

# Über die Beziehungen der Grosshirnrinde beim Affen zu den Bewegungen des Auges.

Von

Dr. Georg Levinsohn,  
Privatdozenten in Berlin.

Mit Taf. XIV—XV, Fig. 1—10.

---

In der experimentellen Erforschung der Grosshirnrinde spielen die Bewegungen des Auges eine hervorragende Rolle. Denn es gibt kaum eine Arbeit, die sich mit dem experimentellen Rindenstudium befasst, und die nicht mehr oder weniger das Auftreten von Augenbewegungen bei Rindenreizung hervorhebt. Trotzdem gehen gerade über die Lokalisation der die Augenbewegungen beherrschenden Rindenpartien die Ansichten der meisten Forscher ganz besonders weit auseinander. Der Grund für diese Erscheinung ist einmal in dem Umstande zu suchen, dass die Bewegungen des Auges zu den bei Rindenreizung am allgemeinsten und häufigsten auftretenden Effekten gehören, indem sie gelegentlich von allen Punkten der Rinde zur Auslösung gebracht werden können, zweitens aber, weil die meisten Autoren gerade wegen der Allgemeinheit ihres Auftretens die Augenbewegungen an und für sich nur selten zum Ausgangspunkte ihrer Untersuchungen gemacht und sich meist damit begnügt haben, das Vorhandensein derselben zu registrieren. Dazu kommt noch, dass diejenigen wenigen Autoren, die ihre Aufmerksamkeit allein diesem Zweige der Rindenforschung zugewandt hatten, von vornherein oft ganz bestimmte Gebiete in den Kreis ihrer Untersuchungen gezogen und andere in Frage kommende Partien gar nicht oder nur ungenügend berücksichtigt haben. Auch der Umstand, dass manche Autoren bei ihrem Studium sich nur einer einzigen Methode, nämlich derjenigen der Rindenreizung, bedienten, die Erforschung der Ausfallerscheinungen nach Exstirpation der gereizten Rindenabschnitte aber ganz ausser acht liessen, trug nicht dazu bei, die

Ansichten über die Beziehungen der Hirnrinde zu den Augenbewegungen weiter zu klären. Eine exakte Beurteilung einer Rindenpartie kann aber nur auf der Basis der Reizung und Exstirpation zugleich ermöglicht werden. Schliesslich war auch das Material, das für das Studium der Augenbewegungen bestimmt war, meistens ganz ungenügend zu nennen. Die geringe Anzahl der Versuchstiere rechtfertigte häufig durchaus nicht die Schlussfolgerungen, die aus den Versuchen gezogen wurden. So ist es gekommen, dass die Auffassungen der einzelnen Autoren über die Wertigkeit und die Lage der verschiedenen Rindenabschnitte in ihren Beziehungen zu den Augenbewegungen stark untereinander differieren. Es erschien daher nicht aussichtslos, die Frage der corticalen Augenzentren noch einmal experimentell anzugreifen und mit Vermeidung der bisherigen Fehlerquellen einer exakten Prüfung zu unterziehen.

Die Untersuchungen wurden an 15 Affen, und zwar in der Mehrzahl am *Macacus Rhesus*, in einer geringeren Anzahl am *Macacus Cynomolgus* und einmal an einer Meerkatze angestellt. Die Tiere wurden in Chloroform-Alkoholnarkose trepaniert, unmittelbar darauf, sobald sie aus der Narkose erwacht waren, gereizt, und im Anschluss an die Reizung wurde dann die Exstirpation der gereizten Rindenabschnitte vorgenommen. Mitunter wurde aber vor der Reizung, falls die Tiere eine zu grosse Unruhe zeigten, eine ganz oberflächliche Narkose eingeleitet, die den Effekt der Reizung nicht störte, dagegen die Beobachtung sehr erleichterte. Nach der Exstirpation der betreffenden Rindenabschnitte und sorgfältiger Naht der Hautwunde wurden die Tiere auf ihre Ausfallserscheinungen mehr oder weniger längere Zeit beobachtet. Die Beobachtungsdauer erstreckte sich bis zu 51 Tagen. In der Zwischenzeit wurden die Tiere, sobald sie sich ganz erholt hatten und das Resultat der Ausfallserscheinungen feststand, einer erneuten Reizung anderer Rindengebiete und der Exstirpation derselben unterworfen. Auf diese Weise war es möglich, ein umfangreiches Material über die einzelnen Rindenpartien zu erhalten. Es wurde im ganzen 18mal der Stirnlappen, 15mal der Gyrus angularis und 14mal der Occipitallappen gereizt. Ferner wurden 20 Exstirpationen vorgenommen, die entweder einseitig oder doppelseitig waren und einzelne, mehrere, bzw. alle für schwächere Reize behufs Auslösung von Augenbewegungen empfindliche Hirnpartien betrafen.

Die Reizung wurde in üblicher Weise mittels eines einzelligen Akkumulators und des Duboisschen Schlitteninduktoriums

durch den faradischen Strom ausgeführt. Und zwar bediente ich mich nicht der in jüngster Zeit von Gruenbaum und Sherrington<sup>1)</sup> empfohlenen unipolaren Methode, sondern der früher allgemein angewandten bipolaren Reizung. Die unipolare Methode hat zwar den Vorteil, dass sie vielleicht eine feinere Lokalisation als mit zwei Elektroden zulässt — der Unterschied ist aber, wenn man den Zwischenraum der beiden Elektroden nur sehr klein wählt, ein sehr minimaler — dafür ist die Reizung mit zwei Elektroden der ersteren Methode dadurch wesentlich überlegen, als man die Stromdichte auf ein ganz kleines Gebiet konzentrieren kann, während bei der unipolaren Methode der elektrische Strom zwar in erster Linie auf die gereizte Rindenstelle, in gewissem Masse aber auch auf den Gesamtkörper einwirkt. Gerade aber bezüglich der Augenbewegungen, die, wie schon bemerkt, von allen Teilen der Hirnrinde ausgelöst werden können, dürfte eine vollkommene Isolierung des Reizes ganz besonderen Wert besitzen. Die in Frage kommenden Gebiete wurden immer mehrmals hintereinander in kurzen Zwischenräumen gereizt, so dass jede Notiz über den Effekt einer Reizung das Ergebnis einer Anzahl von Reizungen darstellt. Natürlich war immer nur dasjenige Resultat massgebend, das bei schwächsten Stromstärken erzielt wurde; nur wenn die Erregbarkeit der Hirnrinde abgenommen hatte, wurden Reizungen mit stärkeren Strömen ausgeführt.

Nach dem Tode bzw. der Tötung des Tieres wurden die Gehirne anatomisch untersucht, und zwar nur makroskopisch, in zwei Fällen wurden sie zur mikroskopischen Untersuchung vorbehandelt<sup>2)</sup>. Bevor ich nun auf die eigenen Untersuchungen eingehe, möge noch die bisherige Literatur in kurzen Zügen Erwähnung finden. Die Literaturangaben sind um so notwendiger, als sie in vollständiger Weise sonst nirgends behandelt werden. Auch die von Cécile und Oscar Vogt<sup>3)</sup> sorgfältig angegebene Literatur behandelt die Frage der Beziehung der Hirnrinde zu den Augenbewegungen nicht umfassend. Einerseits sind die Angaben dieser Autoren über die Beziehungen der Rindenreizung zu den Augenbewegungen nicht vollständig, es fehlen sehr gewichtige Arbeiten, insbesondere über die Reizung der hinteren Rindenabschnitte, und dann werden die Ausfallserscheinungen nach Exstirpation der in Frage kommenden

<sup>1)</sup> Gruenbaum and Sherrington. *Proceed. of the Roy. Soc.* 1901.

<sup>2)</sup> Die nach Marchi vorbehandelten Stücke sind aber leider verloren gegangen.

<sup>3)</sup> Cécile und Oscar Vogt. *Journ. f. Psychol. u. Neurol.* Bd. VIII. 1907.

Gebiete überhaupt nicht besprochen. Bei meinen Literaturangaben beschränke ich mich fast nur auf die bisher festgestellten Beziehungen der Hirnrinde zu den Augenbewegungen beim Affen, die experimentellen Daten bei andern Tieren, wie Hunden und Katzen, sollen nur nebenbei Erwähnung finden.

Was die Nomenklatur der einzelnen Rindenfurchen und Gyri betrifft, die bei den verschiedenen Autoren nicht immer die gleiche ist, so habe ich diejenigen Namen gewählt, welche zurzeit am gebräuchlichsten sind. Die uns besonders interessierenden Furchen sind der Sulcus frontalis, der Sulcus praecentralis, der Sulcus centralis, der Sulcus interparietalis, die Affenspalte, die Fossa Sylvii und die Schläfenfurchen. Um eine bessere und klarere Übersicht zu gewinnen, sind die für unsern Zweck am meisten in Frage kommenden Partien der Gehirnoberfläche in einzelne kleine Bezirke zerlegt und mit Zahlen, lateinischen und griechischen Buchstaben bezeichnet (Taf. XIV, Fig. 1). Auf diese Weise erfährt die Orientierung eine wesentliche Erleichterung. Dabei aber habe ich Abstand genommen, die Herde einzeln zu umgrenzen, weil diese, wie später gezeigt werden soll, überhaupt keine ein- für allemal feststehenden scharfen Grenzen besitzen.

Fritsch und Hitzig<sup>1)</sup>, die zum ersten Mal den Nachweis von der elektrischen Erregbarkeit der Grosshirnrinde erbracht hatten, stellten auch zuerst bei Reizung der Hirnrinde an Hunden eine Bewegung der Augen fest. Es handelte sich hierbei um eine Lidschlussbewegung, die von einer Partie innerhalb des Facialiszentrums, d. h. einem dem mittleren Teil der zweiten Urwindung entsprechenden Rindengebiete zur Auslösung gebracht wurde. Den Nachweis, dass in diesem Rindenabschnitt auch das Zentrum der Augenbewegungen lokalisiert ist, führte Hitzig<sup>2)</sup> dadurch, dass er nach Durchschneidung des Facialis Augenbewegungen bei Reizung der genannten Rindenpartie auftreten sah. In einer später publizierten Zusammenfassung seiner Hirnarbeiten erwähnt Hitzig<sup>2)</sup> auch noch den an einem *Macacus* angestellten Versuch, bei dem die Reizung einer auf unserer Abbildung etwa  $\alpha_1$  entsprechenden Stelle Lidschluss ergab. Er vermutet, dass von hier aus Augenbewegungen ausgelöst werden können.

Ferrier<sup>3)</sup> sah im Jahre 1874 Augen- und Kopfbewegungen nach der entgegengesetzten Seite mit Pupillendilatation bei Reizung

<sup>1)</sup> Fritsch u. Hitzig. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870.

<sup>2)</sup> Hitzig. Gesammelte Abhandlungen. I. Teil. 1904.

<sup>3)</sup> Ferrier. Proceed. Roy. Soc. 1874.

einer grösseren Partie auftreten, welche beim Affen einen Teil der hinteren Hälfte oder zwei Drittel der oberen und mittleren Stirnwindung umfasste. Auf Taf. XIV, Fig. 1, würde sie etwa der Ausdehnung von  $a_i i b f d k f_1 e k_1 t_1 l m n o t u v w$  entsprechen. Ferner stellte er fest, dass bei Reizung des ganzen Gyrus angularis, also des auf Taf. XIV, Fig. 1, mit den Zahlen 1—20 bezeichneten Rindenabschnittes, Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite mit Auf- und Abwärtsbewegung sowohl wie mit Pupillerverengung und gelegentlichem Lidschluss erfolgten. Den Occipitallappen hielt er zunächst für unerregbar; später bestätigte er<sup>1)</sup> die Angaben von Luciani und Tamburini<sup>2)</sup>, dass auch von diesem Bewegungen im gleichen Sinne, wie vom Gyrus angularis, wenn auch weniger deutlich, ausgelöst werden konnten.

H. Munk<sup>3)</sup> fand auf Grund von Reiz- und Exstirpationsversuchen, dass alle Bewegungen des Auges inkl. der Pupille beim Affen im Gyrus angularis lokalisiert wären; er identifizierte den Gyrus angularis beim Affen mit der von ihm beim Hunde angenommenen Augenfühlsphäre, die gleichfalls, wie beim Affen, zwischen Hinterhauptslappen und corticaler Extremitätenzone gelegen war. Die Munksche Augenfühlsphäre beim Hunde umfasst somit als ventralsten, oralsten Abschnitt das Hitzigsche Augenzentrum. Bei Reizung der unmittelbar in der Biegung des Sulcus praecentralis gelegenen Stirnfurche sah er beim Affen mit stärkeren Strömen Kopfbewegungen auftreten.

Schaefer<sup>4)</sup> zeigte im Jahre 1888, dass die Reizung des Hinterhauptlappens Augenbewegungen herbeiführte, und zwar derart, dass bei Reizung des vorderen Abschnittes die Augen nach unten, bei Reizung des hinteren Abschnittes dieselben nach oben gingen. Die Reizung der intermediären schmalen Zone, die in den Lateralpartien breit war und nach der medialen Linie sich zuspitzte, führte zu reinen Seitenbewegungen. Gewöhnlich waren die Aufwärtsbewegungen beider Augen mit Hebung der Lider, die Abwärtsbewegung der ersteren mit einer Senkung der Lider verbunden, doch waren diese letzteren Bewegungen ebensowenig regelmässig, wie die Veränderungen der Pupille bei Reizung des Occipitallappens.

<sup>1)</sup> Ferrier, The functions of the brain. 2<sup>nd</sup> Ed. 1886.

<sup>2)</sup> Luciani e Tamburini. Rivista di frenetria. 1879. 5. Jahrg.

<sup>3)</sup> Munk, H., Über die Funktionen der Grosshirnrinde. 1890.

<sup>4)</sup> Schaefer, E. A. Brain XI. 1888.

Schaefer und Horsley<sup>1)</sup> sahen 1888 in ähnlicher Weise wie Ferrier bei Reizung des Stirnhirns Kopf- und Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite. Die erregbare Rindenpartie war aber noch ausgedehnter, wie nach den Angaben von Ferrier. Sie umfasste fast den ganzen, innerhalb des Sulcus praecentralis gelegenen Rindenteil, den sie dorsalwärts bis zur Medianlinie überragte, während sie ventralwärts nicht ganz das Ende des Sulcus praecentralis erreichte. Wie Ferrier beobachteten auch Schaefer und Horsley neben den Bewegungen der Augen und des Kopfes Lidspaltenerweiterung und Pupillendilatation. Die Exstirpation dieser Teile aber, selbst wenn sie auf beiden Seiten ausgeführt wurde, blieb ohne Effekt.

Beevor und Horsley<sup>2)</sup> haben bei Reizung des Stirnlappens in umfangreicher Weise Kopf- und Augenbewegungen festgestellt. Sie erhielten sowohl einfache Seitenbewegungen des Kopfes allein, wie solche mit Erhebung des Mauls, Rotation und Adduktion des Kopfes, hauptsächlich bei Reizung dorsalwärts von dem sagittalen Ast des Sulcus praecentralis. Isolierte Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite traten nur selten ein bei Reizung dorsalwärts vom Sulcus frontalis. Sie waren in der Regel mit Kopfdrehung verbunden. Eine solche isolierte Augenbewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben konnte erzielt werden bei Reizung von  $k f_1 f d b$  und  $i$ , weniger von  $l$  und  $n$ . Eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und unten fand nur statt bei Reizung von  $c$ . Eine Augenstellung in die Mittellinie trat ein bei Reizung ventralwärts von  $g$ , einer unmittelbar vor dem Querast des Sulcus praecentralis gelegenen Rindenpartie. Eine Pupillenbewegung zeigte sich nur selten, wenn eine solche auftrat, so war sie immer in Verbindung mit Kopf- und Augenbewegungen, es handelte sich auch immer nur um eine Pupillenerweiterung. Die Partie ventralwärts vom Sulcus frontalis blieb bei Reizung meist ohne Effekt. In zwei späteren Arbeiten stellten diese Autoren<sup>3)</sup> dann noch fest, dass bei  $p$  und  $p_1$  und weiter caudalwärts bis über den Sulcus Rolandi hinaus das Zentrum für den Lidschluss des gekreuzten Auges lokalisiert war.

Brown und Schaefer<sup>4)</sup> konstatierten, dass weder nach der Exstirpation eines Gyrus angularis, noch wenn zu dieser nach acht

<sup>1)</sup> Schaefer and Horsley. Philosoph. Transact. Roy. Soc. B. 20. 1888.

<sup>2)</sup> Beevor and Horsley. Philosoph. Transact. Roy. Soc. B. 28. 1888.

<sup>3)</sup> — — 1890 u. 1894.

<sup>4)</sup> Brown and Schaefer. Philosoph. Transact. Roy. Soc. 1888.

Tagen die Entfernung des zweiten Gyrus hinzukam, irgendein Effekt in der Augenstellung oder in der Empfindlichkeit des Auges auftrat.

