“ mittels einer zentripetalen Leitung der Grosshirnrinde gemeldet wird.

mitteln, die nach einer verbreiteten physiologischen Hypothese (Wundt) die Grundlage zum Aufbau von räumlichen Vorstellungen bilden. Für eine tiefere Analyse der kortikalen Repräsentation für verschiedene Komponenten des Sehakts bieten die experimentellen Ergebnisse am Hund keine genügende Grundlage; wenn ich daher die Vermutung ausspreche, dass das optisch-motorische Feld nicht bloss Foci von motorischen Elementen für assoziierte Augenbewegungen und einige andere optisch ausgelöste Reaktionen enthält, sondern dass es auch zentripetale Impulse durch Projektionsfasern empfängt, welche Augenmuskelempfindungen der Hirnrinde übermitteln, so stütze ich mich auf allgemeine theoretische Überlegungen (die Notwendigkeit einer sensiblen Kontrolle für die Augenbewegungen, deren elektrisch nachweisbare Foci für das optisch-motorische Feld gerade charakteristisch sind) und einige Beobachtungen beim Affen¹⁾ und Menschen, wonach Exstirpationen oder Herde in der Umgebung der Area striata zuweilen Störungen beim Sehen herbeiführen, die nur von einer Beeinträchtigung der Augenbewegungen und -empfindungen, nicht von einer Störung der Lichtempfindung abgeleitet werden können (Störungen der Tiefenlokalisation und des Fixierens der Objekte im Sehraum bei guter Sehschärfe); solche Beobachtungen haben ebenfalls zu der Annahme eines von dem optisch-sensorischen oder dem Lichtfeld getrennten optisch-motorischen Feldes geführt, an welches die Augenempfindungen und -bewegungen gebunden sind, und wo der motorische Anteil oder jene Funktion des Sehens lokalisiert ist, welche Form, Relief, Grösse der gesehenen Dinge und teilweise auch ihre gegenseitige Lage im Gesichtsfeld erkennen lässt (Sachs, Pick).

Das optisch-sensorische und optisch-motorische Feld bilden jedenfalls in ihrer Gesamtheit ein physiologisch eng zusammenhängendes sich gegenseitig unterstützendes System, ein optisches Sensorium, motorium. Der erste eigentlich optische Eindruck entsteht in der Area striata; zur Fixierung der örtlichen Zeichen bedarf es aber wohl einer Mitwirkung derjenigen Kortexteile, wo die Mobilmachung der verschiedenen Bewegungsrichtungen der Augen ihren Ursprung nimmt. Und da ist es in hohem Grade zweckmässig, dass die durch verschiedene Netzhautabschnitte vermittelten optischen Reize auf die Hirnrinde in nächster Nähe der Foci für diejenigen Muskelgruppen einwirken, welche jene Eindrücke genau im Sinne der räumlichen Herkunft des Reizes zu beantworten haben. Dass

1) Munk, Exstirpationen des Gyrus angularis.

tatsächlich etwas Derartiges vorliegt, lehrt uns der elektrische Reizversuch, wonach die Foci für die Augenbewegungen nach oben—hinten, nach unten—vorne an der zweiten Windung der Konvexität liegen, also in unmittelbarer Nachbarschaft derjenigen Gebiete der Area striata, wo die entsprechenden Gesichtsfeldteile vertreten sind.

