

Zur Kenntnis des zentralen Sehaktes.¹

Von

SIGM. EXNER.

Professor der Physiologie an der Universität Wien.

Soweit es sich in der Psychologie nicht um die deskriptive Darstellung und die Klassifikation von subjektiv beobachteten und bei anderen Menschen in analoger Weise vorausgesetzten seelischen Erscheinungen handelt, sondern, wenn es gilt, zu einem Verständnisse dieser Erscheinungen zu gelangen, sind die Fortschritte in diesem Gebiete auf das engste verknüpft mit den Fortschritten in der Erkenntnis der Vorgänge, welche sich in der Gehirnrinde abspielen.

So mag es auch für die Psychologen von Fach nicht ohne Interesse sein, wenn ich hier einen psychischen Akt, jenen den wir mit dem Worte „Sehen“ zu bezeichnen pflegen, von dem genannten Standpunkte aus zu beleuchten suche. Veranlassung hierzu bieten die neuen wertvollen Entdeckungen HIRTZIGS² und eine Reihe von sich an diese anschließenden Versuchsergebnissen, die SHINKICHI IMAMURA aus Tokyo³ in dem unter meiner Leitung stehenden physiologischen Institute zu Wien jüngst gewonnen hat; die Resultate dieser beiden Forscher scheinen mir eine wesentliche Erweiterung des Bildes zu gestatten, das wir uns von den kortikalen Vorgängen des Sehaktes zu entwerfen ver-

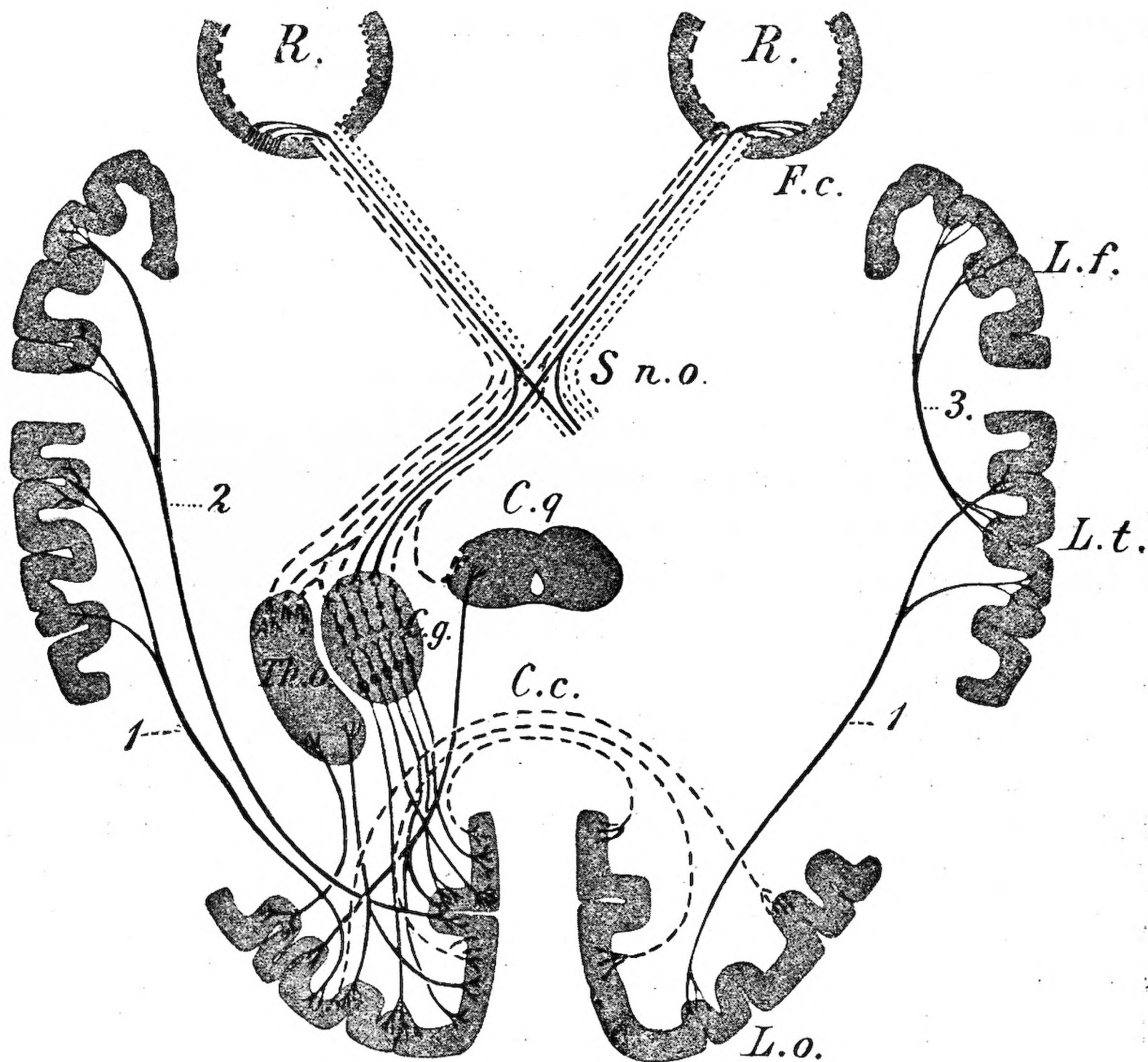
¹ Teilweise aus einem am 13. Mai 1904 in der philosophischen Gesellschaft zu Wien gehaltenem Vortrage.

² Über das kortikale Sehen des Hundes. *Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten* 33, und Alte und neue Untersuchungen über das Gehirn, ebenda Bd. 37.

³ Über die kortikalen Störungen des Sehaktes und die Bedeutung des Balkens. *Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie* 100.

mögen, und das ich, wenigstens in seinen Grundzügen, vorzuführen versuchen will.