Schaefer und Mott<sup>1)</sup> teilten die hintere Hälfte des Stirnlappens in drei Zonen: eine obere Zone, welche von der Mittellinie nach abwärts bis zum sagittalen Ast des Sulcus praecentralis reichte, eine mittlere schmale Zone, die zwischen diesem und hinterer Hälfte des Sulcus frontalis lag, und eine dritte, unmittelbar darunter gelegene Zone, die sich nach abwärts bis zum ventralen Ende des Sulcus praecentralis erstreckte. Die Reizung der mittleren Zone erzielte reine Seitenbewegungen des Kopfes und der Augen, die der oberen, Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten, die der unteren Zone nach der entgegengesetzten Seite und oben. Die Kopfbewegungen bei Reizung dieser letzteren Zonen entsprachen den Augenbewegungen. Sie traten am deutlichsten hervor bei Reizung an der hinteren Grenze der ganzen Region. Caudalwärts vom Sulcus praecentralis waren sie bei Reizung mit Arm-, Schulter- und Gesichtsbewegungen vergesellschaftet. Bei Reizung innerhalb der Krümmung des Sulcus praecentralis stellten sich als Mitbewegungen des Kopfes und der Augen hin und wieder auch Ohrbewegungen ein. Wenn zwei identische Stellen des Stirnlappens gereizt wurden, so trat entweder leichte Konvergenz oder Parallelstellung der Augen ein, oder aber die Aufwärts- bzw. Abwärtsstellung derselben vergrösserte sich bei Reizung der betreffenden Partien. Mitunter fand auch ein förmlicher „Wettkampf“ zwischen der Links- und Rechtsstellung statt, bis schliesslich eine Richtung überwog. Desgleichen trat auch bei bilateraler Occipitalreizung je nach der Lage der betreffenden Partie des Occipitallappens entweder reine Parallel- bzw. leichte Konvergenz oder vermehrte Auf- bzw. Abwärtsstellung der Augen ein. Alle Bewegungen waren doppelseitig, auch nach Durchschneidung des Corpus callosum. Die Reizung des Stirnlappens übertraf immer an Intensität diejenige des Occipitallappens. [Schaefer<sup>2)</sup> hat dann noch festgestellt, dass das Latenzstadium bei Stirnreizung kleiner als bei Occipitalreizung war.]

Obregia<sup>3)</sup> erweiterte im Laboratorium von H. Munk die schon früher ausgeführten Reizversuche bei Hunden, indem er zeigte, dass die Reizung des vorderen Abschnittes des Occipitallappens eine Bewegung

<sup>1)</sup> Mott, F. W. and Schaefer, E. A. Brain XIII. 1890.

<sup>2)</sup> Schaefer, E. A. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. 1888.

<sup>3)</sup> Obregia. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1890.

nach der entgegengesetzten Seite und unten, die des mittleren nur nach der Seite und die des hinteren nach der entgegengesetzten Seite und oben zur Folge hatte. Er stellte ferner fest, dass die Augenbewegungen bei Reizung des Occipitallappens unabhängig von jeder andern Rindenpartie waren. Munk aber konstatierte, dass trotz Ausschälung beider Occipitallappen die Augenbewegungen noch erhalten und dem Willen unterworfen blieben.

Sherrington<sup>1)</sup> beobachtete, dass nach Durchschneidung des 3. und 4. Gehirnnerven auf einer Seite bei Reizung der Gehirnrinde eine Seitenbewegung beider Augen bis zur Mittellinie erfolgte und dass nach diesem Eingriffe die Tiere auch Bewegungen in gleichem Sinne willkürlich ausführen konnten. Er sah somit den Beweis erbracht, dass die von der Hirnrinde ausgelösten Augenbewegungen nicht nur durch aktive Kontraktion eines Augenmuskels, sondern auch durch Hemmung der Antagonisten zu stande kämen.

Risien Russel<sup>2)</sup> hat, um die Auf- und Abwärtsbewegungen der Augen genauer zu studieren, Reizungen nach vorheriger Durchschneidung des Externus und Internus gleichzeitig oder einzeln, und zwar auf einer bzw. beiden Seiten, vorgenommen. Er nahm einer Vermutung Hughlings Jacksons<sup>3)</sup> folgend, an, dass die Auf- und Abwärtsbewegung der Augen deswegen so wenig zum Vorschein trat, weil bei Rindenreizung die Seitwärtsbewegungen sehr stark prävalierten. Er fand, dass bei Reizung von *n* die Augen sich direkt nach aufwärts, bei Reizung von *d* und *e* nach aufwärts und der entgegengesetzten Seite, bei *o* direkt nach abwärts, bei *c* und *g* nach abwärts und der entgegengesetzten Seite einstellten. Bei *a* und *b* trat Konvergenzbewegung ein, doch war letztere Bewegung nicht konstant. Er sah dann auch nach Exstirpation dieser Rindenabschnitte auf dem entgegengesetzten Auge beim Affen deutliche Stellungenanomalie der Augen auftreten, die aber im Laufe der Zeit wieder zurückging.

Greuer<sup>4)</sup> konstatierte auf Grund von Experimentaluntersuchungen an Hunden, dass die bei Occipitalreizung auftretenden Augenbewegungen nach Durchschneidung des Grosshirns längs des Sulcus cruciatus nicht mehr vom Hinterhauptslappen auszulösen waren, dass also

<sup>1)</sup> Sherrington. *Proceed. Roy. Soc.* 1893. 407 und *Journ. of physiol.* XVII. 1895.

<sup>2)</sup> Risien Russel. *Journ. of physiol.* XVII. 1895.

<sup>3)</sup> Hughlings Jackson. *Lancet*, April 1894.

<sup>4)</sup> Greuer. *Petersburger Vers. d. Nervenärzte* 1898.



diese Bewegungen durch Associationsbahnen zum Stirnhirn zu stande kämen.

Bechterew<sup>1)</sup> fand, dass in der Nähe des hinteren Abschnittes der Fossa Sylvii Reizpunkte für das entgegengesetzte Ohr und das obere Augenlid gelegen waren, dass in der Nähe der oberen Hälfte des Sulcus praecentralis die Zentren für die Bewegungen der Ohren lokalisiert wären; etwas niedriger, in der Nähe des mittleren Abschnittes des Sulcus praecentralis liegen dann nach Bechterew die Atemzentra, die übrigen Teile der hinteren Abschnitte der Frontalwindungen enthalten die Zentren der Augenbewegungen und des Kopfes. In der hinteren Abteilung des Parietal- und Occipitallappens befinden sich die Zentren für Pupillenerweiterung und coordinierte Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite, wie nach oben und unten. In einer zweiten Publikation teilte er dann mit, dass von der hinteren Hälfte der zweiten Frontalwindung die innere Partie auf Reizung mit Kopfbewegung, die äussere erst mit Augen-, dann mit Kopfbewegungen nach der entgegengesetzten Seite reagierte. Bei stärkeren Strömen traten auch Bewegungen des Ohrs und der Brauen, sowie Pupillen- und Lidspaltenerweiterung auf. Eine genauere Lokalisierung dieser Partien fehlt aber in den Angaben Bechterews. Bezüglich des Occipitallappens bestätigte dieser Autor die Befunde Schaefers, Obregias und Munks. Ferner konstatierte er im Gyrus angularis zwei Zentren für Pupillenerweiterung und zwei für Pupillenverengerung. Vom Parietallappen erfahren wir, dass eine Reizung der in unmittelbarer Nähe des Occipitallappens gelegenen Rindenschicht eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben, eine Reizung der innersten Partien dagegen nach der entgegengesetzten Seite und unten hervorrufe, während die Reizung der mittleren Partien nur eine Seitenbewegung zur Folge hat. Schliesslich gibt Bechterew dann noch an, dass die Reizung unterhalb von 4 Drehung des Bulbus nach unten innen mit Pupillenverengerung, Reizung von 3 hochgradige Pupillendilatation mit Abweichung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten, Reizung von 14 Pupillenerweiterung und Divergenz der Augen und Reizung oberhalb von 13 Pupillenverengerung mit Einstellung der Augen nach oben und etwas nach der entgegengesetzten Seite zur Folge habe.

Hermann Munk<sup>2)</sup> hat exakte Exstirpationen des Gyrus angularis beim Affen vorgenommen und die Ausfallserscheinungen danach

<sup>1)</sup> Bechterew. Neurol. Zentralbl. 1898 und Arch. f. Physiol. 1899.

<sup>2)</sup> Munk, H., Sitzungsber. d. preuss. Akad. d. Wissensch. 1899, 2.

sorgfältig studiert. Von der Ansicht ausgehend, dass der Gyrus angularis das Hauptzentrum für alle dem Auge zukommenden Bewegungen darstellt, fand er einmal nach diesem Eingriff die Lidspalte auf der entgegengesetzten Seite verkleinert, ferner konstatierte er nach Exstirpation beider Gyri angulares das Ausbleiben von Konvergenzbewegungen bzw. das Auftreten eines deutlichen Strabismus convergens, wie überhaupt die Fähigkeit der Fixation danach sehr wesentlich geschädigt war. Diese Schädigung zeigte sich nun hauptsächlich darin, dass, obgleich der Affe eine gute Beweglichkeit der Hand besass, derselbe beim schnellen Ergreifen kleiner Stücke sich nicht der Fingerspitzen, sondern des Maules oder der ganzen Handfläche bediente, und mit diesen entweder vor oder über den zu fassenden Gegenstand hinausfuhr. Ein derartiger Affe hatte nach Munks Auffassung das Gefühl vom Grade der Konvergenz verloren, das ihm vor der Verstümmelung die Kenntnis des Abstandes des fixierten Objekts verschafft hatte.

Parsons<sup>1)</sup>, der bei seinen Reizversuchen hauptsächlich auf die Pupillenerweiterung achtete, fand bei einem einzigen Versuche am Affen, dass der vor dem Sulcus praecentralis gelegene Gehirnabschnitt für die Pupillenerweiterung die stärkste Erregbarkeit besass. Bei Reizung der unmittelbar vor dem Sulcus praecentralis und oberhalb des Sulcus frontalis gelegenen Rindenpartie sah er die Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten und bei Reizung der unter dem Sulcus frontalis gelegenen Partie nach der entgegengesetzten Seite und oben sich einstellen. Die Reizung der vorderen Occipitalhälfte ergab eine Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite eventuell nach dieser und unten.

Während so die meisten Forscher die für Augenbewegungen empfindlichste Partie in die hintere Hälfte des Stirnlappens verlegten, stellte Bernheimer<sup>2)</sup> fest, dem Beispiele H. Munks folgend, dass diese beim Affen der Gyrus angularis wäre, und er nahm nicht Anstand, in diesem Hirnabschnitte das Hauptzentrum für die Augenbewegungen zu erblicken. Er konstatierte bei fünf Affen, dass der Gyrus angularis von der ganzen Hirnrinde am leichtesten bei schwachen elektrischen Strömen mit Augenbewegungen reagierte, und dass das mittlere Drittel des vorderen und hinteren Armes die am meisten erregbare Partie des Gyrus angularis darstellte. Er sah, ähnlich wie Munk, nach Abtragung beider Occipitallappen ab und zu noch

<sup>1)</sup> Parsons. Journ. of physiol. XXVI. 1901.

<sup>2)</sup> Bernheimer. Sitzungber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. CVIII. 1899.

spontan, sowie auf peripherische Reize hin synergische Augenbewegungen auftreten. Bernheimer nimmt deshalb an, dass die Augenbewegungen bei Reizung des Occipitallappens, die übrigens schwächer ausfielen, durch Übertragung des Reizes vermittels der kurzen Associationsfasern auf den Gyrus angularis zu stande kommen.

In einer Arbeit, die vorzugsweise auf die Erforschung der Beziehung zwischen Hirnrinde und Pupille gerichtet war, führte ich<sup>1)</sup> auf Grund von Versuchen an Katzen, Hunden und Affen den Nachweis, dass eine Reizung der in Frage kommenden Rindenpartien nicht nur eine Pupillenerweiterung, sondern in gleicher Weise associierte Augenbewegungen zur Folge hatte, und dass drei verschiedene Gruppen für das Zustandekommen derselben zu unterscheiden wären. Einmal associierte Augenbewegungen bei Reizung von allen Punkten der Hirnrinde, wenn erstere so stark war, dass sie zu epileptoiden Anfällen führte, zweitens bei Reizung mit stärkeren Strömen von der motorischen Hörspähre aus, und drittens bei Reizung mit schwächeren Strömen von der Munkschen Nackensphäre, der Augenfühlsphäre und der Sehsphäre. Von letzteren war die Sehsphäre für Augenbewegungen leichter erregbar, wie der Gyrus angularis, während die Reizung des Nackenzentrums am leichtesten zu Pupillenerweiterung und Augenbewegungen führte. Eine Exstirpation aller dieser Rindenabschnitte fiel insbesondere beim Affen bis auf eine einmal vorgekommene, nur vorübergehend auftretende Pupillenveränderung negativ aus.

Schliesslich haben Cécile und Oscar Vogt<sup>2)</sup> die elektrische Erregbarkeit der Hirnrinde an zahlreichen Affen und Halbaffen geprüft, indem sie auch ganz besonders ihre Aufmerksamkeit den Augenbewegungen zuwandten. Ihre Untersuchungen decken sich im wesentlichen mit den Feststellungen früherer Beobachter, insbesondere Ferrrier, Horsley, Beevor, Schaefer, Bechterew und Verfasser, die in dem vor dem Sulcus praecentralis gelegenen Rindenabschnitt den für Augenbewegungen erregbarsten Teil der Hirnrinde erblickten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass Cécile und Oscar Vogt den Occipitallappen nur in sehr oberflächlicher Weise, den Gyrus angularis gar nicht in den Bereich ihrer Untersuchungen gezogen haben, dass ferner die Auffassung dieser Autoren, den genannten Rindenabschnitt als Augenfeld in Anspruch zu nehmen, sich nur auf Reizversuche aufbaut, ohne dass bisher entsprechende Exstirpationsversuche, die für die Beurteilung durchaus notwendig sind,

<sup>1)</sup> Levinsohn, G. Zeitschr. f. Augenheilk. 1902, 518.

<sup>2)</sup> Loc. cit.

herangezogen werden. Ferner ist zu berücksichtigen, dass die Grenzen und die Lage der absoluten Foci und relativen Foci, welche Einteilung diese Autoren auf die angewandte Stromstärke bei ihren elektrischen Reizversuchen zurückführen, sich durchaus nicht bei allen Versuchen decken, und dass es daher im hohen Grade zweifelhaft sein muss, ob eine Aufstellung derartiger Begriffe zurzeit berechtigt ist. Im Speziellen lokalisieren sie die Foci für die Bewegungen der Augen nach der gekreuzten Seite und oben bei *hcg*, ferner verlegen sie in das Gebiet zwischen Sulcus frontalis und Sulcus praecentralis in erster Linie die Foci für die Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite, vermischt mit den Bewegungen der Foci nach der entgegengesetzten Seite und oben, bzw. unten, sowie diejenigen für die Bewegungen des Ohres, des Kopfes und der Pupillen. Das dorsal gelegene Gebiet zerfällt in zwei Zonen: die orale Zone, also  $x_1 t t_1$  und die vor diesem gelegene Partie enthält hauptsächlich die Foci für die Ohrbewegungen, die caudale Zone insbesondere  $xyzuvv$  die Foci für die Augenöffnung. Daneben kommt es noch zu Augen- und Kopfbewegungen nach der entgegengesetzten Seite. Dicht hinter dem Querast des Sulcus praecentralis sind die Facialiszentren, und zwar ist bei  $opp_1$  das Orbiculariszentrum gelegen.

Wir sehen somit, dass zurzeit die experimentellen Beziehungen zwischen Hirnrinde und Augenbewegungen weit davon entfernt sind, geklärt zu sein, dass wir im Gegenteil fast überall auf mehr oder weniger grosse Unklarheit und Unsicherheit stossen. Es dürfte daher eine wünschenswerte Aufgabe sein, durch neue exakte und umfangreiche Untersuchungen das in Frage kommende Gebiet noch einmal nach allen Richtungen hin zu prüfen und, falls es möglich ist, die vorhandenen Lücken auszufüllen. Hierbei wird es zunächst darauf ankommen müssen, denjenigen Rindenteil zu bestimmen, der auf die schwächsten elektrischen Reize mit einer Augenbewegung anspricht. Wenngleich auch die meisten Autoren diese Zone in die hintere Hälfte des Stirnlappens verlegen, so muss doch hervorgehoben werden, dass zwei so verdienstvolle Forscher, wie H. Munk und Bernheimer, im Gegenteil dem Gyrus angularis diese Beziehung zuerkennen. Auch wird es notwendig sein, die übrigen Rindenpartien bezüglich ihrer Erregbarkeit für Augenbewegungen dem Grade ihrer Erregbarkeit gemäss genau zu bestimmen, wobei allerdings die Augenbewegungen unberücksichtigt gelassen werden können, die nur auf starke elektrische Reize in Erscheinung treten, also die Augenbewegungen im Gefolge eines epileptischen Krampfanfalls, der sich bei Rindenreizung

einstellt, die Augenbewegungen bei starker Reizung der motorischen und der Hörsphäre.

Aber nicht nur die Allgemeinbeziehungen der Hirnrinde zu den Augenbewegungen überhaupt, sondern das Verhalten der einzelnen Rindenabschnitte zu den verschiedenen Formen der Bewegung erfordert eine Klarstellung. Es muss die Frage einer erneuten Prüfung unterzogen werden, ob es möglich ist, auf der Rinde bestimmte Bezirke abzugrenzen, bei deren Reizung jedesmal dieselben associierten Bewegungen nach der Seite, nach oben oder unten, bzw. eine deutliche Konvergenzbewegung auftritt; desgleichen, ob diese Augenbewegungen isoliert in Erscheinung treten, oder mit den Bewegungen anderer Körperteile, insbesondere des Kopfes, verbunden sind. Eine richtige Beurteilung der Reizergebnisse wird aber nur möglich sein, wenn die Untersuchung sich nicht nur auf die Reizung allein erstreckt, sondern wenn sich hierzu die Exstirpation der einzelnen Rindenabschnitte gesellt. Erst auf der Basis der Rindenreizung und Rindenexstirpation kann sich ein sicheres Urteil aufbauen.

Des Ferneren ist das Zustandekommen der Augenbewegungen von neuem zu prüfen und zu analysieren. Zunächst sind hier einmal Untersuchungen notwendig, welche die Beziehungen der einzelnen Rindenabschnitte zueinander bezüglich der Augenbewegungen sicherstellen, inwieweit die Auslösung der Augenbewegungen bei Reizung einer Rindenpartie von der andern abhängig ist, ob also die bei Rindenreizung auftretenden Augenbewegungen auf dem Wege corticofugaler oder vielmehr intrazentraler Associationsbahnen zu stande kommen. Diese Frage ist bisher verschieden beantwortet worden, und es bedarf daher erneuter Untersuchungen, also insbesondere der Exstirpation bestimmter Rindenabschnitte und darauf folgender Reizung der restierenden erregbaren Rindengebiete, um die Lösung dieser Frage zu ermöglichen.