Nachdem ich mich davon überzeugt hatte, dass das optisch-sensorische Feld sich mit einem cytoarchitektonisch scharf charakterisierten Rindenbezirk, der Area striata, deckt, und da ich mit Brodmann der Ansicht bin, dass „wer physiologische Lokalisationsarbeit leisten will, seinen Forschungen die Ergebnisse der histologischen Lokalisation wird zugrunde legen müssen“, habe ich mich darüber zu orientieren gesucht, ob die Cytoarchitektonik auch für die Begrenzung des optisch-motorischen Feldes einige Anhaltspunkte liefert. Eine cytoarchitektonische Karte der ganzen Hemisphäre des Hundes ist meines Wissens nur von Campbell angegeben (s. Fig. 23 bis 25); hier ist die Area striata von einem Rindentypus umsäumt, welchen er als „parietal area“ bezeichnet; derselbe nimmt nach aussen vom Sulcus lateralis die innere Hälfte der zweiten Windung (Gyrus ectolateralis) ein, geht aber dann am vorderen Rand der Area striata auf die erste Windung und auf die mediale Fläche der Hemisphäre über. Der nach aussen vom Sulcus lateralis befindliche Teil dieser Area entspricht im grossen ganzen jenem Rindenbezirk, von dem aus man bei elektrischer Reizung mit der geringsten überhaupt wirksamen Stromstärke Augenbewegungen auslösen kann (auch von der äusseren Hälfte der zweiten Windung [Gyr. suprasylvius] erhält man zuweilen assoziierte Augenbewegungen, dieselben treten aber bei grösseren Stromstärken ein und sind weniger ausgiebig). Über diese tatsächlichen Feststellungen möchte ich nicht hinausgehen, da ich die aufgeworfene Frage einerseits wegen der bis jetzt ungenügenden cytoarchitektonischen Erforschung der Grosshirnrinde des Hundes, anderseits wegen der Schwierigkeit auf Grund von elektrischen Reizversuchen ein physiologisches Areal abzugrenzen, noch nicht für spruchreif halte.

XI. Anatomische Ergebnisse.

Da der oculomotorische Effekt bei elektrischer Reizung des Occipitallappens auch nach Anlegung eines Frontalschnitts erhalten bleibt, welcher den Occipitallappen von der motorischen Region abtrennt (Rosenbach, Munk und Obregia, meine eigenen Versuche III und IV), so ist das Vorhandensein einer corticofugalen

Bahn, welche den Occipitallappen mit den subcorticalen motorischen Kernen direkt verbindet, physiologisch sichergestellt. Auch anatomisch ist an dem Bestehen einer derartigen Bahn nicht zu zweifeln. v. Monakow, der sich um die anatomische Erforschung der optischen Leitung die grössten Verdienste erworben hat, lässt den corticofugalen Anteil der Sehstrahlung aus den grossen Pyramidenzellen der Sehrinde (Meynertsche Solitärzellen) entspringen und im vorderen Zweihügel, vielleicht auch im Corp. gen. ext. sein Ende finden¹⁾. Probst hat den Verlauf der corticofugalen „Rinden-Sehhügelfasern“ an der Hand von frischen Degenerationen studiert²⁾; zu diesem Zweck hat er zirkumskripte Exstirpationen im Bereich des Occipitallappens bei Hunden und Katzen vorgenommen, die Tiere nach 2—3 Wochen getötet und die Gehirne an Frontalserien nach Marchi bearbeitet. Bei dieser kurzen Zeit konnte man annehmen, dass die Degeneration nur die corticofugale Bahn ergriffen, und nicht schon eine retrograde Degeneration in der corticopetalen Leitung stattgefunden hatte. Der ganze Verlauf und die Endausbreitung der degenerierten Fasern konnten genau festgestellt werden. Nach Probst zieht der corticofugale Anteil der Sehstrahlung im Stratum sag. med., er splittert sich auf im Pulvinar, im Corp. gen. ext. (nur zu einem geringen Teil), in den lateralen Sehhügelkernen, im oberflächlichen Mark und Grau des vorderen Vierhügels und im Brückengrau, wohin er durch die innere Kapsel und den occipitalen Anteil des Hirnschenkelfusses gelangt. Ich habe ebenfalls einige Gehirne nach zirkumskripten Exstirpationen im Bereich des Occipitallappens (entweder aus der Aria striata oder aus der zweiten Windung der Konvexität) nach Marchi untersucht und die Angaben Probsts in allen wesentlichen Punkten bestätigt gefunden (nur davon habe ich mich nicht überzeugen können, dass nach einseitiger Exstirpation auch im gekreuzten vorderen Vierhügel Degenerationen zu finden sind); ich habe es daher nicht nötig, über meine diesbezüglichen Ergebnisse ausführlich zu berichten, und möchte nur einen Umstand besonders hervorheben.