Ich darf wohl als bekannt voraussetzen, daß, wie man seit langem weiß, der Hinterhauptslappen mit dem bewußten Sehen in inniger Beziehung steht. Es ist ein großes Verdienst H. MUNKS, festgelegt zu haben, daß dabei jedes Auge mit beiden Tractus optici und dadurch mit beiden Hirnhälften verbunden ist (s. das beigegebene Schema), und zwar derart, daß die beiden



Schema des Verlaufes der Opticusfasern und ihrer zentralen Verbindungen
R. R. Retina. *F. c.* Fovea centralis. Die Fasern derselben sind ausgezogen; die der beiden rechten Netzhauthälften punktiert; die der linken gestrichelt.
S. n. o. Schiasma nervorum opticorum. *C. q.* Corpus quadrigeminum.
C. g. Corp. geniculatum ext. *Th. o.* Thalamus opticus. *C. c.* Corpus callosum.
L. fr. Lobulus frontalis. *L. t.* Lobulus temporalis. *L. o.* Lobulus occipitalis.
 1, 2, 3 die diese Rindenteile verbindenden Faserzüge.

linken Netzhauthälften wesentlich mit dem linken, die beiden rechten Netzhauthälften mit dem rechten Occipitallappen ver-

knüpft sind. Seither ist durch die Untersuchungen besonders von MONAKOW¹ und von BERNHEIMER² weiter erkannt worden, daß die Stelle des deutlichsten Sehens eine Ausnahme bildet, indem sie durch Leitungsbahnen mit beiden Hirnhälften verbunden ist. (Im Schema die ausgezogenen Bahnen.) Dieser Fund erklärt die physiologisch und pathologisch festgestellte Tatsache, daß nach Zerstörung eines Hinterhauptlappens das Sehen mittels der beiden gleichseitigen Netzhauthälften geschädigt, aber die Grenze dieser Schädigung nicht durch die Mitte des „gelben Fleckes“ geht, sondern demselben gleichsam ausweicht. Auch mußte auf Grund neuerer Hirnforschung die Vorstellung fallen gelassen werden, daß die Sehnervenfaser, nachdem sie die Semidecussation und die Tractus opticus passiert haben, wenigstens teilweise direkt in die Hirnrinde dringen; man glaubt heute, daß alle Fasern zuerst eine gangliöse Station durchsetzen, ein Teil den Sehhügel, ein Teil den äußeren Kniehöcker und ein Teil den vorderen Zueihügel. Erst von hier aus gehen dann die Erregungen der Rinde zu.

Wenn ich eben sagte, daß nach Verletzung des Hinterhauptlappens Schädigungen im Sehen auftreten, so ist damit verschiedenes gemeint, je nach der Stellung des kranken Individuums in der Tierreihe. Die Hirnrinde spielt eine um so wichtigere Rolle, je höher das Tier steht. Dieser allgemeine Lehrsatz äußert sich beim Sehakt in dem Grade der Schädigung desselben nach Zerstörung der betreffenden Anteile der Hirnrinde. Da wir uns bei der notwendigen Beschränkung des Stoffes nur mit dem Hunde und dem Menschen befassen wollen, so genügt es zu erwähnen, daß einseitige Zerstörungen der betreffenden Rindenanteile beim Menschen Hemianopsie der gleichseitigen Netzhauthälften bewirkt, d. h. Unfähigkeit, das zu sehen, was sich in der entgegengesetzten Hälfte des Gesichtsfeldes befindet, mit Ausnahme jener Objekte, die fixiert werden, und deren nächster Umgebung. Beim Hunde scheint diese Hemianopsie nur dann aufzutreten, wenn die Rinde des Hinterhauptlappens in so großer Ausdehnung zerstört ist, daß alle einstrahlenden Sehfasern durchtrennt worden sind. Das Tier verhält sich dann ähnlich, als wäre der Tractus opticus vernichtet. Man wird wohl auch beim Hunde nicht von einer ganz vollkommenen Hemianopsie

¹ Vgl. Ergebnisse der Physiologie, 1. Jahrg., 2. Abt., S. 657 ff.

² Vgl. Wiener klin. Wochenschr. 1900, Nr. 42.

sprechen können, da GOLTZ bei Hunden, deren gesamtes Großhirn entfernt oder funktionsunfähig gemacht worden war, immer noch Reaktionen auf Netzhautbilder beobachtet hat, die sogar den Charakter einer gewissen Zweckmäßigkeit besaßen. Es wurden augenscheinlich jene Bewegungen, die wir instinktive zu nennen pflegen, unter Vermittlung der subcortikalen Zentren, besonders des Sehhügels auf jene Netzhautreize noch ausgelöst. Wir wollen deshalb bei diesen Tieren lieber von einer Hemiambyopie sprechen, d. h. einer Herabsetzung des Sehens für die betreffende Hälfte des Gesichtsfeldes. Auch diese Hemiambyopie betrifft nicht die Stelle des deutlichsten Sehens. Sie pflegt im Laufe von Tagen oder Wochen nach der Operation sich zu bessern und ganz zu verschwinden.

Dabei ist es eine sehr merkwürdige Erscheinung, daß diese Sehstörungen beim Hunde untereinander recht ähnlich sind, ob man das eine oder ein anderes Stück aus dem Rindenfelde des Gesichtssinnes, d. i. dem Occipitallappen in ziemlich weiter Ausdehnung entfernt hat. Immer gewahrt man, daß das Tier die Objekte jener Seite nicht bemerkt, sie ignoriert, was soweit gehen kann, daß es an Tischfüße anstößt u. dgl., was ihm nach der anderen Seite nie widerfährt. Ich pflege seit vielen Jahren diese Hemiambyopie in meiner Vorlesung in folgender Weise zu zeigen. Auf den Katheder wird eine geradlinige Reihe von Wurstscheiben gelegt. Dann wird der Hund so auf den Katheder gehoben, daß er eines der mittleren Stücke gerade vor sich hat. Ist er z. B. am rechten Hinterhauptslappen operiert, so faßt er nach diesem Stücke und dann sofort nach den rechts davon liegenden, die er der Reihe nach aufzunehmen pflegt. Die links liegenden Stücke bemerkt er erst, wenn er etwa, nachdem er mit der rechten Hälfte der Reihe fertig ist, nach weiteren Stücken suchend, Kopf oder Körper so wendet, daß ihm nun die linke Hälfte der Reihe in die rechte Hälfte seines Sehfeldes zu liegen kommt. (Im Laboratorium hat sich für diese Art der Sehprüfung der Name „Wurstperimetrie“ eingebürgert.)