Ferner muss die von Hughlings Jackson gemutmasste und bisher nur von Risien Russel auf experimentellem Wege mit positivem Erfolge nachgewiesene Tatsache einer Kontrolle unterzogen werden, dass die Augenbewegungen nach oben und unten bei Rindenreizung nur deswegen weniger zum Vorschein kommen, weil die Innervation der seitlichen Augenbewegungen in der Hirnrinde prävaliert und die letzteren daher die Bewegung nach oben und unten verdecken.

Schliesslich ist es auch von Interesse, zu erfahren, inwieweit die bei der Rindenreizung auftretenden Augenbewegungen in erster

Linie aktive sind, d. h. durch Kontraktion von Augenmuskeln zu stande kommen, oder ob sie mehr passiver Natur auf dem Wege der Muskelhemmung in Erscheinung treten. Wie schon oben erwähnt war, hat Sherrington den experimentellen Nachweis geführt, dass beide Faktoren das Auftreten der vom Cortex abhängigen Augenbewegungen bewerkstelligen.

Wenn es gelingen sollte, in allen diesen Punkten eine befriedigende Lösung herbeizuführen, so ist die Möglichkeit gegeben, über die experimentellen Beziehungen zwischen Hirnrinde und Augenbewegungen ein sicheres Urteil zu gewinnen. Es soll daher unsere Aufgabe sein, auf experimentellem Wege folgende Fragen zu beantworten:

1. Welches ist dasjenige Rindengebiet, das auf elektrische Reize am leichtesten mit einer Augenbewegung anspricht, welche Partien stehen bezüglich ihrer Erregbarkeit für Augenbewegungen diesem am nächsten?

2. Welcher Art sind diese Bewegungen? Ferner, sind dieselben selbständig oder mit Bewegungen anderer Körperteile, insbesondere des Kopfes verknüpft?

3. Lokalisation der einzelnen Rindenabschnitte, auf deren Reizung eine Seiten-, eine Auf- oder eine Abwärtsbewegung der Augen erfolgt.

4. Welche Ausfallserscheinungen hat die Exstirpation einzelner, mehrerer oder aller für Augenbewegungen erregbarer Rindenpartien im Gefolge?

5. Welche Beziehungen bestehen zwischen den einzelnen für die Auslösung von Augenbewegungen durch schwächere Reize in Frage kommenden Hirnpartien, sind diese alle voneinander unabhängig, oder kommt ein Teil derselben durch Übertragung des Reizes auf dem Wege intrazentraler Associationsbahnen zu stande?

6. Wird die Bewegung eines Auges bei Rindenreizung in gleicher Weise durch aktive Kontraktionen von Augenmuskeln und durch corticale Hemmung der entsprechenden Antagonisten veranlasst (Sherrington)?

7. Tritt die Seitenbewegung der Augen bei Rindenreizung deshalb deutlich zutage, weil die Innervation derselben in der Hirnrinde überwiegt, und kann demnach die Höhlenablenkung bei Rindenreizung durch Ausschaltung der das Auge seitlich bewegenden Muskeln verstärkt werden? (Hughlings Jackson, Risien Russel).

8. Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus der experimentellen

Forschung bezüglich der corticalen Innervation der Augen beim Affen ziehen?

Bevor wir an die Beantwortung dieser Fragen herantreten, ist es zunächst notwendig, das Ergebnis der Versuche mitzuteilen.

1. *Macacus Rhesus*. 10. I. Durchschneidung des linken Abducens, die einen mässigen linksseitigen Strabismus convergens zur Folge hat. Darauf Freilegung des linken Stirnhirns, des linken Gyrus angularis und des linken Occipitallappens, Reizung derselben. Bei den ersten Reizungen zeigt sich die Empfindlichkeit des Gehirns noch etwas herabgesetzt. Sehr bald nimmt sie aber in allen Abschnitten gleichmässig zu. Am erregbarsten ist der Stirnlappen, der an einzelnen Punkten schon bei einem Rollenabstand von 130 mm deutliche Reizwirkung erkennen lässt, während die Reizschwelle für den Occipitallappen sich bei einem Rollenabstand von 120 und für den Gyrus angularis bei einem solchen von 110 mm befindet. Das Stirnhirn hat seine reizbarsten Stellen unterhalb des sagittalen Schenkels des Sulcus praecentralis und dicht vor dem Querschmel des selben, während die Partie dorsalwärts von dem sagittalen Schenkel wesentlich geringere Reizbarkeit besitzt. Nun wird der Gyrus angularis und der Occipitallappen in seinen vorderen zwei Dritteln umschnitten und exstirpiert.

11. I. Das Tier ist munter, dreht sich aber beständig im Kreise nach links herum. Der rechte Arm ist leicht paretisch. Die Empfindlichkeit des rechten Auges für Berührung ist gegenüber dem linken Auge stark herabgesetzt. Während bei leiser Berührung der Hornhaut und der Lider, insbesondere der Lidränder, ferner bei stärkerer Berührung der *Conjunctiva bulbi* links kräftiger Lidschluss erfolgt, tritt auf dem rechten Auge bei Berührung der Hornhaut und des Lidrandes nur eine schwache und bei Berührung der *Conjunctiva* meist gar keine Lidzuckung auf.

13. I. Das Tier befindet sich wohl, die Drehbewegungen haben etwas abgenommen.

15. I. Der Affe zeigt noch immer leichte Drehbewegungen. Der rechte Arm ist fast ganz gelähmt, das rechte Bein leicht paretisch, das rechte Auge und die Umgebung desselben ist für Berührung fast ganz unempfindlich; das linke Auge besitzt normale Empfindlichkeit.

23. I. Der Affe ist bis auf die Parese des rechten Arms und Beins vollkommen normal. Die Empfindlichkeit des rechten Auges ist gegenüber dem linken noch stark herabgesetzt.

Es wird nun die rechte Hemisphäre freigelegt und gereizt; die Bewegungen des rechten Auges erscheinen gegenüber dem linken bedeutend herabgesetzt. Auch rechts besitzt der Stirnlappen gegenüber dem Gyrus angularis und Occipitallappen bei weitem grössere Empfindlichkeit. Vom Occipitallappen ist die hintere Hälfte am erregbarsten. Die Bewegungen der Augen bei Reizung dieser Partie erfolgt nach der entgegengesetzten Seite und oben, dagegen bewegen sich die Augen bei Reizung der vorderen Hälfte des Occipitallappens nach der entgegengesetzten Seite und unten. Die gleiche Bewegung erfolgt bei Reizung fast des ganzen Gyrus angularis mit Ausnahme des vordersten, also nach dem Sulcus centralis zu, gelegenen Abschnittes. Letz-

terer (15, 16, 17, 18) ist wesentlich weniger erregbar, als die hinteren Teile, bei stärkerer Reizung ersteren Abschnittes erfolgt eine Bewegung des Auges nach der entgegengesetzten Seite und oben. Der Stirnlappen ist ebenso wie die eben besprochenen Hirnteile bedeutend weniger erregbar als auf der linken Seite. Am empfindlichsten zeigen sich vom Stirnlappen die in der Verlängerung des Sulcus frontalis und die dicht daneben gelegenen Rindenpunkte *a b c*. Auf Reizung unmittelbar hinter dem Queraste des Sulcus praecentralis erfolgt ein deutlicher Lidschluss. Der Affe geht am nächsten Tage zugrunde.

Die Sektion ergibt, dass die vor dem Sulcus praecentralis gelegenen Rindenpartien auf der linken Seite bis auf eine leichte gelbliche Verfärbung der Oberfläche ein normales Aussehen besitzen, dass die Rinde des Gyrus angularis und der vorderen Hälfte des Occipitallappens fehlt, und dass die Oberfläche dieser Teile mit einem rotbraunen Detritus bedeckt ist.

2. *Macacus Rhesus*. 15. I. Freilegung der hinteren Hälfte des linken Stirnlappens, des Gyrus angularis und des Occipitallappens. Die Reizung ergibt zunächst für alle Teile bei 120 mm und selbst bei 110 mm Rollenabstand ein negatives Resultat. Erst bei 100 mm Abstand erfolgt vom Stirnhirn und Gyrus angularis eine leichte Bewegung, während die Reizung des Occipitallappens ohne Wirkung bleibt. Sehr bald aber nimmt die Erregbarkeit zu, und nun gelingt es schon bei 125 mm, eine prompte Bewegung vom Stirnlappen aus zu erzielen, die allerdings bei Reizung des Gyrus angularis unter gleichen Bedingungen nur selten und vom Occipitallappen überhaupt nicht hervorzurufen ist. Die erregbarste Stelle des Stirnlappens ist *a b c*. Bei Reizung dieser Punkte gehen die Augen nach der entgegengesetzten Seite und oben. Bei *f d f<sub>1</sub> e* ist die Reaktion weniger deutlich. Die Augen gehen hier nach der entgegengesetzten Seite und unten. Dieselbe Bewegung führen die Augen aus bei Reizung von *m n o*, bei *l* dagegen gehen die Augen nur nach der entgegengesetzten Seite und nicht nach unten; dabei bewegt sich öfters der Kopf mit nach der entgegengesetzten Seite.

Der Gyrus angularis ist, wie schon gesagt, weniger erregbar als der Stirnlappen. Bei Reizung der vorderen Windung des ersteren ist der Effekt meist = 0. Mitunter gehen die Augen nach der entgegengesetzten Seite und oben, während sie sich bei Reizung der hinteren Windung in der Regel leicht nach der entgegengesetzten Seite und unten einstellen. Vom Occipitallappen lassen sich durch Reizung Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite, nach oben und unten hervorrufen.

Nun wird die für Augenbewegungen empfindlichste Partie des Stirnhirns exstirpiert und der Gyr. ang. nochmals gereizt. Es zeigt sich, dass letzterer für Augenbewegungen genau so erregbar ist, wie vor der Exstirpation. Darauf wird der Gyr. ang. und die vordere Hälfte des Occipitallappens entfernt. Die Augen zeigen zunächst eine leichte Divergenzstellung, stellen sich aber sehr bald parallel zueinander und sind extrem nach links gerichtet, desgleichen ist der Kopf nach links gedreht.

Am nächsten Tage ist der Affe tot. Die Sektion ergibt, dass die im Bereich des Sulc. praecent. gelegenen Stirnwindungen caudalwärts bis zu einer Entfernung von 5 mm vom Sulc. Rolandi, ferner die oberen zwei



Drittel des Gyr. ang. und die vordere Hälfte des Occipitallappens völlig entfernt sind. Der Rindendefekt ist meist ein sehr tiefer und beträgt mindestens 2 mm.

3. *Macacus Cynomolgus*. 20. I. Bei der Freilegung des Gehirns wird der Stirnlappen in der hinteren Hälfte leicht verletzt, wodurch die Erregbarkeit desselben vor dem Sulc. praec. wesentlich beeinträchtigt wird. Immerhin gelingt es leicht, schon bei einem Rollenabstand von 110 mm dorsalwärts von dem sagittalen Aste dieses Sulcus, also etwa bei *v w m n o* Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten herbeizuführen. Dabei kommt es häufig zu einer Hebung der Oberlider, während die Reizung von *q* und *r* Lidchluss zur Folge hat. Bei einem Rollenabstand von 110 mm werden auch schon Bewegungen vom Gyr. ang. und vom Occipitallappen ausgelöst, und zwar von letzterem entschieden leichter als vom ersterem. Man kann feststellen, dass bei Reizung der hinteren Hälfte des Occipitallappens die Augen sich nach der entgegengesetzten Seite und oben, bei Reizung der vorderen nach der entgegengesetzten Seite und unten in gleicher Weise wie bei Reizung des Gyr. ang. hinter der Schläfenfurche einstellen, während die vordere Windung des letzteren wesentlich unempfindlicher ist und bei Reizung dieses Abschnittes die Augen nur hin und wieder nach der entgegengesetzten Seite und oben gehen. Es hat den Anschein, als ob die Augenbewegungen bei Reizung des Gyr. ang. sowohl wie des Occipitallappens deutlicher in Erscheinung treten, nachdem die vor und etwas dorsalwärts vom Sulc. praecent. gelegene Partie des Stirnlappens extirpiert ist. Ebenso kann man durch Ansetzen der Elektroden an die Seitenwände des im Stirnlappen extirpierten Rindenabschnittes noch eine Bewegung der Augen auslösen, die derjenigen konform ist, welche von der Oberfläche der extirpierten Rinde erzielt wurde.

4. *Mac. Cynomolg.* 31. I. Freilegung des linken Stirnlappens am Sulc. praec., des Gyr. ang. und der vorderen drei Fünftel des Occipitallappens. Bei Reizung erfolgt eine Augenbewegung vom Stirnlappen erst bei einem Rollenabstand von 110 mm, vom Gyr. ang. und Occipitallappen erst bei einem solchen von 100 mm, und zwar ist die Erregbarkeit des Occipitallappens entschieden stärker ausgesprochen, als diejenige des Gyr. ang., dessen Reizung bei einem Rollenabstand von 100 mm oft ohne Effekt bleibt. Allmählich nimmt die Erregbarkeit in den drei genannten Hirngebieten etwas zu. Die Reizung der vorderen Hälfte des Occipitallappens sowie der hinteren Windung des Gyr. ang. und des unmittelbar vor der Schläfenfurche gelegenen Abschnittes der vorderen Windung lässt die Augen nach der entgegengesetzten Seite und zugleich etwas nach unten gehen. Der übrige Teil der vorderen Windung des Gyr. ang. ist im allgemeinen weniger erregbar, als die hintere Windung. Bei Reizung einer schmalen, dicht neben dem Sulc. interpariet. gelegenen Rindenpartie (15, 16, 17, 18) gehen die Augen nach der gekreuzten Seite und nach oben. Eine Reizung des mittleren Abschnitts (20, 12) in der vorderen Windung bleibt gewöhnlich ohne Effekt. Vom Stirnlappen zeigt ein kleiner, unmittelbar vor dem Querast des Sulc. praecent. und unterhalb und neben dem caudalen Ende des Sulc. front. gelegener Bezirk die grösste Erregbarkeit. Bei

Reizung desselben (*e*) gehen beide Augen sehr deutlich nach der entgegengesetzten Seite und oben, während dieselben bei Reizung des darübergelegenen Abschnittes (*b*) nach der entgegengesetzten Seite und unten ziehen, doch muss der diese Bewegung auslösende Reiz etwas kräftiger sein, als in dem Falle, wo die Augen sich nach der entgegengesetzten Seite und oben einstellen. In demselben Sinne wie bei *e*, doch etwas weniger deutlich, wirkt die Reizung bei *h* und *g*, d. h. die Augen gehen hier nach der entgegengesetzten Seite und oben. Bei Reizung der dicht neben dem sagittalen Ast des Sulc. praecent. gelegenen Partien, sowohl oberhalb wie unterhalb desselben (*l m n k f<sub>1</sub> e*) finden nur Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite ohne Höhenablenkung statt. Dagegen gibt die Reizung von *t<sub>1</sub>* eine deutliche Konvergenzbewegung. Diese Bewegung wird fünfmal hintereinander in verschiedenen Intervallen, immer von derselben Stelle deutlich ausgelöst. Nun wird der Gyr. ang. und die vordere Hälfte des linken Occipitallappens exstirpiert. Die darauf folgende Reizung des Stirnlappens ergibt dasselbe Resultat wie vor der Exstirpation, d. h. die Erregbarkeit des Stirnlappens hat nach der Exstirpation nicht die geringste Einbusse erlitten. Dagegen sind die Augen jetzt stark nach links abgewichen, ohne allerdings in dieser Stellung ständig zu verharren; mitunter gehen sie sogar in eine Primärstellung über, kehren aber dann sehr bald wieder unter leicht zuckender Bewegung in die frühere Linksstellung zurück.

2 $\frac{1}{2}$  Stunden später: das linke Auge trânt, das rechte ist trocken. Die rechte Conjunctiva ist unempfindlich für feinere Berührung, ebenso für ganz leichte Reize auch die Lidränder und die Hornhaut. Links ist die Empfindlichkeit des Auges zwar gegen die Norm auch etwas herabgesetzt, immerhin reagieren die Lider und die Hornhaut dieses Auges auf zarte Berührung jedesmal mit einem sehr energischen Lidschluss.

1. II. Die Differenz in der Empfindlichkeit ist heute zwischen beiden Augen noch deutlicher ausgesprochen, d. h. die Bindehaut des rechten Auges ist für leichte Berührung ganz unempfindlich, während bei derselben Berührung der Lider und der Cornea eine ganz geringe Lidbewegung erfolgt, die bei gleichem Reiz auf dem linken Auge zu einem starken Lidschluss führt. Die Augen sind immer noch stark nach links abgewichen, kehren aber öfters in die primäre Stellung zurück, um dann jedoch sofort wieder in extreme Linksstellung überzugehen.

3. II. Die Augen blicken beide geradeaus und weichen nur zeitweise nach links ab. Sie folgen auch, wenn die Aufmerksamkeit des Tieres erregt wird, etwas nach rechts, doch wird diese Blickrichtung, wie es scheint, nur sehr ungerne und weniger deutlich eingenommen. Das rechte Auge macht bei oberflächlicher Betrachtung den Eindruck, als ob es nach innen abgelenkt sei, doch zeigt sich bei Vorhalten einer Flamme, dass diese auf beiden Augen genau im Zentrum der Pupille spiegelt. Ein Unterschied in der Reaktion bei Berührung ist zwar auch heute zwischen beiden Augen noch deutlich nachweisbar, indes nicht mehr so intensiv ausgesprochen, wie vor zwei Tagen.

5. II. Kopf und Augen stehen gerade, letztere drehen sich nur noch selten nach links.

7. II. Gute Beweglichkeit beider Augen nach links; nach rechts ist

dieselbe anscheinend weniger gut. Der Unterschied in der Sensibilität der Augen ist wie am 3. II.