Aus meinen experimentellen Untersuchungen ergibt sich, dass das optisch-sensorische Feld sich mit der Area striata deckt;

1) v. Monakow, Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die optischen Zentren und Bahnen, nebst klinischen Beiträgen zur corticalen Hemianopsie und Alexie. Arch. f. Psych. Bd. 20, 23, 24.

2) Probst, Über den Verlauf der zentralen Sehfasern. Arch. f. Psych. 1901 S. 22.

anatomisch ausgedrückt bedeutet das, dass jene Fasern der Sehstrahlung, welche die erste eigentlich optische Empfindung vermitteln, in toto in dieses Rindengebiet einmünden; anderseits zeigt der elektrische Reizversuch, dass das optisch-motorische Feld mit der Area striata nicht zusammenfällt, sondern ausserhalb derselben, wenn auch in unmittelbarer Nachbarschaft, sich befindet; man muss danach annehmen, dass der corticofugale Anteil der Sehstrahlung wenn auch nicht ausschliesslich, so doch wenigstens vorwiegend, ausserhalb der Sehrinde seinen Ursprung nimmt.

Wenn diese Auffassung richtig ist, so ist nach Exstirpationen aus der zweiten Windung der Konvexität des Occipitallappens (des optisch-motorischen Feldes) eine ausgiebigere Degeneration zu erwarten, als nach gleichgrossen Exstirpationen aus der Area striata, vorausgesetzt selbstverständlich, dass nur die corticofugale Bahn degeneriert (und das dürfte der Fall sein, wenn man die Tiere 2—3 Wochen nach der Operation tötet). In einem Fall¹⁾ (s. Beob. 33 S. 295), wo ich gleichgrosse Stücke der Rinde links aus der Area striata, rechts aus der zweiten Windung der Konvexität des Occipitallappens exstirpiert hatte, war dies tatsächlich der Fall. Besonders deutlich war der Unterschied bezüglich der Degeneration im Br. quadr. ant. und im oberflächlichen Mark und Grau des vorderen Vierhügels, wo die Degeneration links nur unbedeutend, rechts beträchtlich war; man darf wohl annehmen, dass diese Fasern zu den Augenmuskelnkernen durch Vermittlung von Assoziationsneuronen in Beziehung stehen und das anatomische Substrat für die Übertragung von kortikalen Impulsen auf die Kerne der Augenmuskelnerven bilden (dass diese Übertragung eine indirekte ist, und „bestimmte Assoziationszellen zwischen die corticalen Verbindungs- und die Ursprungselemente der Augenbewegungen eingeschoben sind“, nimmt auch v. Monakow an, und es dürfte vielleicht darin eine Erklärung für die Schwierigkeit der Auslösung von Augenbewegungen bei elektrischer Reizung des Occipitallappens gegeben sein). Jedenfalls scheint das anatomische Ergebnis mit dem elektrischen darin übereinzustimmen, dass eigentliche Foci von motorischen Elementen für kortikale Augenbewegungen ausserhalb der Area striata (des optisch-sensorischen Feldes) liegen.

1) Bei den übrigen, nach Marchi untersuchten Gehirnen handelte es sich um einseitige oder doppelseitige symmetrische Operationen.

XII. Nachtrag.

Ich hatte meine Experimente bereits abgeschlossen, deren Ergebnisse in einem Vortrag in der vierten Jahresversammlung der Gesellschaft deutscher Nervenärzte am 6. Oktober 1910 mitgeteilt und auch die ausführliche Bearbeitung, wie sie hier vorliegt, bis auf die letzten Kapitel beendet, als mir eine Mitteilung von Geheimrat Munk: „Zur Anatomie und Physiologie der Sehsphäre der Grosshirnrinde“ zugänglich wurde, die er am 17. Juli 1910 in der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften vorgelesen hatte, die aber erst am 8. Dezember 1910 im Druck erschien. Da Munk hier zu den Ergebnissen der cytoarchitektonischen Forschung der Grosshirnrinde in ihrer Bedeutung für die Physiologie Stellung nimmt und speziell die Beziehungen der Area striata zu der physiologischen Sehsphäre erörtert, sehe ich mich veranlasst, diese Publikation in einem Nachtrag zu besprechen.