Schon vor 18 Jahren haben PANETH und ich¹, angeregt durch die in dieser Richtung hervorgetretenen Meinungsverschiedenheiten unter den Hirnforschern, zeigen können, daß wesentlich dieselbe Art von Sehstörungen beim Hunde auch

¹ *Pflügers Archiv f. d. ges. Physiologie* 40. 1886.

dann aufzutreten pflegt, wenn die Zerstörung eines Stückes der Gehirnrinde nicht den Hinterhauptslappen trifft, sondern wenn sie in der sogenannten motorischen Region des Stirnhirns angebracht wird. Man hat gezweifelt, ob diese Beobachtung in der Funktionsweise der Gehirnrinde begründet ist, indem die Vermutung aufgestellt wurde, daß die Verletzung trotz der Entfernung doch durch Entzündung u. dgl. auf den Hinterhauptslappen eingewirkt habe, eine Vermutung, die bei der Art der Versuche nicht berechtigt erschien, und in neuerer Zeit durch mühsame und zahlreiche Versuche von HITZIG als unhaltbar erwiesen wurde.

So standen die Dinge, als im Jahre 1900 E. HITZIG folgende merkwürdige Tatsache publizierte: wenn man einem Hunde einen Teil der Sehsphäre weggenommen und gewartet hatte, bis die aufgetretene Hemiambyopie wieder verschwunden war, dann in einer neuen Operation die motorische Region entfernte, so trat nun keine neuerliche Hemiambyopie ein. Aber auch wenn in der ersten Operation der Gyrus sigmoideus (das ist der größte Teil der motorischen Region) entfernt, und abgewartet worden war, bis sich die Sehstörungen verloren hatten, trat nach Entfernung von Anteilen der Sehsphäre nicht neuerdings Hemiambyopie auf. Die Exstirpation des motorischen Rindenfeldes hatte das Tier anscheinend immun gegen die Hemiambyopie gemacht, welche, dieser Rindenhälfte entsprechend, nach Läsion der Sehsphäre zu erwarten war. Und noch mehr. In einer weiteren Versuchsreihe, in der HITZIG, wie dies ähnlich früher schon LUCIANI und SEPILLI sowie LOEB getan hatten, der Operation einer Hemisphäre nach dem Schwinden der Sehsymptome eine Operation der anderen Hemisphäre hatte folgen lassen, fand er, daß die der ersten Operation (im Gebiete der Sehsphäre) entsprechende Hemiambyopie nach der zweiten (im selben Gebiete gesetzten) wieder auflebte, ja daß sie sehr bedeutend sein kann, und unter Umständen einen höheren Grad erreichte, als die durch die zweite Operation unmittelbar bedingte Sehstörung.

Das waren ebenso merkwürdige wie rätselhafte Tatsachen, die zur Nachprüfung drängten. H. MUNK, dessen Anschauungen in mancher Beziehung von jenen HITZIGS differieren, war meines Wissens der erste, der diese Nachprüfung vornahm. Er verwarf auf Grund derselben die HITZIGSchen Sätze. IMAMURA aber bestätigte nach eingehenden und sorgfältigen Experimenten die

selben, und hält das gegenteilige Resultat MUNKS dadurch für bedingt, daß er bei seinen Versuchen die Sehsphäre nicht nur geschädigt, sondern gänzlich vernichtet habe. Es leuchtet ja ein, daß, wenn diese auf einer Seite gänzlich zerstört ist, dann eine dauernde Hemiambyopie vorhanden sein müsse, von welchem Effekte er sich auch experimentell überzeugete. Es ist so, als wäre die Sehstrahlung dieser Seite in ihrem Verlaufe durchtrennt; denn ob diese Fasern nahe den primären Optikuszentren oder erst bei ihrer Einstrahlung in die Rinde zerstört wurden, ist für den Effekt gleichgültig; in jedem der beiden Fälle sind die durch den Tractus opticus dieser Seite der Rinde zufließenden Erregungen abgeschnitten.¹

Die Rätselhaftigkeit der Operationserfolge veranlaßten HITZIG, eine Hypothese zur Erklärung der Erscheinungen aufzustellen, in der er annimmt, daß die Rindenoperationen auf gewisse, nicht näher bezeichnbare subcorticale motorische und optische Zentren Wirkungen hemmender Art ausüben, und daß diese subcortikalen Zentren durch die erste Operation eine gewisse Immunität gegen die Wirkungen der zweiten Operation gewinnen; eine Hypothese, die auch HITZIG nicht vollkommen zu befriedigen schien, da er später auch andere Möglichkeiten zur Erklärung der Erscheinungen in Betracht zog.

IMAMURA hat die Versuche HITZIGS nicht nur wiederholt, sondern hat sie auch mannigfach variiert, wobei er sich überzeugete, daß die Hemiambyopie als regelmäßige Folge der Läsionen in der motorischen Region auftritt, und daß sie nach Zerstörungen von Rindensubstanz in dem Gebiete der ganzen Konvexität des Hundehirnes als sicher eintretendes Symptom zu betrachten ist (wenigstens bei erwachsenen Hunden), ja daß sie nicht einmal wesentlich intensiver oder von längerer Dauer ist, wenn die Läsion in der Sehsphäre sitzt, als wenn sie vorne sitzt, vorausgesetzt, daß nicht die ganze oder fast die ganze Sehsphäre zerstört wurde. Auch die Größe des vernichteten Rindenanteils gestattet nur in gewissen Grenzen einen Schluß auf die zu erwartende Intensität der Sehstörung.

Nach alten Angaben FERRIERES findet sich im Gyrus sigmoides anter. eine Stelle, deren Reizung Öffnen der Augen, Erweiterung

¹ Es gilt dies wenigstens für die auf den bekannten Wegen verlaufenden Erregungen; ob von den Stammganglien nicht noch andere Wege zur Rinde führen, mag dahingestellt bleiben.

der Pupille und Bewegung beider Augen, sowie des Kopfes nach der der Reizungsstelle entgegengesetzten Seite bewirkt. Auch beim Affen wurde diese Stelle aufgefunden. Als nun IMAMURA diese Stelle in der Ausdehnung eines hirsekorngrossen Stückes zerstörte, in einem zweiten Falle in noch engerer Begrenzung durch Einstich einer glühenden Nadel vernichtete, zeigte der Hund keinerlei nachweisbare motorische oder sensorische Störung ausser einer deutlichen Hemiambyopie, die 9, bzw. 8 Tage andauerte, also nicht kürzer als sie auch nach weit ausgedehnteren Zerstörungen an anderen Orten der Rinde währt.