12. II. Affe vollkommen munter. Der rechte Arm stark paretisch. Die Augen stehen gerade, weichen aber mitunter nach links ab, desgleichen ist auch der Kopf zeitweise leicht nach links gedreht. Das Tier macht mitunter noch Bewegungen um seine Längsachse in der Richtung nach links. Es gelingt nicht, den Affen zu bewegen, die Augen bei der Rechtsdrehung über die Mittellinie hinauszubringen. Die rechte Gesichtshälfte des rechten Auges fehlt. Gegenstände, z. B. eine Rübe, eine bewegte Lampe werden vom Affen auf dieser Seite nicht gesehen. Die Sensibilität des rechten Auges und seiner Umgebung ist immer noch stark herabgesetzt, bei Berührung der Lider und der Hornhaut erfolgt jetzt aber eine etwas energischere Lidbewegung, als an den früheren Tagen.

17. II. Status idem.

25. II. Wenn die Aufmerksamkeit des Tieres auf einen Gegenstand gerichtet wird, der sich auf seiner rechten Seite befindet, so dreht es nicht die Augen, sondern den Kopf, um denselben zu fixieren.

27. II. Heute gehen die in Primärstellung stehenden Augen auch über die Mittellinie nach rechts, und zwar spontan, wie bei Erregung der Aufmerksamkeit. Die rechte Gesichtshälfte des rechten Auges ist immer noch vollständig aufgehoben. Die Reaktion des rechten Auges auf Berührung ist zwar dem linken gegenüber noch etwas, aber wesentlich weniger als vor zwei Wochen herabgesetzt.

Es wird jetzt der rechte Stirnlappen um den Sule. praec. freigelegt und gereizt. Schon bei 120 mm Rollenabstand erfolgt an der empfindlichsten Stelle des Stirnlappens ein deutlicher Ausschlag. Insbesondere ist die Bewegung nach aussen und oben gut ausgesprochen. Unterhalb des Sule. front. erfolgt bei Reizung fast gar keine Reaktion. In der Verlängerung dieses Sule. dicht vor dem Sule. praec., also bei Reizung von *a*, weniger von *c*, gehen die Augen nach links und oben. Bei *b* ist die Bewegung nach links und oben noch deutlicher, desgleichen gehen die Augen bei Reizung von *d q* und *r* nach links und oben. Bei Reizung von *l m n k f<sub>1</sub> e* erfolgt eine fast reine Bewegung nach links, von *t u v x y z* kommt es gewöhnlich zu einer Bewegung nach links und gleichzeitig oft nach unten. Mit letzterer Bewegung verbindet sich in der Regel eine Kopfbewegung nach links und eine Lidhebung. Bei *x* und *t* findet mitunter eine reine Lidhebung bzw. noch eine Kopfbewegung nach links statt, ohne dass sich an den Augen eine Bewegung bemerkbar macht. Wenngleich die Reizung der unmittelbar hinter dem Querast des Sule. praec. gelegenen Partie mit einer Bewegung der Augen nach aussen und oben anspricht, so sieht man gleichzeitig, namentlich bei etwas stärkeren Strömen, regelmässige Bewegungen an der Nase und an den Lippen auftreten. Eine Lidschlussbewegung findet von dieser Stelle aus nicht statt.

Exstirpation der gereizten Partie.

28. II. Der Affe sitzt mit gebeugtem Kopf, ist etwas somnolent und scheint blind zu sein. Die Augen stehen gerade. Eine ihm in den Mund geschobene Rübe wird gefressen.

29. II. Der Affe ist entschieden blind. Bei intensiver Belichtung

erfolgt, abgesehen von einer tadellosen Pupillenreaktion, keine Spur von Abwehrbewegung seitens des Affen. Derselbe hat ein stumpfsinniges Aussehen und bewegt sich fast gar nicht, setzt aber jeder Berührung starken Widerstand entgegen. Die Augen stehen gerade, mitunter befindet sich das linke Auge in leichter Konvergenzstellung. Manchmal weichen beide Augen vorübergehend nach links ab. Die Empfindlichkeit beider Augen zeigt sich auf Berührung herabgesetzt, ist aber links besser, wie rechts.

2. III. Der Affe ist zwar heute ziemlich munter, sitzt aber immer mit gebeugtem Rumpf und Kopf, obgleich er diesen gut bewegen kann und auch zeitweise spontan bewegt. Die Augen sind meist nach links abgewichen, gehen aber öfters in die Primärstellung zurück.

3. III. Die Augen stehen heute beide geradeaus, sie werden gut nach rechts bis zur äussersten Grenze bewegt. Der Affe ist nach wie vor stockblind. Die Reaktion beider Augen für Berührung erscheint fast normal. Ein Unterschied zwischen beiden ist kaum noch wahrzunehmen.

6. III. Der Affe ist immer noch blind. Er orientiert sich im Käfig nur durch das Tastgefühl. Eine vor die Augen gehaltene Rübe wird nicht gesehen, aber sofort gefressen, sobald sie das Maul berührt. Der linke Arm ist gut beweglich, der rechte noch immer stark paretisch.

9. III. Der Affe sieht heute etwas mit dem linken Auge. Eine vorgehaltene Mohrrübe sucht er mit der linken Hand zu erfassen, obgleich er meist vorbei, und zwar gewöhnlich darüber hinaus greift. Die Augen stehen normal.

12. III. Die Augen blicken geradeaus, bewegen sich aber oft nach links, ebenso wie nach rechts. Der Affe sieht jetzt ziemlich gut, obgleich er noch meist vorbeigreift. Die Reflexempfindlichkeit auf Berührung ist für beide Augen zwar der Norm gegenüber etwas herabgesetzt, aber auf beiden Seiten gleich.

17. III. Der Affe ist heute wesentlich matter, er sitzt meist ruhig mit gekrümmtem Rücken. Die Augen stehen parallel, weichen aber oft nach links ab.

19. III. Der Affe ist tot. Die Sektion ergibt, dass die gegenüber den beiden vorderen Trepanlöchern liegenden Gehirnpartien etwas prominieren. Die Exstirpationsstellen sind von einem Detritus und Blutgerinnsel bedeckt. Der Defekt umfasst beiderseits das ganze Gebiet innerhalb des Sulc. praec. bis zur Mitte des Sulc. front. dorsalwärts über den Querast des Sulc. praec. hinaus bis ungefähr 2—3 mm an die Mittellinie. Der linke Gyr. ang. fehlt bis auf die untersten Partien vollständig, desgleichen die vorderen zwei Drittel des Occipitallappens. Die Defekte reichen ungefähr 2 mm in die Tiefe, die darunter liegenden Schichten zeigen sich gleichfalls blutig erweicht (Taf. XIV, Fig. 2).

5. Mac. Cynom. 3. II. Blosslegung des linken Stirnlappens um den Sulc. praec., des linken Gyr. ang. und des linken Occipitallappens. Zunächst ist die Erregbarkeit des Gehirns nicht besonders deutlich ausgesprochen. Bei einem Rollenabstand von 110 mm erfolgt eine geringe Augenbewegung nur bei Reizung des Stirnlappens. Bald aber nimmt die Erregbarkeit zu, und es gelingt schon bei 120 mm Rollenabstand vom Stirnlappen, eine sehr

prompte Bewegung herbeizuführen, während dieselbe bei diesem Abstand vom Occipitallappen nur wenig, vom Gyr. ang. gar nicht zu erzielen ist. Bei 110 mm Abstand dagegen wird auch vom Occipitallappen eine sehr deutliche Augenbewegung ausgelöst, bei welcher Entfernung auch vom Gyr. ang. aus eine geringere Bewegung der Augen zu stande kommt. Eine genauere Prüfung der einzelnen Partien ergibt folgendes Resultat: Bei Reizung der vorderen Hälfte des Occipitallappens gehen die Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten, bei Reizung der hinteren Hälfte desselben nach der entgegengesetzten Seite und oben. Bei Reizung einer dazwischen gelegenen schmalen Partie wird dagegen nur eine reine Seitenbewegung beobachtet. Vom Gyr. ang. ist besonders die hintere Windung erregbar. Eine Reizung derselben führt zu einer Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten. Von der vorderen Windung zeigt sich nur der schmale Rand dicht hinter dem Sulc. interpariet. erregbar, bei stärkerer Reizung desselben gehen die Augen nach rechts und oben. Vom Stirnlappen ist besonders die Partie dicht vor dem Sulc. praec. und in der Verlängerung der Stirnfurche erregbar. Eine Reizung von *a* lässt die Augen gerade nach rechts, von *b* nach rechts und unten, von *c* nach rechts und oben gehen. Die Erregbarkeit von *c* ist grösser als von *b*, dagegen ist die Bewegung nach unten deutlicher, wie nach oben. Die Erregbarkeit ventralwärts vom Sulc. front. ist fast nur auf *e* und noch etwas auf *g* beschränkt, über den Sulc. front. dagegen erstreckt sich die Erregbarkeit bis zum sagittalen Ast des Sulc. praec. Die Augen gehen bei Reizung dieser ganzen Gegend, also bei *i f d k f<sub>1</sub> e* nach rechts und unten, ebenso bei *l m n*. Bei *t u v* gehen die Augen gewöhnlich nur nach der entgegengesetzten Seite. Von dieser Stelle und noch etwas darüber hinaus, also bei *x* und *y* kommt es dann auch öfters zu einer Lidspaltenerweiterung. Dagegen wird Lidschluss nur hinter dem Querast des Sulc. praec. bei *q r s* ausgelöst. Die Reizung von *t<sub>1</sub>* ergibt einmal deutlich, zweimal weniger deutlich eine Konvergenzstellung beider Augen.

Jetzt wird der linke Gyr. ang. und die vordere Hälfte des linken Occipitallappens exstirpiert. Die Erregbarkeit des Stirnlappens hat nach diesem Eingriff in keiner Weise gelitten, sie scheint eher noch etwas zugenommen zu haben. Nun folgt die Exstirpation der erregbaren Partie des linken Stirnlappens. Darauf drehen sich beide Augen stark nach links, auch der Kopf ist ein wenig nach links abgewichen.

7. II. Die Augen sind noch etwas nach links abgewichen, sie bewegen sich anscheinend nach rechts nicht über die Mittellinie hinaus. Bei Berührung des linken Lidrandes oder der linken Hornhaut erfolgt starkes Blinzeln bzw. Zukneifen der Lider und heftige Abwehrbewegung des Kopfes, während dieselbe Berührung auf dem rechten Auge nur eine ganz träge Lidbewegung zur Folge hat.

12. II. Der Affe ist völlig munter. Die Augen stehen gerade, bewegen sich öfters nach links, nie aber nach rechts über die Mittellinie hinaus. Der Affe dreht sich sehr häufig nach links um seine Längsachse und hält auch den Kopf etwas nach links. Die Empfindlichkeit des rechten Auges und seiner Umgebung hat zwar etwas zugenommen, ist aber immer noch herabgesetzt.

19. II. Der Kopf bewegt sich gut nach rechts, auch die Augen gehen jetzt mitunter, aber nur wenig, in die Rechtsstellung. Das Gesichtsfeld des rechten Auges ist in der temporalen Hälfte aufgehoben.

25. II. Der Affe ist ganz mobil, Kopf und Augen stehen normal und drehen sich prompt nach rechts. Der Gesichtsfelddefekt zeigt keine Änderung.

7. III. Der Affe ist bis auf die rechtsseitige Hemianopsie völlig normal. Die Empfindlichkeit des rechten Auges ist allerdings noch immer etwas herabgesetzt. Freilegung des rechten Gyr. ang. und Occipitallappens. Von beiden lassen sich durch Reizung die Augenbewegungen gleich gut auslösen. Vom Gyr. ang. aus findet allerdings nur eine reine Seitenbewegung oder eine solche mit Bewegung nach unten statt, vom Occipitallappen aber daneben noch eine ebenso gute Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben. Bei Reizung von 5 erfolgt eine prompte reine Seitenbewegung nach links. Vom Gyr. ang. zeigt sich ausser 5 noch die hintere Windung und die dicht vor der Schläfenfurche gelegene Partie allein erregbar. Der grössere Teil der vorderen Windung ist unerregbar. Am erregbarsten erweist sich die Stelle 1, die Reizung der darunter gelegenen Teile, also 10, 7, 3, 11, 4, 8 lässt die Bewegung nach unten und der entgegengesetzten Seite weniger deutlich zum Vorschein kommen, während dorsalwärts von 1 die Erregbarkeit sehr bald ganz aufhört. Bei Reizung des Occipitallappens gehen die Augen nach der entgegengesetzten Seite und oben, wenn die hintere Hälfte, nach links und unten, wenn die vordere Hälfte, und nur nach links, wenn die Mitte desselben gereizt wird. Die Erregbarkeit des Occipitallappens ist aber in den ventralsten Partien desselben nur sehr wenig ausgesprochen, sie ist hauptsächlich in den dorsalen und mittleren Schichten vorhanden.

Extirpation des Gyr. ang. und des Occipitallappens. Darauf erfolgt zunächst eine starke Déviation conjugée nach links, aber schon  $\frac{1}{2}$  Stunde später stehen die Augen gerade, um allerdings von Zeit zu Zeit wieder in extreme Linksstellung überzugehen.

9. III. Der Affe hat sich gut erholt und frisst gut, sitzt aber noch öfters mit gekrümmtem Rücken. Die Augen stehen gerade, er ist völlig blind. Der rechte Arm ist nach wie vor stark paretisch, der linke Arm, der ebenfalls leicht paretisch war, zeigt sich jetzt fast ganz intakt. Die Reflexempfindlichkeit für Berührung ist auf beiden Augen gleich und mässig herabgesetzt.

12. III. Der Affe nimmt häufig die Stellung mit gekrümmtem Rücken und mit nach abwärts gesenktem Kopfe ein.

17. III. Die Reflexempfindlichkeit für Berührung ist auf beiden Augen gleich und erscheint normal. Die Augen stehen gerade und bewegen sich gut nach allen Seiten, ohne dass der Affe sieht.

24. III. Freilegung des rechten Stirnlappens. Die Erregbarkeit desselben ist sehr gut; bei 120 mm Rollenabstand erfolgt eine prompte Augenbewegung, und zwar gehen die Augen bei *a* nur nach der entgegengesetzten Seite, bei *c*, weniger bei *g* und noch weniger bei *h* nach der entgegengesetzten Seite und oben, bei *b* und etwas bei *i* nach der entgegengesetzten Seite und unten. Bei *tuv* kommt es zu einer leichten Kopfbewegung, ohne dass sich an den Augen eine Veränderung der Stellung

bemerkbar macht. Die übrigen Partien des Stirnhirns sind für schwache Reize unerregbar.

Extirpation der erregbaren Stirnpartien: danach sind Kopf und Augen nach rechts gedreht. Der Affe liegt zusammengekauert.

25. III. Der Affe frisst nicht und sitzt mit gekrümmtem Rücken. Der rechte Arm ist wie früher ganz gelähmt, der linke etwas paretisch. Die Augen sind nach rechts abgewichen, bewegen sich mitunter nach links bis zur Mittellinie, aber nie über dieselbe nach links hinaus. Die Empfindlichkeit für Berührung ist auf beiden Augen etwas herabgesetzt, und zwar links noch mehr wie rechts.

27. III. Der Affe ist sehr matt, sitzt mit steif gekrümmtem Rücken und gebeugtem Kopf. Die Augen sind nach rechts abgewendet. Die Reflexempfindlichkeit der Augen ist für Berührung beiderseits herabgesetzt.

Das Tier wird zu einem andern Versuch benutzt und ist am nächsten Tage tot.

Die Ausdehnung der zerstörten Partien ist, wie die Sektion ergibt, folgende (Taf. XIV, Fig. 3): Links reicht der Defekt im Stirnlappen dorsalwärts bis an die Medianlinie, ventralwärts bis in die Nähe des unteren Randes des *Sule. praec.*, von dem sie nur 3 mm entfernt ist. Nach vorn umgreift der Defekt die Stirnwindungen bis zur Mitte des *Sule. front.*, nach hinten 1 mm über den Querast des *Sule. praec.* hinaus. Der Defekt ist nur oberflächlich gelegen und geht ungefähr  $1\frac{1}{2}$ —2 mm in die Tiefe. Auf der rechten Seite dagegen beträgt die Tiefe desselben im Stirnlappen ungefähr 4—5 mm. Der Defekt geht aber hier dorsalwärts nur bis zu dem sagittalen Ast des *Sule. praec.*, während er nach abwärts bis an das Ende dieses *Sule.*, nach vorne bis zur Mitte des *Sule. front.* und nach hinten  $1\frac{1}{2}$  mm caudalwärts vom *Sule. praec.* hinausreicht. Die Zerstörung umfaßt ferner die dorsalen zwei Drittel des linken *Gyr. ang.* und die vorderen drei Fünftel des linken Occipitallappens, von dem indes das ventrale Viertel intakt geblieben ist. Auf der rechten Seite ist der ganze *Gyr. ang.* und der Occipitallappen bis auf einen geringen Rest von ungefähr 2 mm Höhe am unteren Rande des letzteren entfernt. Die Zerstörung des *Gyr. ang.* und des Occipitallappens erreicht auf der linken Seite nur eine Tiefe von ungefähr 2 mm, auf der rechten Seite dagegen ist der Defekt am Rande ungefähr 3 mm, in der Mitte desselben bis zu 5 mm tief.

6. *Macae. Rhesus.* 17. II. Freilegung der hinteren Hälfte des linken Stirnlappens. Am erregbarsten erweist sich das kleine Gebiet, das in der Verlängerung des *Sulcus front.* unmittelbar vor dem *Sule. praec.* gelegen ist, also *abc*. Die Reizung desselben lässt die Augen nach rechts und oben gehen. Den gleichen Effekt, aber in etwas geringerer Masse, hat die Reizung von *h* und *g*. Das Gebiet *i* ist wenig erregbar, bei dessen Reizung erfolgt eine reine Seitenbewegung nach rechts. Bei Reizung von *i*<sub>1</sub> dagegen, noch deutlicher von *fd*, ferner *nopq* und *r* gehen die Augen nach rechts und unten. Der Rollenabstand, der für eine deutliche Auslösung dieser Bewegungen notwendig ist, beträgt 110 mm. Auf Reizung von *m* kommt es zu einer reinen Bewegung nach rechts und bei Reizung von *tt*<sub>1</sub> und *l* zu einer solchen nach rechts und oben.