Was zunächst die Ausdehnung der Sehsphäre beim Hund betrifft, so gibt Munk zu, dass dieselbe sich mit der Area striata deckt, dass „allgemein in der Area striata das anatomische Substrat der physiologischen Sehsphäre zu sehen ist“; in dieser Erklärung kann ich nur eine erfreuliche Übereinstimmung mit meinen eigenen Ergebnissen erblicken; wenn aber Munk die Abweichung der lateralen Grenze seiner Sehsphäre an der Konvexität des Occipitallappens von den Grenzen der Area striata hauptsächlich durch Schwankungen in der Ausdehnung letzterer zu erklären sucht, so glaube ich, dass er zu weit geht. Die Munksche Sehsphäre erstreckt sich nämlich an der Konvexität des Occipitallappens bis zum Sulcus suprasylvius, also um den ganzen hinteren Teil der zweiten Windung (Gyrus ectolateralis et suprasylvius) weiter lateralwärts als die Area striata, die nach Campbell bis zum Sulcus lateralis reicht. Wenn aber Brodmann behauptet, dass die Area striata beim Hund fast ausschliesslich auf der Medialfläche liegt und „nur den dorsalsten Teil des Gyrus marginalis nächst der oberen und hinteren Mantelkante bedeckt“¹⁾, so scheint daraus hervorzugehen, dass bei Schwankungen in der Verbreitung der Area striata bei verschiedenen Hunderassen ihre laterale Grenze eher nach innen als nach aussen vom Sulcus lateralis zu suchen ist, dass der Sulcus lateralis, von dem auch nach Campbell nur die mediale Lippe von der Area

1) Brodmann, Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. Leipzig 1909.

striata eingenommen wird, vielleicht die äusserste laterale Station für diese Schwankungen darstellt, und dass eine Überschreitung desselben durch die Area striata, wenn sie überhaupt vorkommt, jedenfalls zu den Ausnahmen gehört. Ich glaube daher, dass nicht Schwankungen in der Verbreitung der Area striata selbst über den Sulcus lateralis hinaus, als vielmehr eine ungenügende Berücksichtigung von anatomischen Momenten (des Verlaufes der Sehstrahlung unterhalb der Rinde der zweiten Windung) dafür verantwortlich zu machen ist, dass Munk die äussere Grenze der Sehsphäre an der Konvexität zu weit lateralwärts gezogen hat; das geht auch aus meinen Ausführungen im V. Kapitel hervor.

Aus dem Standpunkt, den Munk hier bezüglich der Ausdehnung der Sehsphäre des Hundes einnimmt, ergeben sich einige wichtige Konsequenzen. Zunächst gibt er damit die Projektion der lateralsten Netzhautteile in das laterale Drittel der gleichseitigen Sehsphäre auf, denn dieses Gebiet des Occipitallappens gehört ja überhaupt nicht mehr zur Sehsphäre; aber auch die Projektion der medialen Teile der Netzhaut in mediale, der lateralen in laterale Teile der Munkschen Sehsphäre kann nicht mehr aufrechterhalten werden, da die laterale Grenze der Sehsphäre, wie Munk, wenigstens für die Mehrzahl der Fälle, zugibt, erheblich weiter medialwärts liegt, als er ursprünglich angenommen hatte, und die ganze Sehsphäre in ihrer frontalen Ausdehnung eine derartige Einschränkung erfährt, dass die früheren Angaben bezüglich der Projektion von verschiedenen Netzhautteilen in ihre medialen resp. lateralen Teile nicht gelten können. Die Stelle A_1 liegt zum grössten Teil ausserhalb der Area striata und kann als Projektionsfeld für die Stelle des direkten Sehens in der Netzhaut nicht mehr angesehen werden. Von dem Munkschen Projektionsschema bleibt nur die Projektion der oberen Teile der Netzhaut in vorderen, der unteren in hinteren Teilen der Sehsphäre diskutabel; die Richtigkeit derselben, die schon Hitzig trotz seiner prinzipiellen Ablehnung der Projektionstheorie zugeben musste, wird auch durch meine Untersuchungen (s. Kap. IX) bestätigt.