Auch HITZIGS beiderseitige Operationen hat IMAMURA wie gesagt mit gleichem Erfolge wiederholt, erweiterte sie aber, indem er bis vier Exstirpationen an demselben Tiere ausgeführt hat. Ein Beispiel soll den Erfolg eines solchen Versuches illustrieren.

Am 9. Januar wurde einem Hunde der hintere mediale Anteil des linken Gyrus sigmoideus und die angrenzenden Teile der ersten und zweiten Urwindung entfernt. Die Untersuchung des Tieres ergab am 10. Januar Motilitätsstörungen der üblichen Art, und Hemiambyopie für die rechte Hälfte des Gesichtsfeldes. Diese Sehstörung konnte bei der täglichen Untersuchung bis zum 18. Januar nachgewiesen werden. Am 27. Februar, also 49 Tage nach der ersten, wurde in einer zweiten Operation ein Teil des linken Occipitallappens exstirpiert. Diese Läsion lag im hinteren Teile der ersten Urwindung, reichte nach vorne bis 1 cm von dem hinteren Rand der ersten Läsion und nach hinten bis an die Kante des Gehirns. Entsprechend den Angaben HITZIGS trat nach dieser Operation keine neuerliche Sehstörung ein. Am 13. Mai 1901, also 67 Tage nach der zweiten Operation, wurde die MUNKSche Stelle A (ein zentral in der Sehsphäre gelegener Anteil der Rinde) an der rechten Hemisphäre entfernt. Die Untersuchung des Tieres, welche am 14. Mai ausgeführt wurde, ergab deutliche Amblyopie nach links, während für die rechte Gesichtsfeldhälfte keine Sehstörung bemerkt werden konnte. Aber zwei Tage nachher hatte sich die Amblyopie umgekehrt, das Tier war für die rechte Gesichtsfeldhälfte, oder doch sicher für den äusseren Teil derselben amblyopisch, während es nach links keine Amblyopie zeigte. Am 18. Mai war weder für die eine noch für die andere Gesichtsfeldhälfte Amblyopie nachweisbar, so dass sich das Tier ähnlich einem normalen verhielt bis zum 31. Mai, an welchem Tage die

Gegend der motorischen Region auf der rechten Seite in einen der größten Teil des Gyrus sigmoideus post. und des angrenzenden Gyrus coronarius umfassenden Ausdehnung exstirpiert wurde. Am 4. Juni zeigten sich nebst den Motilitätsstörungen Sehstörungen beiderseits, aber nach links stärker als nach rechts. Ähnlich am 5. Juni. Am 10. hatte sich die Sehstörung wieder umgekehrt, so daß sie nach rechts stärker war als nach links. In diesem Zustande verblieb das Tier, bis es am 15. Juli behufs anatomischer Untersuchung getötet wurde.

Wir finden hier also nach beiderseitiger Operation ein neues Symptom, die „alternierende Amblyopie“, welche von Tag zu Tag zwischen den beiden Gesichtsfeldhälften wechseln kann, einmal für diese, dann für die entgegengesetzte stärker, oder überhaupt nachweisbar ist, ein Symptom, das IMAMURA bei einer Reihe von beiderseits operierten Hunden beobachtet hat, und das, wie ich vermuten möchte, auch der Äußerung HITZIGS zugrunde liegt, wenn er betreffs derartig operierter Tiere sagt: „Gelegentlich wurde beobachtet, daß die Sehstörung auf dem Auge der zuletzt operierten Seite, welche also der ersten Operation entsprach, noch eine nachträgliche Verschlimmerung erfuhr, so daß sie am dritten und den folgenden Tagen noch hochgradiger war, als am zweiten Tag.“

Außer dieser merkwürdigen alternierenden Amblyopie interessiert uns hier die Tatsache, daß überhaupt die Amblyopie, welche der erst operierten Seite angehörte, und gänzlich geschwunden war, nach der Operation der anderen Seite wieder auftrat.

Versuchen wir es nun, diese manigfaltigen und rätselhaften Erscheinungen unserem Verständnisse näher zu führen, d. h. aus der Kategorie der registrierten einzelstehenden Tatsachen sie in das nach den Prinzipien der Kausalität geordnete System physiologischer Erfahrungen einzureihen, so müssen wir zunächst bekennen, daß das mit Sicherheit nicht geschehen kann. Wir werden uns begnügen müssen, eine hypothetische Erklärung aufzustellen, und zu hoffen, daß weitere Forschungen diese vorläufig angenommene Erklärung stützen, oder uns einen anderen Weg zum Verständnisse weisen werden.

Ehe ich aber darlegen kann, wie ich mir das Verhältnis der geschilderten Erscheinungen zurecht gelegt habe, muß ich, etwas weiter ausholend, Ihre Aufmerksamkeit auf drei Erfahrungs-

gebiete der physiologischen und pathologischen Psychologie denken.

I. Wahrnehmung und Vorstellung.

Dem, was wir gewöhnlich „Sehen“ nennen, entspricht ein überaus komplizierter Prozess in unserem Nervensystem, und speziell auch in der Großhirnrinde. Auf Grund der Erregung der Stäbchen- und Zapfenschicht unserer Netzhaut durch ein auf derselben entworfenes Bild spielen sich zweifellos schon innerhalb derselben in den zahlreichen Fasern und Zellen, welche da liegen, Vorgänge ab, welche die Empfindlichkeit derselben alterieren, zu accessorischen Erregungen und Hemmungen führen usw. Wir haben Ursache anzunehmen, daß die mannigfaltigen Erscheinungen der Nachbilder, manche subjektive Gesichtsempfindungen u. dgl. in diesen Vorgängen begründet sind. Die Erregungen gelangen dann durch die Sehnervenfasern zu den Stammganglien, wo sie abermals Wirkungen ausüben (u. a. auf die Kerne der Augenmuskeln), Wirkungen, die in den zahlreichen Fasern der Sehstrahlung abermals als mannigfaltig modifizierte Erregungen auftreten, und von da der Hirnrinde als dem Organ des Bewusstseins zugeführt werden.