Exstirpation der gereizten Partien. Der Affe ist sehr bald danach munter, aber leicht schrecksam. Er dreht sich langsam, aber ständig um seine Achse nach links. Die Augen stehen gerade. Wird seine Aufmerksamkeit erregt, so dreht er seine Augen sofort nach links, aber niemals nach rechts.

18. II. Der Affe ist vollkommen mobil, macht keine Drehbewegungen mehr. Mit zwei andern Macacen in einem Käfig zusammengesperrt, ist er von diesen kaum zu unterscheiden; nur eine leichte Schwellung der Gesichtshaut, besonders auf der linken Seite, ist zurückgeblieben. Er dreht jetzt sowohl den Kopf wie die Augen ebenso gut nach rechts wie nach links.

24. II. Das Ödem der Gesichtshaut ist völlig zurückgegangen, Kopf und Augen stehen gerade und drehen sich gut nach rechts und links.

27. II. Während der Nacht war die Wunde aufgegangen, das Gehirn hat sich infolgedessen stark abgekühlt. Der Affe ist moribund und wird getötet.

Die Sektion ergibt, dass die hintere Hälfte des linken Stirnhirns bis an den Querast des Sulc. praec., dorsalwärts fast bis an die Mittellinie und ventralwärts bis an das untere Ende des Sulcus praec. fehlt. Der Defekt geht bis zu 5 mm in die Tiefe.

7. Macac. Rhesus. 30. III. Freilegung der hinteren Hälften des linken und des rechten Stirnlappens. Die Erregbarkeit erscheint in diesem Falle etwas herabgesetzt, so dass bei einem Rollenabstand von 110 mm nur schwache und erst bei 100 mm deutliche Augenbewegungen jede Reizung begleiten. Zuerst wird der linke Stirnlappen gereizt. Es zeigt sich, dass die empfindlichsten Partien dicht vor dem Sulc. praec. in der Verlängerung des Sulc. front. gelegen sind, und zwar gehen bei *a* die Augen gerade nach der entgegengesetzten Seite, bei *b* nach der entgegengesetzten Seite und unten, bei *c* und *g* nach der entgegengesetzten Seite und oben; ebenso wie von *b* bzw. *cg* wirkt die Reizung von *i* und *h*, doch ist die Erregbarkeit an den letzteren Partien, *b* wie *c* und *g* gegenüber wesentlich herabgesetzt und hört vor und ebenso dorsalwärts von diesen Stellen sehr bald ganz auf. Dorsalwärts vom sagittalen Ast des Sulc. praec. nimmt die Erregbarkeit wieder zu, und zwar bewegen sich bei Reizung von *nmlo* gleichzeitig Augen und Kopf, bei *tuv* nur der Kopf nach der entgegengesetzten Seite. Auf der rechten Seite führt die Reizung von *geab* in völlig gleicher Weise zu einer Bewegung der Augen nach oben und links. Sonst ist der Effekt der Reizung auf der rechten Seite demjenigen auf der linken sehr ähnlich. Nur bei Reizung dorsalwärts vom Sulc. praec., also von *lmno*, kommt es neben den Bewegungen des Kopfes und der Augen nach links auch noch zu einer leichten Einstellung der letzteren nach unten.

Es wird jetzt nochmals der linke Stirnlappen gereizt. Hierbei zeigt sich, dass auch jede Reizung von *gea* und *b* immer mit einer Bewegung nach rechts und oben antwortet; sonst ist das Verhalten wie bei der ersten Reizung. Dorsalwärts vom Sulc. praec. kommt es allerdings auch links immer neben der Bewegung des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite zu einer leichten Einstellung der letzteren nach unten.

Setzt man je eine Elektrode an zwei identischen Punkten der erreg-



baren Stirnpartien auf, so tritt zunächst ein gleichmässiges Schwanken beider Augen ein, bis sie entweder in eine Links- oder Rechtsstellung bzw. Hoch- oder Tiefstellung übergehen. Dorsalwärts vom Sulc. front. kommt es bei Reizung die ersten Male zu einer extremen Stellung beider Augen nach aussen und unten, später aber von denselben Stellen zu einer solchen nach aussen und oben. Die Augen machen immer assoziierte Bewegungen, niemals wird eine Konvergenzbewegung beobachtet.

Exstirpation der empfindlichen Stirnpartien: darauf drehen sich anfangs beide Augen zunächst in äusserste Rechtsstellung, einige Minuten aber später stehen die Augen gerade. Ebenso ist der Affe, der sich anfangs im Kreise nach rechts dreht, sehr bald ganz ruhig.

2. IV. Das Gesicht des Affen ist mässig geschwollen, die Augen stehen gerade und bewegen sich gut nach rechts und links, desgleichen der Kopf. Der rechte Arm ist etwas paretisch. Der Affe frisst schlecht.

4. IV. Status idem. Der Affe befindet sich in besserer Verfassung und frisst gut.

7. IV. Der Affe sitzt heute mit gebeugtem Kopfe und frisst schlecht. Die Augen stehen gerade und bewegen sich normal.

8. IV. Freilegung des Gyr. ang. und der vorderen Partie des Occipitallappens auf beiden Seiten. Die Erregbarkeit für Augenbewegungen stellt sich bei diesen Partien erst bei einem Rollenabstand von 80 mm ein und ist beim Occipitallappen besser als beim Gyr. ang. Von letzterem ist nur die hintere Windung und die unmittelbar vor der Schläfenfurche gelegene Randpartie erregbar. Auf eine Reizung dieser Abschnitte stellen sich die Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten ein. Besser kommt diese Bewegung zum Vorschein bei Reizung der vorderen Schichten des Occipitallappens. Eine Bewegung nach aussen oben ist vom Gyr. ang. überhaupt nicht zu erzielen.

Es wird noch eine Durchschneidung in der Sagittallinie zwischen beiden vorderen Vierhügeln vorgenommen, nach welcher Operation der Affe bald zugrunde geht.

Die Sektion ergibt, dass die Verletzung rechts dorsalwärts bis an die Medianlinie herangeht, nach vorne nur den hintersten Abschnitt des Sulc. front. umfasst, nach unten und hinten die dicht hinter dem Sulc. praeec. gelegenen Partien ergriffen hat, und weiter nach abwärts sogar bis in die Nähe des ventralen Endes des Sulc. Rolandi gedrungen ist. Links erweist sich nur der für Augenbewegungen besonders empfindliche Gehirnteil exstirpiert, also der innerhalb des Sulc. praeec. gelegene Abschnitt, soweit er im Bereich des hinteren Drittels des Sulc. front. sich befindet. Die Defekte zeigen beiderseits eine Tiefe von 3—5 mm und sind mit Blutgerinnseln ausgefüllt, sie erscheinen etwas prominent. Die darunter liegenden Hirnpartien sind bis zu einer Tiefe von 1—2 mm blutig erweicht (Taf. XIV, Fig. 4).

8. Macac. Rhesus. Freilegung des linken Gyr. ang. Die Reizung ergibt bei 90 mm Rollenabstand ganz minimale, bei 80 mm bessere Bewegungen, aber bei 70 mm Abstand erst einen sehr deutlichen Anschlag. Die Hauptbewegung, die sich bei Reizung des Gyr. ang. einstellt, ist die nach aussen und unten, während die Bewegung nach aussen und oben nur selten auf-

tritt und nach kurzer Prüfung wieder schwindet, so dass man erst längere Zeit warten muss, um sie wieder durch Reizung zum Vorschein zu bringen. Das Gebiet, von dem diese Bewegung ausgelöst werden kann, ist nur ein eng begrenztes, es ist unmittelbar hinter dem Sulc. interpariet. gelegen und beschränkt sich auf die Stellen 16 und 17. Was den übrigen wesentlich umfangreicheren Teil des Gyr. ang. anbetrifft, so kommt es bei Reizung von 5 zu einer reinen Seitenbewegung nach rechts. Die Stelle 1 dagegen erweist sich am erregbarsten für die Bewegungen nach aussen unten. Von 1 aus nimmt die Erregbarkeit nach oben und unten allmählich ab; auch kommt es, je mehr die Reizung sich der Stelle 5 nähert, immer mehr zu einer reinen Seitenbewegung nach rechts. Unterhalb von 5, 11 und 4 erweist sich der Gyr. ang. fast ganz unerregbar. Im allgemeinen ist der Gyr. ang. unterhalb von 1, also in den Partien 10, 3, 8, 11, 4 erregbarer, als über 1 in den Partien 9, 2, 6. Von allen diesen Stellen kommt es bei Reizung zu einer mehr oder weniger ausgesprochenen Bewegung nach aussen und unten. Befinden sich aber die Augen schon in Aussenstellung, und wird dann die Reizung vorgenommen, so machen die Augen nur eine energische Bewegung nach unten.

Exstirpation des Gyr. ang. nach umfangreicher Abbindung der grösseren Cortexvenen. Die Blutung ist sehr geringfügig.

Zunächst zeigt sich eine leichte *Déviation conjugée* nach links, die aber schon nach fünf Minuten geschwunden ist.

21. II. Der Affe ist heute recht matt und hält den Kopf gesenkt. Die Augen sind geschlossen und öffnen sich nur zeitweise, stehen aber gerade. Bei Berührung der Lider und des Auges zeigt sich zwischen beiden Seiten ein auffallender Unterschied. Ist die Berührung leicht, so bleibt sie auf der rechten Seite ohne jede Reaktion, dagegen kommt es links immer zu einem lebhaften Blinzeln. Bei stärkerer Berührung werden rechts nur träge Lidbewegungen, links dagegen wird unter gleichen Umständen ein sehr kräftiger Lidschluss ausgelöst.

22. II. Der Affe ist tot.

Die Sektion ergibt, dass der ganze linke Gyr. ang. bis auf eine kleine vordere untere Spitze ausgeschält ist. Der Defekt ist am Rande 2 mm, in der Mitte etwa 5 mm tief. Die Basis desselben ist mit Blut bedeckt (Taf. XIV, Fig. 5).

9. Macac. Rhesus. 24. II. Freilegung des linken Gyr. ang. und des linken Occipitallappens. Die Reizung des Gyr. ang. ergibt bei einem Rollenabstand von 90 mm eine zwar deutliche, aber nur träge Bewegung der Augen, bei 80 mm Abstand dagegen ist die Bewegung immer eine sehr prompte. Vom Gyr. ang. ist vorzugsweise eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und eine solche nach der entgegengesetzten Seite und unten auszulösen, während die Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben nur an einen ganz kleinen Bezirk, nämlich wie im vorigen Falle, an die Partie 16, 17 gebunden ist und von dieser auch nur mit stärkeren Strömen hervorgerufen werden kann. Ausser diesem kleinen Bezirk bleibt eine Reizung der vorderen Windung des Gyr. ang. gewöhnlich ohne Effekt. Die hintere Windung reagiert auf Reizung entweder mit einer Bewegung

nach der entgegengesetzten Seite oder mit einer solchen nach der entgegengesetzten Seite und unten. Als die empfindlichste Stelle für letztere erweist sich, wie im vorigen Falle, die Partie 1, für erstere die Partie 5. Dorsalwärts und ventralwärts von 1 nimmt die Erregbarkeit allmählich ab.

Eine grössere Empfindlichkeit als der Gyr. ang. besitzt für den elektrischen Reiz der Occipitallappen. Die Erregbarkeit desselben ist fast an allen Stellen gleich. In der vorderen Hälfte des Occipitallappens führt eine Reizung zu einer Einstellung der Augen nach der gekreuzten Seite und unten, in der hinteren nach der gekreuzten Seite und oben. In der Mitte zwischen beiden Hälften befindet sich ein schmaler Rindenstreifen, dessen Reizung eine reine Seitenbewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite ergibt.

Exstirpation des linken Gyr. ang. und des linken Occipitallappens. Danach tritt eine deutliche *Déviation conjuguée* nach links ein.

25. II. Augen und Kopf stehen gerade und bewegen sich gut nach links und rechts. Es ist eine deutliche rechtsseitige Hemianopsie vorhanden.

Der Affe befindet sich in den nächsten acht Tagen bis auf seine Hemianopsie vollkommen wohl, dann fängt die Hirnwunde zu eitern an, und der Affe geht an einer eitrigen Meningitis am 3. III. zugrunde.

Die Sektion ergibt (Taf. XIV, Fig. 6), dass der linke Gyr. ang. und der linke Occipitallappen fast vollkommen ausgeschält sind. Während die hintere Hälfte des Occipitallappens gänzlich fehlt, erstreckt sich der Defekt über den ganzen Gyr. ang. und die vordere Hälfte des Hinterhauptlappens bis zu einer Tiefe von 5 mm.

10. *Macac. Rhesus*. 2, IV. Freilegung der hinteren Hälften beider Stirnlappen und Reizung derselben erst rechts, dann links. Die Erregbarkeit ist zunächst etwas herabgesetzt, nimmt aber allmählich zu, so dass bei einem Rollenabstand von 110 mm ein deutlicher Effekt notiert wird. Bei *e*, etwas weniger bei *g* kommt es zu einer prompten Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben, bei *a* zu einer solchen nur nach der entgegengesetzten Seite und bei *b* und *d* zu einer schwächeren Bewegung nach aussen unten. Deutlicher ist die Bewegung nach aussen unten bei Reizung von *o* und *p*. Bei *u* und *v* führt die Reizung zu einer Bewegung der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite. Auf der linken Seite ist das Resultat das gleiche, der Effekt vielleicht noch deutlicher, d. h. bei Reizung von *a* gehen die Augen nach rechts, bei *b* und *d* nach rechts und etwas nach unten, bei *m* und *n*, ebenso bei *p* nur nach rechts, bei *t u v* nach rechts und ausserdem gleichzeitig auch der Kopf nach rechts. Bei *x<sub>1</sub>* *x* und *y* kommt es zu einer Kopfbewegung und zu einer Bewegung des Ohrs nach vorne.

Nun wird nochmals der rechte Stirnlappen gereizt. Die Reizung von *e*, ebenso aber von *a* und *b* ergibt jetzt fast durchweg eine Bewegung nach aussen oben. Bei *m n o* gehen die Augen nach links und nur bei *p* nach aussen und unten.

Nochmals Reizung des linken Stirnlappens. Auch hier kommt es jetzt bei Reizung von *e a b*, etwas weniger deutlich von *d* und *e* zu einer aus-

gesprochenen Bewegung nach rechts und oben und nur von  $o$  und  $p$  löst jetzt die Reizung eine Bewegung nach aussen unten aus. Bei  $p$  und  $q$  führt übrigens ein stärkerer Reiz prompten Lidschluss herbei, desgleichen bei  $p_1$   $q_1$  und  $r$ .

Werden beide Elektroden auf identische Punkte der Rinde aufgesetzt, so pendeln gewöhnlich zunächst beide Augen nach rechts und links, um schliesslich eine extreme Stellung nach der Seite und gleichzeitig nach oben oder unten einzunehmen je nach dem Orte der Reizung. Die Einstellung nach oben und unten verhält sich hierbei wie am Anfang der Prüfung, d. h. bei  $e$  und  $g$  kommt es neben der Seitenstellung zu einer solchen nach oben, bei  $b$  zu einer solchen nach unten und bei  $a$  zu einer reinen Seitenstellung. Deutlicher ist die Stellung nach der Seite und unten bei Reizung von  $o$  und  $p$ . Bei  $m$  und  $n$  tritt wieder reine Seitenstellung ein, bei  $u$  und  $v$  Seitenstellung der Augen, verbunden mit einer solchen des Kopfes. Was die Hauptrichtung anbetrifft, in welche sich bei gleichzeitiger Reizung beider Stirnlappen schliesslich die Augen einstellen, so wird in erster Linie die Linksstellung bevorzugt, ohgleich nach vorhergehendem Schwanken die Augen auch mitunter in Rechtsstellung verharren.

#### Exstirpation beider Stirnpartien.

3. IV. Der Affe ist sehr matt. Die Augen stehen gerade und bewegen sich gut nach rechts und links. Mitunter tritt ein leichtes Schwanken der Augen nach beiden Seiten auf.

4. IV. Der Affe wird tot aufgefunden. Sektion: Links reicht der Defekt dorsalwärts über den Sulc. praec. hinaus, ventralwärts bis an das Ende desselben, nach hinten bis zur Mitte zwischen Sulc. Rolandi und Sulc. praec. Der Defekt umfasst die hinteren zwei Fünftel des Stirnlappens und ist ungefähr 2—3 mm tief. Rechts erstreckt sich der Defekt bis 2 mm an die Medianlinie, nach vorne bis über das hintere Viertel des Sulc. front. und caudalwärts bis an die untere Partie des Sulc. Rolandi; er ist hier 3 mm tief (Taf. XIV, Fig. 7).

11. Macac. Rhesus. 22. V. Freilegung des linken und rechten Gyr. ang. und der vorderen Partien des rechten Occipitallappens. Zunächst ergibt die Reizung des linken Stirnlappens bei einem Rollenabstand von 70 mm nur ganz geringe Augenbewegungen, bald aber nimmt die Erregbarkeit zu, und man kann dann bei einem Abstand der Rollen von 90 mm schon eine deutliche Augenbewegung konstatieren, wobei mitunter die Bewegung des gekreuzten Auges besonders deutlich ist. Die Prüfung wird bei 80 mm Abstand vorgenommen. Vom linken Gyr. ang. erweist sich die Stelle 1 am empfindlichsten. Die Reizung desselben lässt die Augen prompt nach unten und etwas nach rechts gehen. Die Erregbarkeit nimmt dorsalwärts und ventralwärts von 1 allmählich ab. Bei Reizung dieser Abschnitte kommt es auch mehr zu einer reinen Seitenbewegung, während die Augenbewegung nach abwärts weniger deutlich ist. Zu einer ausgesprochenen reinen Seitenbewegung kommt es bei Reizung von 11 und 4, dagegen fällt der Effekt der Reizung von 5 wesentlich schwächer aus; auch hier kommt es mitunter zu einer leichten Einstellung der Augen nach rechts, öfters aber wird dieselbe

vermisst. Die Reizung der vorderen Windung des Gyr. ang. führt gleichfalls zu einer leichten Bewegung der Augen nach aussen und unten, doch ist die Erregbarkeit dieses Abschnittes, der hinteren Windung gegenüber wesentlich herabgesetzt. Bei Reizung von 15, 16, 17, 18 wird überhaupt keine Bewegung beobachtet. Es findet also auch keine solche nach rechts und oben statt, ebenso bleibt auch die Reizung des vorderen Occipitalrandes ohne jeden Effekt.