Da Munk ferner annimmt, dass es in der Area striata beim Hund, im Gegensatz zum Menschen und Affen, nicht bloss zur Lichtempfindung und Gesichtswahrnehmung, sondern auch zu den infolge der Lichtempfindungen eintretenden Augenbewegungen und -empfindungen kommt, und dass „an sie auch die Gesichtsvor-

stellungen und das Sehgedächtnis gebunden sind“, so wird auch die Theorie der Seelenblindheit unhaltbar. Denn da die Stelle A_1 zum grössten Teil ausserhalb der Area striata liegt, so kann sie nicht mehr mit den optischen Erinnerungsbildern in besonders enge Beziehungen gebracht werden. Mit wenigen Sätzen gibt hier Munk eine Lehre preis, auf die er früher den grössten Wert gelegt und die in der physiologischen und zum Teil auch der gehirmpathologischen Literatur eine bedeutungsvolle Rolle gespielt hat.

Munk spricht davon, dass „die Area occipitalis und praeoccipitalis beim Hund bloss als schmaler Saum die Area striata umgeben“; über eine Area occipitalis beim Hunde habe ich in der mir zugänglichen cytoarchitektonischen Literatur (Bolton, Brodmann, Campbell, Schlapp) keinerlei Angaben gefunden, und es erscheint zunächst fraglich, worauf Munk diese Behauptung stützt; da er aber zur Feststellung ihrer physiologischen Rolle „zirkumskripte Exstirpationen der Rinde in der Gegend des vorderen und lateralen Endes der Sehsphäre vorgenommen hat“, und da er sich auch sonst auf Campbell beruft, so wird hier anscheinend mit der Area occipitalis beim Menschen und Affen die „parietal area“ homologisiert, die nach der Campbellschen cytoarchitektonischen Karte der Hemisphäre des Hundes die Area striata an ihrem lateralen und vorderen Ende umgibt. Ob diese Homologisierung berechtigt ist, mögen die Cytoarchitektoniker entscheiden; wenn aber Munk angibt, dass er nichts gefunden hat, „das sie als ein von der Area striata Verschiedenes zu erkennen gegeben hätte, weder bei zirkumskripten Exstirpationen der Rinde in der Gegend des vorderen und des lateralen Endes der Sehsphäre“ noch, „wenn er diese Rindenpartie mit elektrischen Reizungen abtastete“, so kann ich mich dem nicht anschliessen. Bei zirkumskripten Exstirpationen des nach aussen vom Sulcus lateralis gelegenen Teils der „parietal area“¹⁾ gibt sie sich als ein von der Area striata Verschiedenes dadurch zu erkennen, dass danach keine Sehstörungen eintreten, wenn nur die Sehstrahlung nicht durch tiefere Herde lädiert wird; und bei der elektrischen Reizung gelingt es von der inneren Hälfte der zweiten Windung (Gyrus ectolateralis), d. h. gerade von der „parietal area“ am ehesten, eine assoziierte Augenbewegung auszulösen, so dass man an-

1) Isolierte Exstirpationen ihres vorderen, frontalwärts von der Area striata befindlichen Teils habe ich nicht vorgenommen.

nehmen darf, dass gerade hier, und nicht in der Area striata, dichtere Foci von motorischen Elementen für assoziierte Augenbewegungen sich befinden.