Indem diese Erregungen in die betreffenden Zellen des Occipitallappens eintreten, ergießen sie sich aber durch viele hunderttausend weiterer Fasern, die mit jenen Zellen in physiologischer Verbindung stehen, zu anderen Zellen der Rinde, von diesen wieder zu Fasern, so daß die verschiedensten, zum Teile weit vom Hinterhauptslappen entfernten Anteile der Gehirnrinde in Tätigkeit geraten, oder wenigstens in Tätigkeit geraten können, wenn unsere Aufmerksamkeit die entsprechende Richtung hat.

Dem reifen, schon mit Gedächtnis ausgestatteten Individuum kommen diese Erregungen von Rindenbahnen zum Bewußtsein als die zahlreichen Eigenschaften des wahrgenommenen Objektes. Die Farben desselben sind der Ausdruck der Erregung gewisser Rindenfasern, welche für die verschiedenen Farben verschiedene sind, was schon durch die Erwägung wahrscheinlich wird, daß wir beim Ansprechen der Namen dieser Farben in der Hirnrinde die Nervenzellen verschiedener Sprachmuskeln in Tätigkeit versetzen. Diese Nervenzellen müssen also auch durch verschiedene Rindenfasern zur Tätigkeit angeregt worden sein. Indem uns beim Anblick der einen Farbe das Wort Blau, bei

dem der anderen das Wort Grün mehr oder weniger deutlich zum Bewußtsein kommt, wird, wenigstens bei vielen Leuten (im stillen Denken mit Worten) ein schwacher Innervationsimpuls in der Hirnrinde angeregt, der dann betreffs des ersten Buchstaben sich einmal auf die Lippenmuskeln, das andere Mal auf die Zungenmuskeln in erster Linie bezieht. Es können, wie daraus ersichtlich, bei der Wahrnehmung des Objektes also auch diese motorischen Fasern in Tätigkeit geraten.

Ähnliches gilt für die Form des wahrgenommenen Objektes; hier kommen die Bahnen in Betracht¹, welche den örtlichen Wechselbeziehungen der einzelnen nebeneinander geordneten Netzhautelemente dienen (Lokalzeichen) und die wahrscheinlich in subcortikalen Zentren entspringen, vielleicht im Corp. geniculatum ext. oder im Thalamus opticus, sowie auch die den kombinierten Augenbewegungen dienenden Bahnen zur Wahrnehmung der Tiefendimension. Eine ebensolche wichtige Rolle werden motorische Bahnen, oder mit solchen in inniger Verwandtschaft stehende Fasern spielen, wenn es sich um die Wahrnehmung der Lage des Objektes im Raume handelt. Die durch den Sehnerven in die Rinde tretenden Erregungen gelangen sicher an die Stellen der Hirnrinde, von denen die Willkürimpulse ausgehen für die Augenmuskeln, und vermögen diese Rindenanteile so anzuregen, daß sie die einzelnen Augenmuskeln in jenes Maß der Kontraktion versetzen, durch welches ein Fixieren der uns interessierenden Stelle des Objektes zustande kommt. Ja, alle die gleichzeitig stattfindenden Erregungen der Gehirnrinde, welche uns Nachricht geben von der Stellung unseres Körpers und speziell unseres Kopfes im Raume, werden sich mit jenen aus dem Occipitallappen kommenden Erregungen kombinieren müssen, sonst würden wir keinen brauchbaren Eindruck von der Lage des Objektes erhalten.

Es wird sich aber weiterhin mit dem Anblicke manches Erinnerungsbild assoziativ verknüpfen, z. B. das Klangbild des Namens des Objektes, d. h. es gelangen Erregungen in jene Teile der Gehirnrinde, die hauptsächlich den akustischen Sprachzeichen dienen, den Schläfenlappen, es werden vielleicht auch Geschmacks- oder Geruchserinnerungen erweckt, als Zeichen

¹ Vgl. SIGM. EXNER, Entwurf einer physiolog. Erklärung der psychischen Erscheinungen, Wien 1894, wo diese Verhältnisse eingehender dargestellt sind.

dafür, daß auch die diesen angehörigen Rindenteile in Tätigkeit versetzt worden sind, usw.

Somit hat jenes Netzhautbild einen Komplex von Rindenerregungen hervorgerufen, der sich, soweit unsere Kenntnisse heute reichen, über den größten Teil der Hirnrinde ausbreitet. Es kann dieser selbe Komplex von Erregungen aber auch vorhanden sein, wenn die in den Hinterhauptslappen einstrahlenden Impulse, welche in unserem Beispiele die Wahrnehmung des Objektes veranlaßten, fehlen. Ich spreche dann von der optischen Vorstellung des Objektes. In dem beigegebenen Schema sind die wichtigsten dieser Bahnen unter 1, 2 und 3 verzeichnet, wobei aber hervorzuheben ist, daß der größte Teil der Rinde selbst aus derartigen Assoziationsfasern besteht, die, im dichten Geflechte nach allen Richtungen hin verlaufend, verschiedene Rindenanteile miteinander verbinden.

II. Defekte Wahrnehmungen und Vorstellungen.

Aus der Natur der Wahrnehmung als eines Komplexes von Rindenerregungen ergibt sich die Möglichkeit, daß eine solche Wahrnehmung oder Vorstellung unvollkommen vorhanden ist, indem die Erregung gewisser Bahnen oder die Bahnen selbst, die bei einem anderen Individuum oder bei demselben Individuum unter anderen Umständen beim Anblick eines Objektes in Tätigkeit waren, jetzt fehlen. Unter vielen anderen Fällen, die seither bekannt geworden sind, verfügen wir über ein klassisches Beispiel, welches uns CHARCOT aus der Krankengeschichte eines seiner Patienten liefert.¹ Dieser, ein fein und vielseitig gebildeter Mann, erzählte, er wisse wohl auch nach seiner plötzlichen Erkrankung, daß seine Frau schwarze Haare habe, er könne sich dieselben aber durchaus nicht vorstellen. Diese Vorstellung, sowie noch andere Gesichtsvorstellungen waren ihm abhanden gekommen. Er hatte also eine Vorstellung seiner Frau, denn er erzählte von ihr, aber dem früher malerisch begabten Mann fehlte nun jener Teil dieser Vorstellung, der auf der Reproduktion der Farbenempfindungen beruht. Nach unseren heutigen Kenntnissen besteht kein Zweifel, daß er eines Teiles seiner Hirnrinde verlustig gegangen war.

¹ CHARCOT, Neue Vorlesungen über die Krankheiten des Nervensystems, übers. v. S. FREUD. Leipzig u. Wien, 1886. S. 146.