Reizung des rechten Gyr. ang. und der rechten vorderen Occipitalpartien. Das Resultat ist genau dasselbe wie links, also, was besonders auffällt, auch auf dieser Seite bleibt die Reizung des vorderen Occipitalrandes, wie des ganzen vorderen Drittels des Occipitallappens, negativ. Inzwischen (die Reizung hatte schon längere Zeit in Anspruch genommen) kommt es zu einer energischen Konvergenzstellung der Augen mit Pupillenverengung. Während dieser gelingt es nicht, von irgend einem Punkte des Gyr. ang. eine Augenbewegung herbeizuführen. Auch ein vorübergehend auftretender Nystagmus verticalis wird beobachtet.

Exstirpation des linken Gyr. ang. und nochmals Reizung des rechten Gyr. ang. Das Resultat ist das gleiche wie vor der Exstirpation, vielleicht noch etwas deutlicher ausgesprochen. Sehr bald kommt es dann zu einer *Déviation conjuguée* nach links. Nun wird der rechte Gyr. ang. und das vordere Drittel des Occipitallappens exstirpiert. Darauf entsteht ein Nystagmus verticalis, der aber bald schwindet. Die Augen stehen gerade, drehen sich aber mitunter nach links. Der Affe folgt mit beiden Augen gut nach rechts und links.

26. V. Der Affe ist schon seit einigen Tagen vollkommen munter. Der rechte Arm ist leicht paretisch; der Affe greift nur selten und ungern mit demselben und bevorzugt hauptsächlich den linken Arm, obgleich auch die rechte Hand die Gegenstände gut halten und fassen kann. Greift der Affe mit der Rechten, so geht dieselbe gewöhnlich über das zu fassende Stück hinaus, so dass nicht die Finger, sondern die Handfläche auf dasselbe zu liegen kommt. Die Augen stehen gerade und bewegen sich gut nach links, ebenso der Kopf. Ob auch die Augen nach rechts gehen, kann heute nicht festgestellt werden.

27. V. Der rechte Arm ist immer noch etwas paretisch. Wenn man die Hand dieses Armes fasst, so kann man eine sehr gute Beweglichkeit der Finger konstatieren, trotzdem greift der Affe, wenn man ihm einen Gegenstand vorhält, über denselben hinaus oder an demselben vorbei, die Linke dagegen fasst immer richtig zu.

15. VI. Der Affe greift in den letzten Tagen auch mit der rechten Hand die Gegenstände richtig, allerdings tut er dies nur ungern. Falls man ihn dazu zwingt, so sucht er den Gegenstand wieder mit dem Maul, und zwar auch richtig zu erfassen. Um den Affen zu zwingen, den rechten Arm beim Fassen unbenutzt zu lassen, wird dieser durch feste Bandagen am Thorax fixiert. Die Augen stehen gerade und bewegen sich gut nach allen Seiten.

22. VI. Obgleich die rechte Haut noch etwas paretisch ist, greift der Affe jetzt gut und stets richtig mit beiden Händen. Die Augen stehen gerade und bewegen sich gut nach allen Seiten.

Links Freilegung der hinteren Hälfte des Stirnlappens. Die Erregbarkeit ist gegen die Norm etwas herabgesetzt. Bei einem Rollenabstand von 110 mm kommt es zu geringen, und erst bei einem Abstand von 100 mm zu deutlichen Augenbewegungen. Die Bewegungen finden fast nur nach rechts und rechts oben statt, während die Bewegungen nach rechts unten sehr wenig in Erscheinung treten. Die erregbarste Partie für die Bewegungen nach rechts oben befindet sich in *a* und *b*, während dieselbe Bewegung von *i* weniger deutlich und noch schwächer von *f* *d* und *e* ausgelöst wird. Bei *k* und *f*<sub>1</sub> kommt es, aber in der Regel nur bei stärkeren Strömen (Rollenabstand 90—80 mm), zu einer Bewegung nach aussen unten, bei *n o* ist diese Bewegung leichter auszulösen (Rollenabstand 100 mm). Bei *c* kommt es mit schwächeren Strömen (Rollenabstand 110 mm) zu einer Bewegung nach der gekreuzten Seite und oben, doch tritt hierbei die Seitenstellung besonders deutlich zutage, während bei *l m n* die Reizung bei einem Abstand von 90 mm deutliche Bewegungen nach rechts unten mit leichten Kopfbewegungen nach rechts zur Folge hat. Letztere Wirkung erzielt in der Regel auch die Reizung von *k* und *f*<sub>1</sub>. Weiter dorsalwärts, also bei *t u v* und namentlich *x y z* nehmen die Augenbewegungen immer mehr ab, und es treten bei Reizung dieser Partien reine Kopfbewegungen auf. Auffallend ist also in diesem Falle, dass die Reizung von *a* und *b* deutliche Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite und oben auslöst, und dass diese Bewegung, auch nachdem die Reizung längere Zeit fortgesetzt wird, immer deutlich zu stande kommt.

Exstirpation der gereizten Partien; danach Einstellung des Kopfes und der Augen nach links. Vorher schon bei Blosslegung der Hirnrinde war es zu einem Nystagmus verticalis gekommen, der sich erst legte, nachdem das Tier in tiefe Narkose versetzt war. Unmittelbar nach der Exstirpation dreht sich der Affe im Kreise nach links, welche Bewegung aber  $\frac{1}{2}$  Stunde später aufhört.

Der Affe ist am nächsten Tage tot. Die Sektion ergibt, dass die Rinde des Gyr. ang. beiderseits bis zu einer Tiefe von 2 mm vollständig ausgelöst ist. Links geht der Defekt bis in den Gyr. postcentral. hinein und berührt nach hinten die vorderen Randpartien des Occipitallappens, während rechts die Exstirpation nach vorne genau am Sulc. interpariet. abschneidet, nach hinten sich noch auf das vordere Drittel des Occipitallappens ausdehnt. Die Grenzen des Stirnhirndefekts reichen nach vorn bis zur Mitte des Sulc. front., nach hinten bis zum Sulc. praec., dorsalwärts bis 2 mm an die Medianlinie heran und ventralwärts bis 3 mm vom unteren Ende des Sulc. praec. Die Tiefe des vorderen Defekts beträgt ungefähr 3 mm (Taf. XIV, Fig. 8).

12. Macac. Rhesus. 27. V. Excision der ganzen linken vorderen Sehne und der vordersten Schichten des Musculus abducens, worauf ein sehr deutlicher Strabismus convergens des rechten Auges auftritt. Reicht man dem Affen nun einen Gegenstand, z. B. eine Rübe, so greift er mit der linken Hand nach demselben immer richtig, während die rechte den Gegenstand auch meistens richtig erfasst, mitunter aber an demselben vorbeigreift. Diese Unsicherheit der rechten Hand verliert sich aber allmählich.

29. V. Der Affe greift jetzt mit der linken sowohl als auch mit der rechten Hand immer richtig. Freilegung des linken vorderen Stirnhirns in den hinteren Partien. Zunächst ist die Erregbarkeit auf beiden Seiten eine geringe, es gelingt erst bei 90 mm Rollenabstand leichte Augenbewegungen durch Reizung hervorzurufen. Dann aber nimmt die Erregbarkeit sehr bald zu, und man kann nun beobachten, dass jeder elektrische Reiz bei einem Abstand von 110 mm deutliche Augenbewegungen von den erregbaren Partien des Stirnhirns auslöst. Die genaue Prüfung ergibt für die linke und rechte Seite folgendes Resultat: Bei *h* und *g* erfolgt keine, bei *c* eine ganz schwache Bewegung nach der entgegengesetzten Seite; bei *a* gehen die Augen nach aussen oben, desgleichen, aber etwas weniger deutlich bei *i f* und *d*. Dahingegen stellen sich bei Reizung von *h f*<sub>1</sub> und *e* die Augen nach der entgegengesetzten Seite und etwas nach unten bei *l m* und *o* prompt nach der entgegengesetzten Seite und unten ein. Eine Reizung von *t u v* führt gleichzeitig zu einer Bewegung der Augen wie des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite und unten. Bei *x y z* kommt es zu reinen Kopfbewegungen nach der gekreuzten Seite. Bei stärkeren Reizen, die *x* und *x*<sub>1</sub> treffen, werden mit den Kopfbewegungen auch Bewegungen des entgegengesetzten Ohrs ausgelöst, wobei gewöhnlich auch Bewegungen der Rumpfmuskulatur (Hebung im Kreuz) notiert werden. Die Reizung von *p q* und *r* führt zum Lidschluss, während die Reizung dorsalwärts vom sagittalen Ast des Sulc. praec. neben den Bewegungen nach aussen unten sehr oft mit einer deutlichen Lidspaltenerweiterung verbunden ist. Nach längerer Prüfung, als sich bei dem Tier schon eine gewisse Erschöpfung bemerkbar macht, kann man feststellen, dass eine Reizung von *f*<sub>1</sub> und *e* nicht mehr mit einer Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und unten, sondern mit einer solchen nach der entgegengesetzten Seite und oben reagiert.

Was nun im besonderen das Verhältnis in den Bewegungen beider Augen zueinander betrifft, so zeigt es sich, dass diese auf der rechten Seite im allgemeinen sehr wenig ausgesprochen sind. Das bezieht sich nicht nur auf die reinen Seitenbewegungen, sondern auch auf die Bewegungen nach oben und unten. Das rechte Auge macht überhaupt nur ganz kleine zuckende Bewegungen, und nur, wenn am linken Auge sich ein sehr energischer Ausschlag nach oben oder unten bemerkbar macht, sieht man auch das rechte eine etwas deutlichere Bewegung ausführen.

Exstirpation der gereizten Partien auf beiden Seiten. Danach stösst der Affe, aus der Narkose erwacht, ständig mit der Stirn gegen das Gitter seines Käfigs. Die Augen stehen bis auf die vorhandene Schielstellung völlig gerade.

31. V. Der Affe reagiert auf nichts, frisst nichts und sitzt in apathischer Weise da, den Kopf gegen das Gitter gestemmt. Der gleiche Zustand ist noch am nächsten Tage vorhanden, am 2. VI. ist der Affe tot.

Links umfasst die Exstirpation, bzw. der blutige Zerfall des Gehirns, wie die Sektion ergibt, fast den ganzen Stirnlappen; der Defekt reicht nach vorn bis in die Nähe des vorderen Gehirnrandes, dorsalwärts bis an die Mittellinie, ventralwärts bis an den untern Rand des Sulc. praec. Rechts ist die hintere Hälfte des Stirnlappens, soweit sie im Bereich des Quer-

astes des Sulc. praec. liegt, und dorsalwärts bis an die Mittellinie, völlig ausgeschält. Der Defekt reicht links 3, rechts 2 mm in die Tiefe (Taf. XV, Fig. 9).

13. Macac. Rhesus. 11. VI. Rechts Excision der Sehne und der vordersten Muskelschichten, sowohl des M. abduc. wie des M. internus. Zunächst ist ein starker Strabismus conv. vorhanden, der allmählich wieder zurückgeht, so dass schliesslich nur ein leichter Strabismus converg. des rechten Auges bestehen bleibt. Am nächsten Tage, nachdem die durch diesen Eingriff bedingte leichte Reizung und Lidschwellung sich gelegt hat, und der Affe völlig munter geworden ist, kann man feststellen, dass derselbe trotz seines Schielens absolut sicher mit jeder Hand greift und niemals einen vorgehaltenen Gegenstand verfehlt.

Freilegung beider hinterer Stirnhälften und Reizung derselben. Dieselbe stellt schon bei einem Abstand von 110 mm deutlichen Ausschlag der Augen fest. Links ergibt die Stirnreizung folgendes Resultat: Bei *c* kommt es zu einer Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben, bei *a* und *b* ist die Bewegung die gleiche, doch ist hier die Bewegung nach oben weniger deutlich ausgesprochen, ebenso bei *i*; bei *f* und *d* ruft die Reizung eine Bewegung nur nach der entgegengesetzten Seite und sehr wenig nach oben, bei *k* *f*<sub>1</sub> und *e* eine reine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite hervor. Die Reizung von *l* *m* und *n* löst eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und etwas nach unten aus; deutlicher wird diese Bewegung bei Reizung von *o* und *p*. Schon bei Reizung von *l* *m* und *n* macht sich mit der Augenbewegung eine leichte Bewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite bemerkbar, bei Reizung von *t* *u* *v* kommt es zu einer deutlichen Bewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite wie der Augen nach dieser Seite und unten. Noch deutlicher tritt die Kopfbewegung nach der entgegengesetzten Seite hervor bei Reizung von *x* *y* *z*, während nur eine ganz geringe Bewegung der Augen in dem eben bezeichneten Sinne hierbei zu konstatieren ist. Mit den Kopfbewegungen kann man bei Reizung der letztgenannten Partie häufig, aber immer nur bei stärkeren Strömen, nicht selten eine Bewegung des Ohres nach vorne wie der ganzen Kopfhaut auf der entgegengesetzten Seite wahrnehmen. Bei Reizung von *w* wird gleichzeitig mit den Ohrbewegungen der Kopf etwas nach hinten gezogen. Die Bewegungen des rechten Auges sind in der Horizontalrichtung nur sehr minimal, aber auch in der Vertikalachse äusserst geringfügig. Niemals sind die Bewegungen nach oben und unten auf dem rechten Auge so deutlich wie auf dem linken ausgesprochen.

Die Reizung des rechten Stirnlappens ergibt fast ganz genau das gleiche Resultat, wie diejenige des linken. Bei Reizung von *c* *a* und *b* gehen die Augen nach der gekreuzten Seite und oben, von *l* *m* *n* und *o* nach der gekreuzten Seite und unten. Aber die Bewegung nach unten ist bald erschöpft und man sieht dann die Augen bei Reizung dieser Punkte sich nur nach der entgegengesetzten Seite einstellen. Bei *t* *u* *v* kommt es zu Bewegungen des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten, bei *x* *y* *z* vornehmlich zu Bewegungen des Kopfes, weniger der Augen, bei *x*<sub>1</sub> zu Bewegungen des Kopfes mit solchen des Ohres und der Haut, bei *w* und dorsalwärts von *w* zu Be-



wegungen des Kopfes nach hinten. Die Reizung von *r* und *s* löst Bewegungen im Gebiete des Facialis aus.

Exstirpation beider hinterer Stirnhälften. Der Affe hat sich bald erholt und ist nach zwei Tagen völlig munter. Als auffallende Erscheinung ist eine leichte Erweiterung der linken Pupille zu konstatieren. Kopf und Augen stehen bis auf die vorhandene Konvergenz des rechten Auges, die genau den Charakter wie vor der Exstirpation besitzt, gerade und bewegen sich ausgezeichnet nach allen Richtungen. Der Affe greift vorzüglich, sowohl mit der rechten wie mit der linken Hand und fehlt niemals, obgleich er erstere bevorzugt. Ob diese Erscheinung auf eine leichte Parese der linken Hand zurückzuführen ist, lässt sich nicht feststellen. Dieser Befund wird drei Wochen lang täglich in gleicher Weise beobachtet.

3. VII. Freilegung des linken Gyr. ang. und Reizung desselben. Schon bei einem R. A. von 100 mm sind leichte Bewegungen der Augen zu beobachten, bei 90 mm treten dieselben sehr deutlich in Erscheinung. Am erregbarsten ist der Bezirk 1, dessen Reizung eine Bewegung nach rechts und unten ergibt; etwas weniger deutlich, aber auch noch sehr prompt, und zwar im gleichen Sinne, reagieren die unterhalb von 1 gelegenen Bezirke 10, 7, 3, 11, 8 und 4, während die untersten Partien des Gyr. ang. für leichte Reize wieder unerregbar sind. Die Erregbarkeit dorsalwärts von 1 nimmt sehr schnell ab, so dass eine Reizung von 2 gewöhnlich ohne Effekt bleibt. Wesentlich weniger erregbar, als die hintere Windung, ist die vordere Windung des Gyr. ang. Doch gehen auch bei Reizung von 12, 13, 14 die Augen etwas nach der entgegengesetzten Seite und unten, während die Reizung von 5 eine deutliche Bewegung der Augen nur nach der entgegengesetzten Seite ergibt. Immerhin besitzt der Bezirk 5 eine etwas geringere Erregbarkeit, als der Bezirk 1. Beim Beginn der Untersuchung konnte man von 15, 16 und 17 eine leichte Bewegung nach rechts und oben auslösen, nach einiger Zeit ist aber diese Bewegung erschöpft, und die genannten Partien werden unerregbar. Noch deutlicher und prompter als vom Gyr. ang. gehen die Augen nach rechts und unten bei Reizung von  $\gamma \delta \varepsilon \zeta \eta$ . Nachdem das Tier längere Zeit geprüft ist, kommt es bei Reizung der hinteren Windung des Gyr. ang. sowohl wie der vorderen Occipitalpartien zu einer Bewegung der Augen nur nach der entgegengesetzten Seite oder nach dieser und zugleich etwas nach oben; es scheint somit, als ob die Bewegung nach unten erschöpft ist. Sobald aber das Tier sich wieder erholt hat, erzielt die Reizung genau das frühere Resultat, d. h. die Augen gehen bei Reizung der hinteren Windung des Gyr. ang. wie der vorderen Occipitalhälfte nach der entgegengesetzten Seite und unten.