Am Schluss dieser Untersuchungen ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geh. Rat Ziehen und Herrn Prof. Rothmann für ihre Unterstützung bei der Ausführung derselben meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

L i t e r a t u r.

- 1) Agadschanianz, Über das corticale Sehzentrum. Diss. 1904. (Russ.)
- 2) Bechterew, Über die Erregbarkeit verschiedener Hirnbezirke bei neugeborenen Tieren. Neurol. Zentralbl. 1889 S. 513.
- 3) Bechterew, Über das corticale Sehzentrum. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. Bd. 10. 1901.
- 4) Bechterew, Das Sehzentrum der Hirnrinde. Neurol. Zentralbl. 1906 S. 1018.
- 5) Bechterew, Die Funktionen der Nervenzentra. Jena.
- 6) Berger, Experimentelle Untersuchungen über die von der Sehphäre aus ausgelösten Augenbewegungen. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. Bd. 9. 1901.
- 7) Berger, Experimentell-anatomische Studien über die durch den Mangel optischer Reize veranlassten Entwicklungshemmungen im Occipitallappen des Hundes und der Katze. Arch. f. Psych. Bd. 33. 1900.
- 8) Bernheimer, Die corticalen Sehzentren. Ref. auf dem Pariser Kongress. 1900.
- 9) Bolton, The exact histological localisation of the visual area of the human cerebral cortex. Phil. Transact. vol. 193. 1900.
- 10) Bouilland, Journal de physiologie. 1830. T. 10.
- 11) Brodmann, Beiträge zur histologischen Lokalisation der Grosshirnrinde. I.—VII. Mitt. Journ. f. Neurol. u. Psych. Bd. 2, 4, 6, 10 u. 12.
- 12) Brodmann, Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. Leipzig 1909.
- 13) du Bois-Reymond und Silex, Über corticale Reizung der Augenmuskeln. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1899. Physiol. Abt.
- 14) R. y Cajal, Die Struktur des Chiasma opticum nebst einer allgemeinen Theorie der Kreuzung der Nervenbahnen. 1899.
- 15) R. y Cajal, Studien über die Hirnrinde des Menschen. I. Heft. Die Sehrinde. 1900.
- 16) Campbell, Histological studies on the localisation of cerebral function. Cambridge 1905.
- 17) Danillo, im Wratsch 1888 Nr. 48 (russ.).
- 18) Ellenberger und Baum, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Berlin 1903.