Oder es macht ein Patient, der vor der Erkrankung in gewöhnlicher Weise zu musizieren gewohnt war, auch nach derselben noch Musik, kann aber nur mehr nach dem Gehör spielen, da ihm das Verständnis der Notenschrift verloren gegangen ist.¹ Er sieht die Noten, hat also eine Wahrnehmung von ihnen, während aber früher diese Wahrnehmung auch übergegriffen hat auf die Rindenanteile, welche durch musikalische Töne erregt worden sind, so daß ihm jede Note auch einen Ton von gewisser Höhe, vielleicht auch das Bild einer Klaviertaste zu mehr oder weniger deutlichem Bewußtsein brachte, ist das jetzt nicht der Fall: seine Wahrnehmung der Note ist gegen früher defekt, ist herabgesunken auf die Wahrnehmung, die ein Kind, vielleicht auch ein Tier von der Note hat.

Reiche Beispiele dieser defekten Wahrnehmungen und Vorstellungen liefert uns die Literatur über Aphasie. Hier verstehen wir die Verhältnisse auch besser wie in anderen Gebieten der Rindenphysiologie.

Es gibt Menschen, welche lesend im stillen mitsprechen. Trifft einen solchen eine Erkrankung eines gewissen Rindenteiles, der linken unteren Stirnwindung, von der aus die Impulse für die Sprachbewegungen abgegeben werden, so kann er in der Regel nicht mehr mit Verständnis lesen. Für ihn war die Vorstellung eines Tisches nur wach gerufen worden durch die Bewegungsimpulse, die er abgibt bei dem successiven Aussprechen der Laute T, I, und SCH. Die Wahrnehmung des optischen Bildes „Tisch“ hat er nach wie vor. Diese Wahrnehmung aber ist defekt geworden, indem jetzt weder die Erregung der betreffenden motorischen Fasergebiete, noch jene auftritt, welche den Erinnerungsbildern der horizontalen Platte, getragen von vertikalen Beinen, benützt bei den Mahlzeiten, etc. dienen. Es fehlt eben von dem ganzen Erregungskomplex ein Teil wegen der Zerstörung seiner Träger. Oder ein anderer Patient ist nicht instande, einen ihm vorgelegten Gegenstand, den er erkennt, zu benennen, solange er ihn nur ansieht. Sobald er ihn aber betastet, tritt das Wort, das ihn bezeichnet, in sein Bewußtsein („Optische Aphasie“). Die Assoziationen zwischen dem optischen Eindruck und den Sprachinnervationen sind eben

¹ Vgl. KUSSMAUL, Störungen der Sprache. Leipzig, 1885. S. 181.

weggefallen, die optische Wahrnehmung ist defekt, indem ein Assoziationsgebiet ausgefallen ist. (Bahn 2 des Schemas.)

III. Die Ausschaltung vorhandener Erregungen aus dem Bewußtsein.

Endlich habe ich aufmerksam darauf zu machen, daß nicht alle Erregungen, für deren Entstehung die physiologischen Bedingungen tatsächlich vorhanden sind, zu den entsprechenden Bewußtseinsvorgängen führen müssen. Es gibt Umstände, unter denen dies nicht der Fall ist. Sprechen wir zunächst vom normalen Menschen. Allgemein bekannt ist, daß ein Mikroskopiker, oder ein Astronom, indem er mit einem Auge in sein Instrument blickt, das andere Auge offen haben kann, ohne etwas mit demselben zu sehen. Er ignoriert unbewußt und gewohnheitsmäßig die Eindrücke desselben. Er kann sie aber andererseits durch entsprechende Lenkung der Aufmerksamkeit auch zum Bewußtsein bringen, in welchem Falle er dann die verschiedenen Objekte des rechten und des linken Auges gleichzeitig an derselben Stelle des Raumes sieht. Auch kann in diesem Falle der sogenannte Wettstreit der Sehfelder auftreten, d. h. es wechseln die Eindrücke der beiden Augen im Bewußtsein miteinander. Betrachten wir also die Wahrnehmung eines solchen einäugig gesehenen Objektes, wie das oben geschehen ist, als den Ausdruck der gleichzeitigen Erregung einer großen Zahl miteinander physiologisch verknüpfter Rindenbahnen, so bedeutet die geschilderte Erscheinung, daß entweder diese Bahnen, trotz der entsprechenden Erregung von Netzhaut und Sehnerven nicht erregt sind, oder, was ich für wahrscheinlicher halte, daß ihre Erregung nicht in den Komplex des Bewußtseinsvorganges aufgenommen wird.

Dem genannten Beispiele ließen sich noch viele andere anreihen. Aus dem Gebiete des Spieles der Aufmerksamkeit wäre zu erwähnen, daß wir ja in der Regel während unseres ganzen Lebens den größten Teil der Sinneseindrücke nicht zum Bewußtsein bringen, oder — ich rechne das auch in das gleiche Gebiet — daß unsere Urteilstäuschungen im Traume teilweise auf dem Ausfall gewisser Assoziationen, also von Rinden-erregungen, beruhen. Wir träumen in einem uns wohlbekannten Zimmer zu sein, wobei die Vorstellungsassoziation von dem Brand desselben und der Vernichtung des ganzen Hauses, die

schon vor Jahren stattgefunden hat, in diesem Bewusstseinsvorgang nicht eingeschlossen ist.

Von grosser Bedeutung wird das in Rede stehende Phänomen in der Pathologie. An das erst angeführte Beispiel schliesst sich direkt der strenggenommen schon als pathologisch zu betrachtende Mensch an, der ungleiche Augen hat, z. B. ein sehr kurzsichtiges und ein normalsichtiges. Jeder kennt solche Leute, die, wenn sie sich einigermaßen zu beobachten vermögen, selbst anzugeben pflegen, daß sie mit dem kurzsichtigen Auge lesen, und mit dem anderen auf der Strasse Umschau halten. Indem ein solcher Mensch die Schönheiten einer Gegend mit dem normalen Auge betrachtet, unterdrückt er unbewusst die verwaschenen Eindrücke des kurzsichtigen Auges, die ihn nur stören könnten, wenn sie zum Bewusstsein kämen, ähnlich jenem Mikroskopiker.