Das rechte Auge macht bei Rindenreizung nur selten ganz geringe zuckende Bewegungen, gewöhnlich bleibt es in der ursprünglichen Konvergenzstellung stehen; nur bei sehr starken Bewegungen des linken Auges führt auch das rechte eine sehr geringe träge Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und unten aus.

Exstirpation des linken Gyr. ang. und der vorderen Partien des linken Occipitallappens. Danach gehen die Augen in ausgesprochene Linksstellung über, aber schon eine Viertelstunde später wird wieder die ursprüngliche

Stellung eingenommen, d. h. das linke Auge befindet sich in Primär-, das rechte in leichter Konvergenzstellung. Beim Blick in der Nähe stehen aber beide Augen gut ein.

6. VII. Der Affe ist nach der Operation sehr bald wieder vollständig mobil, frisst gut und klettert lebhaft in seinem Käfig herum. Er greift vorgehaltene Gegenstände immer richtig. Die Stellung der Augen und des Kopfes, wie die Bewegung derselben ist bis auf die vorhandene leichte Konvergenz eine völlig normale.

7. VII. Heute ist das Befinden des Affen weniger gut. Derselbe greift mit der Rechten gar nicht, mit der Linken wenig und meistens vorbei. Reicht man ihm eine Rübe, so sucht er sie nicht mit der Hand, sondern mit dem Maul zu erfassen, wobei er oft mit demselben an der Rübe vorbeischnappt. Vorgehaltenen Gegenständen folgt er mit dem rechten Auge gar nicht, mit dem linken schlecht. Die Empfindlichkeit des rechten Auges und seiner Lider für Berührung ist dem linken gegenüber herabgesetzt; bei zarter Berührung der Hornhaut mit einer Vogelfeder auf der rechten Seite erfolgt gar keine Reaktion oder nur eine geringe Lidbewegung, während bei demselben Reiz auf der linken Seite stets sehr energisches Blinzeln und Abwehrbewegungen des ganzen Kopfes auftreten.

8. VII. Der Affe hat sich wieder erholt, er greift heute wieder gut, aber nur mit der Linken oder mit dem Maule. Hat er z. B. ein Stückchen Rübe in seiner Hand, so sucht er ein anderes vorgehaltenes Stück mit dem Maule zu erhaschen. Die Stellung der Augen und des Kopfes ist bis auf die ursprüngliche Konvergenz eine normale. Eine Pupillendifferenz ist nicht mehr nachweisbar.

13. VII. Der Affe ist völlig munter. Die Empfindlichkeit ist für Berührung auf der ganzen rechten Seite herabgesetzt. Der Affe greift mit der Linken immer richtig, mit der Rechten nicht ganz so gut. Der rechte Arm und das rechte Bein sind mässig paretisch, trotzdem hält er sich mit der rechten Hand gut am Gitter fest; nur die willkürlichen Bewegungen der rechten Extremitäten sind ganz geschwunden. Beim Klettern aber benutzt er dieselben in durchaus normaler Weise. Die Stellung des Kopfes und der Augen wie früher. Rechts ist die temporale Gesichtsfeldhälfte geschwunden. Der Affe folgt daher auch vorgehaltenen Gegenständen nicht, wenn dieselben über die Mittellinie nach rechts bewegt werden.

20. VII. Die rechte Hand unterscheidet sich heute nicht wesentlich von der linken. Der Affe greift mit der ersten immer richtig, wenn er auch einen Gegenstand mit derselben nicht so energisch festhalten kann, wie mit der linken. Ebenso ist der Händedruck rechts etwas schwächer, wie links. Die Sensibilität der ganzen rechten Seite, also auch des rechten Auges und seiner Umgebung ist noch immer etwas herabgesetzt. Der Kopf bewegt sich gut nach links und öfters spontan auch nach rechts.

Freilegung des rechten Gyr. ang. und der vorderen Hälfte des Occipitallappens. Die Erregbarkeit ist bei 100 mm R. A. sehr gering, bei 90 recht deutlich. Die Erregbarkeit ist beim Gyr. ang. besser, wie beim Occipitallappen. Am erregbarsten vom Gyr. ang. erweist sich der Bezirk 1, von der vorderen Occipitalhälfte die Partie  $\epsilon$ . Die Reizung dieser Bezirke führt zu einer Bewegung nach links und unten. Dorsalwärts und

ventralwärts von 1 wie von  $\varepsilon$  nimmt die Erregbarkeit allmählich ab. Die Bewegung nach aussen und besonders nach unten ist bei Reizung der letzteren Partien nicht mehr so deutlich ausgesprochen, insbesondere ist ventralwärts von  $\varepsilon$  die Erregbarkeit wesentlich schlechter wie dorsalwärts von dieser Partie. Umgekehrt nimmt die Erregbarkeit dorsalwärts von 1. sehr schnell ab und ist bei 2 fast 0. Vor der Schläfenfurche ist der Gyr. ang. entweder ganz unerregbar, oder es kommt bei Reizung desselben zu einer sehr schwachen Bewegung nach links unten. Die Reizung von 5 gibt wiederum eine prompte Bewegung nur nach links, und nur selten gehen die Augen hierbei noch etwas nach unten.

Das rechte Auge macht bei der Reizung immer nur ganz minimale Zuckungen und bleibt meistens in leichter Konvergenzstellung stehen.

Exstirpation des linken Gyr. ang. und der vorderen Occipitalpartie. Nach der Operation ist der Affe sehr bald wieder leidlich munter und bewegt den Kopf und die Augen ziemlich gut.

21. VII. Am nächsten Tage hat sich der Zustand wesentlich verschlechtert. Der linke Arm ist völlig gelähmt, während der rechte ziemlich kräftig ist. Die Empfindlichkeit des linken Auges und seiner Umgebung gegenüber dem rechten ist herabgesetzt. Die Augen bewegen sich langsam hin und her. Der Affe ist völlig blind. Die Haut auf der rechten Schädelseite ist leicht aufgetrieben und stark gespannt. Der Affe wird getötet.

Die Sektion ergibt Defekte, die denjenigen auf Taf. XIV, Fig. 3 im grossen ganzen entsprechen. Im Stirnlappen besitzen dieselben eine Tiefe von ungefähr 3 mm. Ausserdem sind die darunter befindlichen Schichten in Höhe von 2 mm stark blutig durchtränkt. In den hinteren Partien erstreckt sich der Defekt beiderseits nur auf das vordere Drittel des Occipitallappens, die beiden Gyri ang. sind aber bis auf die ventralsten Randpartien völlig entfernt.

14. Macac. Rhesus. 24. VII. Freilegung des linken Occipitallappens. Die Reizung desselben ergibt bei einem Abstand von 90 mm geringe, bei einem solchen von 80 mm deutliche Augenbewegungen. Dieselben treten bei Reizung der mittleren Partie, nämlich  $\varepsilon \alpha \nu \zeta \beta o$  am deutlichsten auf und nehmen dorsal- und ventralwärts von diesem Gebiet allmählich an Intensität ab. Bei Reizung des vorderen Abschnittes des Occipitallappens gehen die Augen nach rechts und unten, bei Reizung der hinteren Partien nach rechts und oben, mit welcher Bewegung manchmal eine Lidhebung verknüpft ist, während bei Reizung der schmaleren mittleren Zone die Augen sich nur nach der entgegengesetzten Seite bewegen. Ferner ist zu konstatieren, dass der vordere Abschnitt, dessen Reizung also mit einer Bewegung nach rechts und unten anspricht, sich am oberen Rande etwas weiter nach hinten zieht und dort zugespitzt endigt, dass anderseits die auf Reizung mit einer Bewegung nach rechts und oben reagierende hintere Partie sich am unteren Rande etwas weiter nach vorne erstreckt und allmählich nach vorne zu ebenfalls verjüngt. Stehen die Augen schon in der Richtung nach rechts und oben, und werden dann die vorderen Occipitalpartien gereizt, so tritt entweder nur eine Verstärkung der Bewegung nach rechts ein, oder aber mit dieser verbindet sich eine kleine zuckende, selten eine etwas kräftigere Bewegung nach unten. Jedenfalls stellen sich die Augen unter

diesen Umständen nie in eine so extreme Stellung nach unten ein, wie das der Fall ist, wenn die Reizung bei Primärstellung der Augen vorgenommen wird. Wird der Occipitallappen längere Zeit hindurch geprüft, so versagen die Reize allmählich, und man muss dann einige Zeit warten, bis sich die Erregbarkeit wieder einstellt.

Exstirpation des linken Occipitallappens. Danach tritt eine deutliche *Déviation conjuguée* nach links auf, die aber sehr bald in eine Primärstellung übergeht.

25. VII. Kopf und Augen, die sich in Primärstellung befinden, werden nach allen Richtungen hin gut bewegt. Es gelingt allerdings nicht, den Affen zum Fixieren rechts befindlicher Gegenstände zu bewegen.

Die Sektion ergibt, dass die Rinde des ganzen Occipitallappens bis zu einer Tiefe von 2 mm fehlt (Taf. XV, Fig. 10).

15. Meerkatze. 11. VII. Es handelt sich um ein Tier, dessen Hirnrinde von den Herren Simons und Lewandowski in grosser Ausdehnung zum Zwecke der Feststellung der Rindenfunktionen einer allgemeinen Reizung unterworfen worden war, und von dem ich bezüglich der Reizung des Stirnlappens folgende Beobachtungen notieren konnte: Die Prüfung fand statt bei einem R. A. von 80—90 mm. Bei *acbg* gingen die Augen nach der entgegengesetzten Seite und etwas nach unten, bei *b* nach der entgegengesetzten Seite und zugleich nach oben. Auch bei *de* und *f<sub>1</sub>* stellten sich die Augen zwar vorzugsweise nach der entgegengesetzten Seite, mitunter aber auch ein wenig nach oben ein. Bei *lmn* kam es zu einer Bewegung der Augen und gleichzeitig etwas auch des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite. Die Reizung von *tuv* und ebenso von *xyz* führte neben den Augenbewegungen zu einer deutlicheren Bewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite. Mit letzterer Bewegung war bei Reizung von *xytu* des Öfteren eine Lidhebung verbunden, ja vereinzelt kam es von letzteren Stellen nur zu einer Lidhebung. Die Reizung von *o<sub>1</sub>* und *p* rief Lidschluss hervor. Doch muss nochmals hervorgehoben werden, dass das Tier schon längere Zeit dem Reizversuch bei Feststellung dieses Resultats ausgesetzt war, und an Erregbarkeit seiner Hirnrinde nicht unerheblich eingebüsst hatte.

Behufs übersichtlicher Darstellung habe ich die Resultate der Reizung auf beifolgender Tabelle zusammengefasst. Auf dieser sind die einzelnen Tiere in der Horizontalen aufgereiht, während die verschiedenen Hirnpartien in Längsreihen angeordnet sind, wobei der Stirnlappen als I, der Gyrus angularis als II und der Occipitallappen als III benannt sind. Zur Vereinfachung der Tabelle ist die Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite mit  $+$ , nach der entgegengesetzten Seite und oben mit  $+o$  und nach der entgegengesetzten Seite und unten mit  $+u$  bezeichnet. Ferner drückt das Zeichen  $<$  eine herabgesetzte Bewegung aus, das Zeichen  $>$  eine erhöhte Erregbarkeit für die Reizung mit dem elektrischen

Strom andern Hirnpartien gegenüber. Der Buchstabe *A* bedeutet Auge, *K* Kopf und *RA* Rollenabstand.

Bevor ich auf die Einzelheiten der Versuche eingehe, möchte ich zunächst hervorheben, dass die Erregbarkeit der Hirnrinde ausserordentlichen Schwankungen unterworfen ist. Gewöhnlich war sie am Anfang des Versuchs etwas herabgesetzt, um dann aber bald zuzunehmen, sehr schnell ihr Maximum zu erreichen und allmählich wieder abzunehmen. Die Reizwirkung fiel daher, je nach der Zeit, die das Tier dem Versuch unterworfen war, sehr verschieden aus. Aber ganz abgesehen davon, dass die Stromstärke sowohl beim Beginn wie bei längerer Dauer des Versuchs mitunter nicht unerheblich erhöht werden musste, zeitigte die längere Dauer des Versuchs nicht selten ein ganz anderes, den gewohnten Reizeffekten gerade entgegengesetztes Resultat, welcher Umstand später noch genauer erörtert werden soll.

Auf Grund der mitgeteilten Protokolle soll nun der Versuch gemacht werden, die am Anfang dieser Arbeit gestellten Fragen einer Beantwortung zu unterziehen. Die Beantwortung der ersten Frage: „Welches ist dasjenige Rindengebiet, das auf elektrische Reizung am leichtesten mit einer Augenbewegung anspricht, und welche Partien stehen bezüglich ihrer Erregbarkeit für Augenbewegungen diesem am nächsten?“ lässt sich ohne Schwierigkeit sofort ermöglichen. Zunächst hat sich gezeigt, dass von der Hirnrinde für die Auslösbarkeit von Augenbewegungen drei Gebiete eine besondere Erregbarkeit besitzen, nämlich die hintere Hälfte des Stirnlappens, der Gyrus angularis und der Occipitallappen. Von diesen drei Gebieten ist es aber, wie alle Reizversuche, in welchen eine Prüfung derselben gleichzeitig vorgenommen wurde, der Stirnlappen, der einwandfrei die innigsten Beziehungen zu den Augenbewegungen unterhält. Es war nämlich möglich, den elektrischen Reiz so abzustufen, dass nur die Reizung des Stirnlappens zu einer Augenbewegung führte, während derselbe Reiz für den Gyrus angularis und Occipitallappen völlig reaktionslos blieb. Das war z. B. bei den ersten fünf Affen der Fall, bei denen die Reizung vom Stirnlappen, Gyrus angularis und Occipitallappen nebeneinander bzw. unmittelbar hintereinander erfolgte. Bei diesen Tieren betrug die Differenz im *RA* eines einzelligen Akkumulators mindestens 10—20 mm zwischen den Reizschwellen für die Auslösung von Augenbewegungen vom Stirnlappen einerseits, dem Gyrus angularis und Occipitallappen anderseits. Auf der Höhe der Erregbarkeit war es oft schon bei einem

Affe	L. Stirnlappen. L. I.	R. Stirnlappen. R. I.	L. Gyr. ang. L. II.	R. Gyr. ang. R. II.	L. Occip.-Lappen. L. III.	R. Occip.-Lappen. R. III.
1	Reizschwelle bei 130 mm Roll.-Abst. $a b c$ gut erregbar. $g d e$ weniger erregbar.	$q r s$ = Lidschluss. $a b c$ gut erregbar.	Reizschwelle bei 110 mm. R. A.	1 3 4 8 7 6 2 9 10 11 14 13 12 20 = + u. 15 16 17 18 = + o <	Reizschwelle bei 120 mm. R. A.	Hinterer Hälfte erregbarer wie die vordere. Hinterer Hälfte = + o. Vordere Hälfte = + u.
2	$a b c e = + o$ . $f d$ $f_1 e = + u$ . $m$ $n o = + u$ . $l =$ A u. K +.		Vordere Windung mitunter = + o. Hinterer Windg. = + u.		Bewegungen nach + o und + u.	I > III III > II
3	$v w m n o = + u$ . Dabei öfters Lidhebung. $q r =$ Lidschluss.		15 16 17 18 = + o. 9 10 11 2 13 4 6 7 8 = + u.		Hinterer Hälfte = + o. Vordere Hälfte = + u.	I > III III > II
4	$c = + o$ . $b = + u$ . $h g = +$ $o. l m n k f_1 e = +$ $t_1 =$ Konv.	$a b c d q r = + o$ . $l m n k f_1 e = +$ $t u v x y z = + m$ . Kopfbew. u. Lidheb. $xt =$ Kopfbew. u. Lidheb. event. allein.	Vordere Windung fast o, nur 15 16 17 18 = + o. Hinterer Windg. = + u.			I > III III > II
5	$a = +$ . $b = + u$ . $c = + o$ . $i f d k_1$ $f_1 e l m n = + u$ . $x y t u v =$ Lidhebung. $t u v =$ + $t_1 =$ Konv.? $q r s =$ Lidschl.	12 20 13 14 = o. 16 17 = + o. 9 10 11 2 1 3 4 6 7 8 = + u.	Hinterer Windung u. 13 14 = + u, vord. Windung sonst = o. 5 = +.	Vordere Hälfte = + u. Hinterer Hälfte = + o. $\alpha \beta = +$ .		I > III III > II
6	$a b c = + o$ . $h g$ = + o < $t = +$ $t t_1 l = + o$ . $i_1$ $f d n o p q r =$ + u.					