- 19) Exner und Paneth, Über Sehstörungen nach Operationen im Bereich des Vorderhirns. Pflüger's Arch. Bd. 40. 1886.
- 20) Exner und Paneth, Versuche über die Folgen der Durchschneidung der Assoziationsfasern am Hundehirn. Pflüger's Arch. Bd. 44.
- 21) Goltz, Über die Verrichtungen des Grosshirns. Bonn 1881.
- 22) Goltz, Über die Verrichtungen des Grosshirns. Pflüger's Arch. Bd. 13, 20, 34 u. 42.
- 23) Goltz, Der Hund ohne Grosshirn. Pflüger's Arch. Bd. 51. 1892.
- 24) Grossmann und Mayerhausen, Beitrag zur Lehre vom Gesichtsfeld bei Säugetieren. Arch. f. Ophthalm. Bd. 23. 1877.
- 25) Henschen, Klinische und anatomische Beiträge zur Pathologie des Gehirns. 1890—1892. 1.—3. Band.
- 26) Henschen, Revue critique de la doctrine sur le centre cortical de la vision. Congr. intern. de médecine. Paris 1900. Sect. d'ophthalm.
- 27) Henschen, Zentrale Sehstörungen im Handbuch der Neurologie, herausgeg. von Lewandowsky. Berlin 1910.
- 28) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. Zentralbl. f. d. med. Wissensch. 1874 Nr. 35.
- 29) Hitzig, Über die Einwände des Herrn Prof. Goltz. Reichert's und du Bois-Reymond's Arch. 1876.
- 30) Hitzig, Über den heutigen Stand der Frage über die Lokalisation im Grosshirn. Vortrag, gehalten am 9. Dez. 1876. Volkmann's Samml. klin. Vortr.
- 31) Hitzig, Zur Physiologie des Grosshirns. Arch. f. Psych. Bd. 15.
- 32) Hitzig, Über das corticale Sehen des Hundes. Arch. f. Psych. Bd. 33.
- 33) Hitzig, Über den Mechanismus gewisser corticaler Sehstörungen des Hundes. Berliner klin. Wochenschr. 1900.
- 34) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Ges. Abhandl. Berlin 1904.
- 35) Imamura, Über die corticalen Störungen des Sehakts und die Bedeutung des Balkens. Pflüger's Arch. Bd. 100. 1903.
- 36) Kalberlah, Über die Augenregion und die vordere Grenze der Sehsphäre Munk's. Arch. f. Psych. Bd. 37. 1903.
- 37) Kalischer, Physiologie des Grosshirns im Handb. d. Neurol., herausgeg. von Lewandowsky. Berlin 1910.
- 38) Kurzveil, Beitrag zur Lokalisation der Sehsphäre des Hundes. Pflüger's Arch. Bd. 129.
- 39) v. Kries, Über die materiellen Grundlagen der Bewusstseinserscheinungen. 1901.
- 40) Lewandowsky, Funktionen des zentralen Nervensystems.
- 41) Loeb, Über Sehstörungen nach Verletzungen der Grosshirnrinde. Pflüger's Arch. Bd. 40. 1886.
- 42) Luciani und Seppilli, Die Funktionslokalisation auf der Grosshirnrinde. 1886.
- 43) Luciani e Tamburini, Gli centri psico-sensori corticali. Riv. di Freniatria. 1879.

- 44) Mauthner, Gehirn und Auge. Wiesbaden 1851.
- 45) Mauthner, Über Seelenblindheit und Hemianopsie. Wiener med. Wochenschr. 1880.
- 46) Lo Monaco e Tomassi, Sulla fisiologia della superficie interna del cervello. Riv. sper. di fren. 1901.
- 47) v. Monakow, Durch Exstirpationen zirkumskriptier Hirnrindenregionen bedingte Entwicklungshemmung des Kaninchengrosshirns. Arch. f. Psych. 1881.
- 48) v. Monakow, Beziehungen der sogenannten Sehsphäre zu den intracorticalen Opticuszentren und zum N. opticus. Arch. f. Psych. Bd. 14, 16 u. 20.
- 49) v. Monakow, Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die optischen Zentren und Bahnen, nebst klinischen Beiträgen zur corticalen Hemianopsie und Alexie. Arch. f. Psych. Bd. 20, 23, 24.
- 50) v. Monakow, Pathologische Mitteilungen über die optischen Zentren. Arch. f. Psych. 1900.
- 51) v. Monakow, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Grosshirn. Ergebn. d. Physiol. 1902.
- 52) v. Monakow, Gehirnpathologie. Wien 1905.
- 53) Meynert, Der Bau der Grosshirnrinde. Vierteljahrsschr. f. Psych. 1878.
- 54) Mott and Schäfer, On associated eye-movements, produced by cortical faradisation of the monkeys. Brain. vol. 13.
- 55) Munk, Über die Funktionen der Grosshirnrinde. Ges. Mitt. Berlin 1890.
- 56) Munk, Über die Funktionen von Hirn und Rückenmark. Ges. Mitt. Berlin 1909.
- 57) Munk, Über den Hund ohne Grosshirn. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1894. Physiol. Abt.
- 58) Munk, Sehsphäre und Raumvorstellungen. Virchow's Festschrift 1891.
- 59) E. Minkowski, Zur Müller'schen Lehre von den spezifischen Sinnesenergien. Zeitschr. f. Sinnesphysiol. Bd. 45. 1911.
- 60) M. Minkowski, Zur Physiologie der corticalen Sehsphäre. Vortrag, gehalten in der 4. Jahresversammlung der Gesellschaft deutscher Nervenärzte am 6. Oktober 1910. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. Bd. 41. 1911.
- 61) Nicati, Preuves expérimentales du croisement incomplet des fibres nerveuses dans le chiasma des nerfs optiques. Compt. rend. de l'Acad. d. scienc. t. 1 p. 86. 1878.
- 62) Obregia, Über Augenbewegungen auf Sehsphärenreizung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1890. Physiol. Abt.
- 63) Panizza, Osservazioni sul nervo ottico. Giornale dell' J. R. Istituto lombardo t. 7 p. 242—252. 1855.
- 64) Probst, Physiologisch-anatomische und pathologisch-anatomische Untersuchungen über den Sehhügel. Arch. f. Psych. Bd. 33. 1900.
- 65) Probst, Über den Verlauf der Sehnervenfasern und deren Endigung im Zwischen- und Mittelhirn. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. 1901.
- 66) Probst, Über den Verlauf der zentralen Sehfaser. Arch. f. Psych. 1901 S. 22.
- 67) Rosenbach, Zur Frage über die epileptogene Eigenschaft des hinteren Hirnrindengebietes. Neurol. Zentralbl. 1889 S. 249.