Von pathologischen Fällen anderer Art erinnere ich an die Krankengeschichten, besonders von Hysterischen, bei denen die Tast- und Schmerzempfindungen ganzer Körperteile, oder die gesamten Sinnesempfindungen einer Körperhälfte dem Bewusstsein entzogen sind, obwohl die physiologischen Verbindungen bis in die Hirnrinde keinerlei physische Störung aufweisen, und durch sogenannte psychische (suggestive) Behandlung sofort wieder funktionsfähig gemacht werden können. Auch die Fälle, in denen grosse Vorstellungsgebiete, z. B. gewisse Erlebnisse, oder ganze Lebensperioden aus dem Bewusstsein geschwunden sind, oder in denen die Wortvorstellungen einer Sprache wegfallen, die einer anderen aber geblieben sind¹, gehören hierher.

Nach diesen notwendig gewesenenen Abschweifungen sei es mir gestattet, zu unserem Problem zurückzukehren, und darzulegen, wie sich nach meiner Meinung die merkwürdigen Ergebnisse von HITZIG und von IMAMURA erklären.

Zunächst die auftretende, immer ziemlich gleichartigen Typus tragende Hemiambyopie nach Vernichtung eines Stückes der Rinde, sei es, daß dasselbe dem vorderen, dem hinteren, oder einem mittleren Teile der Konvexität angehört.

Wir wissen, daß die Bilder, welche auf den mit der Operation

¹ J. BREUER und S. FREUD: Studien über Hysterie. Wien 1895. S. 15.

gleichseitigen Netzhauthälften liegen, Erregungen verursachen, die in die lädierte Hemisphäre einströmen und, sich assoziativ verbreitend, die Wahrnehmung mit den in ihr mitbegriffenen Gedächtnisbildern verursachen sollen. Nun sind selbst durch eine kleine Läsion unzählbare Assoziationsfasern und Ganglienzellen zerstört, es wird in jener Wahrnehmung allerlei fehlen; wenn die Zerstörung vorne sitzt, hauptsächlich Elemente, die sich auf die Motilität beziehen, also die Lage des Objektes und seiner einzelnen Bestandteile im Raume und gegen den Körper, Bewegung etc.; wenn sie hinten sitzt, vielleicht Farbe, Helligkeit und deren Bedeutung als Schatten usw. Mit einem Worte: die Wahrnehmung muß eine defekte sein. Wie ich schon sagte, trat bei den Versuchen IMAMURAS Hemiamblyopie auf, wenn er eine bestimmte nur nach Quadratmillimetern zählende Rindenfläche und die darunterliegende Masse zerstörte. Es war jene Stelle, deren elektrische Reizung Bewegung des Kopfes und der Augen nach der Seite bewirkte, von der also die Impulse für die natürliche Schaubewegung abgehen, die der Hund sein Leben lang ausgeführt hat, wenn ihn ein Objekt, das nach dieser Richtung lag, interessierte. Diese Bahnen, ihre Ursprungszellen und die zuführenden Fasern sind nun zerstört. Was nützt dem Hund ein Netzhautbild, das ihn nun nicht mehr veranlaßt, den Gegenstand desselben anzuschauen? Was nützt ihm ein Netzhautbild, das nicht mehr alle jene Assoziationen, also Erinnerungen auslöst, wie früher? Ganz wertlos ist es gewiß nicht, aber defekt ist es, und wir haben gesehen, daß solche defekte Wahrnehmungen in den Komplex des Bewußtseinsvorganges nicht aufgenommen werden.

Wenn also alle jene Erregungen, welche durch die Sehstrahlung dieser Hemisphäre zugeführt werden, und welche naturgemäß sich vor der Operation in den am meisten benützten Bahnen derselben ausgebreitet haben, jetzt für das Gebaren des Tieres nicht mehr in Betracht kommen, so ist es begreiflich, daß kein merklicher Unterschied dadurch bedingt sein muß, daß die Operation den Erregungskomplex an der einen oder an der anderen Stelle defekt gemacht hat.

Es wird aber auch ebenso verständlich, daß die zweite Operation, an derselben Hemisphäre ausgeführt, an dem Zustande nichts ändert, denn wenn das ganze Gebiet der Assoziationsfasern dieser Hemisphäre für den bewußten Sehakt durch die

erste Operation belanglos geworden ist, dann können weitere Zerstörungen keine wesentlichen Änderungen im Sehvermögen des Tieres bewirken.

Wie schon erwähnt, schwindet diese Amblyopie wieder, so daß man gewöhnlich nach Wochen dem Tiere nichts mehr anmerkt. Auch das wird sich erklären lassen, wenn wir uns an Analogien halten, die uns die Krankengeschichten der Menschen bieten. Ich habe früher geschildert, wie ein Mensch, der gewohnt ist, beim Lesen im Stillen (oder auch laut) mit zu artikulieren, das Lesen verlernt, wenn er den Rindenteil durch Erkrankung verliert, in dem die Rindenimpulse für die Sprachbewegungen kombiniert und abgegeben werden. Ein solcher Mensch kann das Lesen aber wieder erlernen. Er erlernt es, indem er in seiner Rinde allmählich Assoziationen herstellt zwischen dem optischen Bilde, das ihm die gedruckten Zeichen T I S C H liefern und dem Begriffe eines Tisches. Früher führte in seiner Rinde das Netzhautbild Tisch durch die motorischen Sprachzentren zum Begriffe Tisch. Er lernt jetzt also das Lesen so, wie es viele Menschen von Hause aus gelernt haben, bei denen sich der Begriff direkt assoziiert hat dem Bilde des gedruckten Wortes. Man sieht, daß der nach außen hin gleichartige Erfolg: „das mit Verständnis Lesen“, nun auf anderen Bahnen erreicht wird, wie vorher. Diese neuen Assoziationen, welche da geschaffen werden, können aber auch die andere Hemisphäre betreffen. Wir wissen, daß bei jugendlichen Individuen nach Verlust des Sprachvermögens, das gewöhnlich in der linken Hirnhälfte seinen Sitz hat, die rechte Hemisphäre für die Sprache eingeübt wird, wobei das Individuum neuerdings sprechen lernt, wie es als Kind zum ersten Male sprechen gelernt hat.¹ Auch in anderer Weise treten solche Restitutionen auf, z. B. bei motorischen Störungen nach Rindenverletzungen. Gewisse Muskelgruppen wie die des Gesichtes, der Zunge usw. pflegen nach der plötzlichen Erkrankung einer Hemisphäre Lähmungserscheinungen zu zeigen, welche später wieder schwinden, offenbar indem die intakte Hemisphäre die Funktionen übernimmt.

Es ist also naheliegend, vorauszusetzen, daß das Schwinden der Hemiamblyopie beim Hunde eine ähnliche Grundlage hat. Wir kennen seit langem eine mächtige Fasermasse, das Corpus

¹ Vgl. SCHWARZ: *Deutsches Archiv f. klin. Medizin* 20.

callosum, den Balken, welcher die beiden Hemisphären miteinander verbindet. Im Marke des Hinterhauptlappens findet sich hart neben der Sehstrahlung liegend ein mächtiges Bündel, das die von der Rinde kommenden Fasern (C, c des Schemas) auf diesem Wege zur Rinde der anderen Seite führt. Da diese letztere im grofsen und ganzen ähnliche Funktionen haben wird, wie die der verletzten Seite, so ist zu erwarten, dafs sich unter Herstellung neuer Assoziationen, für welche die Bahnen zwar schon existierten, aber in dieser Beziehung von untergeordneter Bedeutung waren, nun die Erregungen der lädierten Seite in die gesunde Rindenhälfte ergiefsen werden, so dafs der ganze assoziative Wahrnehmungsmechanismus der letzteren nun auch durch die Sehstrahlung der anderen Seite, soweit dieselbe erhalten ist, in Tätigkeit versetzt wird. Dafs dieses gelernt werden mufs, d. h. die neuen Assoziationen erst allmählich gebildet werden, stimmt gut mit den Erfahrungen des allmählichen Schwindens der Sehstörung, welches analog verläuft wie die sogenannten Restitutionen anderer, uns näher bekannter Rindenfunktionen.

IMAMURA hat eine Versuchsreihe durchgeführt, die als eine Probe auf den dargelegten Erklärungsversuch betrachtet werden kann. Er hat nämlich nach dem Verschwinden der Hemiambyopie, welche durch die Rindenexstirpation erzeugt war, an Hunden den Balken durchtrennt. Da zeigte es sich, dafs nun sofort die Hemiambyopie wieder da war und nicht mehr schwand. Oder er hat in einer Operation einem Hunde ein Stück Rinde entfernt, so dafs Hemiambyopie zu erwarten war, und zugleich den Balken durchtrennt. Die Amblyopie trat auf und blieb bestehen.

Ich erinnere an die Beobachtung HITZIGS, und deren Bestätigung durch IMAMURA, nach welcher die infolge einer Rindenläsion auf der z. B. rechten Hemisphäre aufgetretene, und dann nach Wochen wieder verschwundene Sehstörung neuerdings auftritt, wenn man eine Läsion an der linken Hemisphäre erzeugt. Das ist nach den gegebenen Darlegungen nicht anders zu erwarten. Sei es, dafs durch die Operation der linken Seite Balkenfasern durchtrennt wurden, sei es, dafs durch dieselbe der Wahrnehmungsorganismus dieser Seite ausser Funktion gesetzt wurde — wie die nun aufgetretene Hemiambyopie nach rechts beweist — sei es, dafs beides in Betracht kommt, die durch die

rechte Sehstrahlung die Rinde betretenden Erregungen können nicht mehr in der linken Hemisphäre zur Wahrnehmung verarbeitet werden.

Ich habe endlich noch zu sprechen von dem Symptom der alternierenden Hemiamblyopie, das IMAMURA nach Läsionen beider Hemisphären beobachtet hat. Es sind nach diesen Operationen die Funktionen beider Rinden gestört, die Gesichtswahrnehmungen beider Hemisphären defekt. Sie werden aber nicht mehr aus dem Bewusstsein ausgeschaltet, da intakte Wahrnehmungskomplexe nicht mehr vorhanden sind. So wie jener oben genannte Mensch die schlechten Bilder seines kurzsichtigen Auges auch auf der Straße benutzen wird, wenn er irgendwie sein normales Auge verloren hat, so werden diese Tiere sich nun mit ihren defekten Wahrnehmungen so gut es geht zurecht finden müssen. In der Tat zeigen sie nun auch keine so typischen Hemiamblyopien mehr, wie nach den ersten Operationen, sondern Sehstörungen recht komplizierter und schwer analysierbarer Art, wobei allerdings das seitliche Sehen besonders geschädigt zu sein pflegt. Es ist dabei nicht ausgeschlossen, sogar sehr wahrscheinlich, daß — wie auch unter normalen Verhältnissen — die beiden Hemisphären vermittelt der erhaltenen Balkenfasern gemeinsam arbeiten, sich gegenseitig soweit möglich unterstützen.

Wir kennen aus den Erfahrungen an Menschen, die Rindenbahnen verloren haben, und nun irgendwelche Funktionen, wie Sprechen, Urteilen usw., nicht auf den ausgefahrenen, sondern auf neuen Bahnen ausüben sollen, die Anstrengung und die leichte Ermüdbarkeit, welche mit diesen Funktionen verknüpft sind. Es scheint mir nicht ausgeschlossen, daß unter diesen Umständen zeitweilig mehr die Erregungen der rechten, zeitweilig mehr die der linken Sehstrahlung ihre assoziativen Verknüpfungen finden, somit zum Bewusstseinsinhalt beitragen, in welchem Falle das Tier den Eindruck machen wird, als sehe es besser nach der einen Seite, als nach der anderen. Ist es doch ein Symptom der Ermüdung auch des Gesunden, daß er das Bedürfnis hat, das Sinnesgebiet seiner Wahrnehmungen und Vorstellungen zu wechseln: der Maler erholt sich bei Musik, der Musiker durch Betrachtung von Gemälden. Hier und dort hat man den Ausdruck der Tatsache, daß gewisse Faserkomplexe der Gehirnrinde übermüdet sind.

Man wird diese Deutung der alternierenden Amblyopie kaum sehr befriedigend finden, doch muß ich hervorheben, daß eine solche Deutung schon deshalb nicht genügen kann, weil, wie schon IMAMURA erwähnt, es wahrscheinlich sehr viele Arten der Hemiamblyopie gibt, sowie es viele Arten der Aphasie gibt. Letztere kennen wir genauer, erstere nicht, zumal nicht beim Hunde.

(Eingegangen am 25. Juni 1904.)