- 68) Schäfer, Experiments on the electric excitation of the visual area of the cerebral cortex in the monkey. Brain 1889.
- 69) Schäfer, Experiments on special sense localisations in the cortex cer. of the monkey. Brain 1888.
- 70) Schrader, Über die Stellung des Grosshirns im Reflexmechanismus' des Zentralnervensystems der Wirbeltiere. Arch. f. experim. Path. u. Pharm. Bd. 29.
- 71) Steiner, Sinnessphären und Bewegungen. Pflüger's Arch. Bd. 50. 1891.
- 72) v. Tschermak, Physiologie des Gehirns. Nagel's Handb. d. Physiol. d. Menschen. 1907.
- 73) Vitzou, Effets de l'ablation des lobes occipitaux sur la vision chez le chien. Arch. de Phys. norm. etc. 1893.
- 74) Vitzou, Récupération de la vue perdue à la suite d'une première ablation totale des lobes occipitaux chez les singes. Journ. of Physioe. (Suppl.) 1898.
- 75) Wernicke, Der aphasische Symptomenkomplex. Breslau 1874.
- 76) Wernicke, Lehrbuch der Gehirnkrankheiten. 1881.
- 77) Wernicke, Fortschritte der Medizin S. 315. 1883.
- 78) Wilbrand, Über Hemianopsie.
- 79) Wilbrand, Die Seelenblindheit als Herderscheinung. Wiesbaden 1887.
- 80) Wildbrand und Saenger, Neurologie des Auges.
- 81) Wundt, Physiologische Psychologie. 4. Aufl. 1902.
- 82) Ziehen, Ein Beitrag zur Lehre von den Beziehungen zwischen Lage und Funktion im Bereich der motorischen Region der Grosshirnrinde mit spezieller Rücksicht auf das Rindenfeld des Orbicularis oculi. Arch. f. Anat u. Physiol. 1899. Physiol. Abt.
- 83) Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie.
- 84) Zürn, Vergleichend-histologische Untersuchungen über die Retina und die Area centralis retinae der Haussäugetiere. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1902. Anat. Abt.
- 85) Gerwer, Über die Rindenzentren der Augenbewegungen. Diss. (russisch) 1899. Ref. im Neurol. Zentralbl. 1900.
- 86) Munk, Zur Anatomie und Physiologie der Sehsphäre der Grosshirnrinde. Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1910.
- 87) Piltz, Über zentrale Augenmuskelnervenbahnen. Neurol. Zentralbl. 1902.
- 88) Pick, Über Störungen der Tiefenlokalisation infolge cerebraler Herd-erkrankung.
- 89) Sachs, Die Entstehung der Raumvorstellung aus Sinnesempfindungen. Breslau 1897.
- 90) Inouye, Die Sehstörungen bei Schussverletzungen der corticalen Sehsphäre. Leipzig 1909.