7	<p><math>a = + b = + u.</math>  <math>cg = + o. i = + u.</math>  <math>+ u &lt; h = + o &lt;</math>  <math>l m n o = K u.</math>  <math>A +. t u v =</math>  <math>K +. \text{Später:}</math>  <math>g c a b = + o.</math>  <math>l m n o = K u. A.</math>  <math>+ u. t u v = K</math>  <math>u. A + u.</math></p>	<p><math>a b c g = + o. i.</math>  <math>l m n o t u v = K</math>  <math>u. A + u. \text{Elek-}</math>  <math>\text{troden R. u. L. =}</math>  <math>\text{Hin- und Her-}</math>  <math>\text{schwanken od.}</math>  <math>\text{extrem } + o \text{ od.}</math>  <math>\text{extrem } + u.</math></p>	<p>Reizung L. wie R.</p> <p>16 17 = + o. 5                  = +. 9 10 11 2                  1 3 4 6 7 8 = +                  u. Unter 5 11                  4 = o.</p> <p>16 17 = + o. 5                  = +. 9 10 11 2                  1 3 4 6 7 8 = + u.</p>	<p>Hintere Windung u. 13 14 = + u, vord. Wind. sonst = o.</p>	<p><math>\gamma \delta \varepsilon \zeta \eta = + u.</math></p>	<p>Reizung R. wie L.</p>	<p>III &gt; II</p>
9	<p><math>c = + o. a = +.</math>  <math>b d = + u. m n</math>  <math>p = +. u v =</math>  <math>K u. A. + x y,</math>  <math>= K + u. \text{Ohr.}</math>  <math>\text{Später: } c a b d e</math>  <math>= + o. p o =</math>  <math>+ u. p q p_1 q_1 r</math>  <math>= \text{Lidschluss.}</math></p>	<p><math>c = + o. a = +.</math>  <math>b d = + u &lt; o p</math>  <math>g = + u. u v =</math>  <math>K u. A. + u.</math>  <math>\text{Später: } c a b =</math>  <math>+ o. m m o = +.</math>  <math>p q = + u. \text{Elek-}</math>  <math>\text{troden R. u. L.}</math>  <math>= \text{Schwanken u.}</math>  <math>+ o \text{ od. } + u. c g</math>  <math>= + o. b o p =</math>  <math>+ u. a m n = +.</math>  <math>u v = + u. K.</math></p>	<p>16 17 = + o. 5                  = +. 9 10 11 2                  1 3 4 6 7 8 = + u.</p>	<p><math>\gamma \delta \varepsilon \zeta \eta = + u.</math>  <math>\lambda \mu \nu \rho = + o.</math>  <math>\alpha \beta \sigma = +.</math></p>	<p>Reizung R. wie L.</p>	<p>Reizung R. wie L.</p>	<p>III &gt; II</p>
10	<p><math>c a b = + o. f d e</math>  <math>+ o &lt; n o = +</math>  <math>+ u. k f_1 = +</math>  <math>u_2. l m n = + u</math>  <math>u. K. t v x y z</math>  <math>+ u &lt; u. K.</math></p>	<p>Reizung R. wie L.</p>	<p>1 = + u. 11 4 =                  +. 5 = + &lt; 9                  10 3 8 7 6 2 12 20                  13 14 = + u &lt;                  15 16 17 18 = o.</p>	<p>Reizung R. wie L.</p>	<p><math>\gamma \delta \varepsilon \zeta \eta = o.</math></p>	<p>Reizung R. wie L.</p>	<p>II &gt; III</p>

Affe	L. Stirnlappen. L. I.	R. Stirnlappen. R. I.	L. Gyr. ang. L. II.	R. Gyr. ang. R. II.	L. Occip.-Lappen. L. III.	R. Occip.-Lappen. R. III.	
12	<p><math>a = + o</math>. <math>f d e</math>  <math>+ o &lt; e = + &lt;</math>  <math>h g = o</math>. <math>l m n o</math>  <math>= + u</math>. <math>k f_1 e</math>  <math>= + u &lt; t u v =</math>  <math>K u</math>. <math>A + u</math>. <math>x y</math>  <math>z = K</math>. <math>x u</math>. <math>x_1</math>  <math>= K u</math>. Ohr. <math>p q</math>  <math>r =</math> Lidchluss.  <math>l m n o t u v =</math>  Lidheb. Später:  <math>f e + o</math>.</p>	R. = L.					
13	<p><math>c = + o</math>. <math>a b f d</math>  <math>= + o &lt; k f_1 e</math>  <math>= + o p = +</math>  <math>u</math>. <math>l m n = + u &lt;</math>  <math>u</math>. <math>K &lt; t u v =</math>  <math>K u</math>. <math>A + u</math>. <math>x y</math>  <math>z = K (A p) &lt; u</math>.  Ohr &lt;</p>	<p><math>c a b = + o</math>. <math>l m</math>  <math>n o = + u</math>. <math>t u v</math>  <math>= K u</math>. <math>A + x</math>  <math>y z = K (A &lt;)</math>. <math>x_1</math>  <math>= K u</math>. Ohr. <math>w</math>  <math>= K</math> nach hin-  ten. <math>r s =</math> Fac.  Ohr &lt;</p>	<p>1 10 7 3 11 4 8 =  <math>+ u</math>. 96 = <math>+ u &lt;</math>  2 meist <math>o</math>. 12 13  14 = <math>+ u &lt; 5 =</math>  <math>+ o</math>. 15 16 17 =  <math>+ o</math>. Bei Er-  schöpfung auch  hintere Windg.  = <math>+ o</math>.</p>	<p>1 = <math>+ u</math> (sehr  deutlich). 10 7 3  8 11 4 = <math>+ u &lt;</math>.  96 = <math>+ u &lt;</math>. 2 =  fast <math>o</math>. 5 = <math>+ o</math>.  12 13 14 = <math>+ u &lt;</math>  15 16 17 = <math>+ o &lt;</math></p>	<p><math>\gamma \delta \varepsilon \zeta \eta = + u</math>.  Bei Erschöpfung  des Tieres: <math>\gamma \delta \varepsilon</math>  <math>\zeta \eta = + o</math>. <math>\lambda \mu</math>  <math>\nu \rho \varphi = + o</math>.</p>	<p><math>\varepsilon</math> bes. deutlich =  <math>+ u</math>. <math>\gamma \delta = + u &lt;</math>  <math>\zeta \eta = + u &lt;</math>  <math>\nu \rho \varphi = + o</math>.</p>	<p>L. III &gt; II  R. II &gt; III</p>
14						<p><math>\eta \zeta \varepsilon \delta \gamma \nu = + u</math>.  <math>\lambda \mu \nu \rho \varphi \sigma = + o</math>.  <math>\alpha \beta = + o</math>. <math>\varepsilon \alpha \nu</math>  <math>\zeta \beta \sigma</math> bes. deut-  lich.</p>	
15	<p><math>a c h g = + u</math>. <math>b</math>  <math>= + o</math>. <math>d f_1 e =</math>  <math>+ o &lt; l m n =</math>  <math>K u</math>. <math>A + t u v</math>  <math>x y z = K u</math>. <math>A +</math>  <math>x y t u =</math> Lid-  hebung.</p>						



RA von 130 mm möglich, vom Stirnlappen eine Bewegung der Augen zu erzielen, während ein gleicher Reiz vom Occipitallappen unter ganz besonders günstigen Umständen erst bei einem Abstand von 120 mm und vom Gyrus angularis aus bei einem solchen von 110 mm eine Augenbewegung auslöste. Daraus geht auch weiterhin hervor, dass der Occipitallappen eine bessere Erregbarkeit besitzt als der Gyrus angularis. Das traf allerdings nicht in allen Fällen zu. Bei acht Affen, bei denen gleichzeitig eine Reizung des Gyrus angularis und des Occipitallappens vorgenommen wurde, zeigte der Occipitallappen sechsmal (1, 3, 4, 5, 7, 9) dem Gyrus angularis gegenüber eine erhöhte Erregbarkeit, und nur zweimal (2, 11) war das Umgekehrte der Fall. Beim Affen 13 war auf der linken Seite die Erregbarkeit des Occipitallappens höher als diejenige des Gyrus angularis, auf der rechten dagegen drehte sich das Verhältnis um.

Die Bewegungen, die bei Reizungen der genannten Hirnpartien auftraten, betrafen zumeist in gleicher Stärke beide Augen, doch kam es nicht selten vor, dass, eine völlige Intaktheit der Augenmuskeln natürlich vorausgesetzt, die Bewegungen auf einer Seite diejenige der andern an In- und Extensität übertraf. In diesen Fällen war es mitunter das Auge der gleichen, meist aber dasjenige der gekreuzten Seite, welches die kräftigere Bewegung ausführte. Immer aber handelte es sich um associierte Bewegungen beider Augen, welche bei Rindenreizung zutage traten, und nur bei Durchschneidung der das Auge seitlich bewegenden Muskeln konnte man wahrnehmen, dass das betreffende Auge sich bei Rindenreizung entweder gar nicht bewegte oder nur eine ganz geringe Zuckung ausführte.

Die Richtung, in der sich die Augen bei Rindenreizung bewegten, war entweder eine rein horizontale, und zwar nach der entgegengesetzten Seite, oder aber mit einer Höhenablenkung nach oben bzw. nach unten verbunden. Die Bewegung nach der entgegengesetzten Seite war in der Regel intensiver ausgesprochen als die Höhenablenkung, mitunter aber überwog auch die letztere. Zu einer reinen Abweichung der Augen nach oben oder unten, ohne dass dieselben eine seitliche Ablenkung aufwiesen, kam es bei einer Primärstellung der Augen niemals, nur wenn letztere sich in einer extremen Seitenstellung befanden und ein Reiz die Hirnrinde traf, der unter normalen Umständen die Augen in diese Stellung und gleichzeitig nach oben oder unten gebracht hätte, konnte man eine reine Höhenablenkung notieren.

Die Augenbewegungen, die sich bei Reizung der oben bezeich-

neten Rindenabschnitte einstellten, waren grösstenteils isoliert, nur selten verband sich mit ihnen eine Bewegung anderer Organe, und zwar handelte es sich dann durchweg um eine Bewegung des Kopfes oder der Lider. Ausserdem erforderte die Auslösung einer Bewegung in den zuletzt genannten Organen in der Regel einen etwas kräftigeren Strom. Zarte elektrische Reize, die gerade eben eine leichte Augenbewegung herbeiführten, waren fast nie mit Bewegungen ersterer Organe verknüpft. Die Bewegung der Lider bestand in einer Lidspaltenerweiterung, insbesondere einer Hebung des Oberlides, und im Lidschluss. Letztere Bewegung konnte isoliert ausgelöst werden, während die Lidspaltenerweiterung sowohl wie die Kopfbewegungen meist mit Augenbewegungen einhergingen. Aber wenn diese ersteren Bewegungen auch oft nur als Sekundärererscheinungen einer Augenbewegung aufgefasst werden konnten, so gelang es doch, Punkte auf der Hirnrinde zu bestimmen, auf deren Reizung die Lidhebung bzw. die Kopfbewegung in erster Linie neben geringen Augenbewegungen oder sogar ganz allein zutage traten.

Was nun die Lokalisation der einzelnen Rindengebiete anbetrifft, deren Reizung mit den verschiedenen Augenbewegungen antwortete, so gelang es nicht, in allen Fällen stets identische Resultate zu erzielen. Während die Seitenablenkung in entgegengesetzter Richtung immer die gleiche blieb, wechselte nicht selten die Höhenablenkung bei Reizung derselben Rindenpartie. Ganz besonders war das bezüglich des Stirnlappens der Fall. Hier zeigten sich bei Reizung mitunter nicht unerhebliche Gegensätze. Der wesentliche Grund für diese Erscheinung dürfte hauptsächlich in dem schon vorher erwähnten Umstände zu suchen sein, dass die Reizung der in Frage kommenden Partien sich manchmal über längere Zeit hinzog und demgemäss in verschiedenen Stadien der Erregbarkeit dieser Hirnteile ausgeführt wurde. Aber auch auf dem Höhepunkt der Erregbarkeit, wenn sich die Tiere in vorzüglicher Verfassung befanden, deckten sich die Ergebnisse der Reizung nicht immer vollständig. Es kam durchaus nicht selten vor, dass die Reizung einer bestimmten Partie bei zwei verschiedenen Tieren eine verschiedene Augenbewegung auslöste.

Trotzdem aber auch die Resultate nicht selten mehr oder weniger voneinander abwichen, so wiesen doch die einzelnen Hirngebiete in bezug auf ihre Erregbarkeit selbst eine ausgesprochene Konstanz auf, und zwar zeigte sich beim Stirnlappen als besonders empfindlich der unmittelbar vor dem Querast des Sulcus praecentralis gelegene Rinden-

streifen, insbesondere in der nächsten Umgebung des caudalen Endes des Sulcus frontalis. Die Erregbarkeit vor und hinter diesem Streifen und ebenso ventralwärts von demselben nahm sehr schnell ab und hörte bald ganz auf, während sie dorsalwärts vom Sulcus praecentralis nur langsam abnahm und fast bis an die Mittellinie heran erhalten blieb. In diesem ganzen Abschnitt war es auch möglich, trotz der nicht selten abweichenden Resultate, für die grössere Mehrzahl aller Fälle die einzelnen Rindenherde bezüglich ihres Reizeffekts einigermaßen abzugrenzen und zu lokalisieren.

Eine Betrachtung von Tabelle I lässt das Verhalten der einzelnen Rindenpunkte bei elektrischer Reizung klar hervortreten. Um die Resultate aber noch deutlicher und übersichtlicher zu veranschaulichen, sind dieselben in einer zweiten Tabelle zusammengezogen, derart, dass die einzelnen Rindenpunkte in Horizontalreihen, die verschiedenen Reizwirkungen in vertikal gestellten Rubriken aufgeführt sind. Folgende Effekte kommen hierbei in Frage: 1. die Augen gehen nur nach der entgegengesetzten Seite; 2. die Augen gehen nach der entgegengesetzten Seite und oben; 3. die Augen gehen nach der entgegengesetzten Seite und unten; 4. Einstellung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite; 5. Kopf und Augen gehen gleichzeitig nach der entgegengesetzten Seite event. noch nach unten; 6. Lidbewegungen, und zwar Lidschluss sowohl wie Lidspalten-erweiterung, namentlich Lidhebung; 7. selten vorkommende Bewegungen. Als solche kamen zur Beobachtung die Konvergenz- und die meist mit Bewegung des Kopfes einhergehende Ohrbewegung der entgegengesetzten Seite. In der Tabelle bedeutet *LH* Lidhebung, *LS* Lidschluss, *O* Ohrbewegung und *C* Konvergenz.

Bevor wir auf die Einzelheiten der Tabelle eingehen, mag zunächst nochmals hervorgehoben werden, dass es sich bei der Registrierung eines jeden Reizeffektes niemals um eine einzelne, sondern immer um eine mehrfach ausgeführte, immer mit demselben Resultat wiederkehrende Reizung gehandelt hat. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass der Reizeffekt je nach der Lage der gereizten Partie an Intensität oft nicht unbedeutende Schwankungen zeigte, dass manchmal die Wirkung eine sehr ausgesprochene war, manchmal weniger deutlich zutage trat. Diese Differenzen sind allerdings sowohl in den Protokollen als auch in der Tabelle gar nicht oder nicht genügend zum Ausdruck gekommen, da dieselben sonst zu umfangreich geworden wären. Immerhin genügt die Betrachtung der Tabellen und die Gegenüberstellung der Reizeffekte bei den verschiedenen Rinden-

punkten, um sich über die Beziehungen der einzelnen Rindenpartien zu den Augenbewegungen Klarheit zu verschaffen.

Aus Tabelle II lässt sich nun ohne weiteres die schon oben erwähnte Tatsache erkennen, dass die Punkte *c a* und *b* vom Stirnlappen am leichtesten mit einer Augenbewegung auf elektrische Reize reagieren. Von dieser Partie wird die konstanteste Bewegung von *c*

Tabelle II.

	+	+o	+u	K	K u. A	L. H.	L. S.	O.	C.
<i>a</i>	4	11	1						
<i>b</i>		11	5						
<i>c</i>	2	14	1						
<i>d</i>		6	5						
<i>e</i>	2	5	3						
<i>f</i>		4	2						
<i>f</i> <sub>1</sub>	3	1	5						
<i>g</i>		4	2						
<i>h</i>		2	2						
<i>i</i>	1	1	3						
<i>i</i> <sub>1</sub>									
<i>k</i>	3		2		2				
<i>k</i> <sub>1</sub>			1						
<i>l</i>	2	1	3		7	1			
<i>m</i>	5		5		6	2			
<i>n</i>	4		7		6	2			
<i>o</i>	1		9		3	1			
<i>p</i>			5				2		
<i>p</i> <sub>1</sub>							1		
<i>q</i>		1	3				4		
<i>q</i> <sub>1</sub>							1		
<i>r</i>		1	1				5		
<i>s</i>							2		
<i>t</i>	1	1		2	3	5			
<i>t</i> <sub>1</sub>					1				2
<i>u</i>	1			1	9	4			
<i>v</i>	1		1	1	10	4			
<i>w</i>			1	1		1			
<i>x</i>				3	5	4		3	
<i>x</i> <sub>1</sub>				3				3	
<i>y</i>				2	5	3			
<i>z</i>				2	4	1			

ausgelöst. Vierzehnmal kommt es nämlich bei Reizung dieser Stelle zu einer Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben, zweimal nur nach der entgegengesetzten Seite und einmal nach der entgegengesetzten Seite und unten. Die Reizung der unmittelbar darüber gelegenen Partie *a*, die also gewissermassen die direkte Verlängerung des Sulcus frontalis bis zum Sulcus praecentralis bildet, zeigt in der Mehrzahl der Fälle (elfmal) einen gleichen Effekt. Daneben aber kommt es gar nicht selten vor (viermal), und namentlich im Beginn

der Reizung bei vollständiger Frische des Tieres, dass die Augen sich nur nach der entgegengesetzten Seite bewegen. Nur einmal, und zwar handelte es sich wie bei Reizung von *c*, um ein schon ziemlich stark erschöpftes Tier, rief die Reizung von *a* eine Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten hervor. Dorsalwärts von *a* führt die Reizung wesentlich häufiger eine Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten herbei, so namentlich bei *b*, insbesondere wenn der Affe sich in guter Verfassung befindet, nicht selten aber auch, und zwar besonders wenn die Prüfung schon etwas länger gedauert hat, ruft die Reizung in letzterem Falle eine Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben hervor.

Weiter dorsalwärts hinauf bis an den sagittalen Ast des Sulcus praecentralis heran, also bei *d* und *e*, nimmt die Erregbarkeit zunächst nicht unwesentlich ab, die Wirkung ist indes eine ähnliche wie bei *b*. Noch viel intensiver aber kann eine Abnahme der Erregbarkeit in den weiter oralwärts vom Querast des Sulcus praecentralis gelegenen, ebenso ventralwärts von *c* gelegenen Rindenabschnitten konstatiert werden; der Effekt der Reizung ist hierbei, wie die Tabelle II zeigt, ein den anliegenden, schon besprochenen Rindenpunkten sehr ähnlicher.

In der nächsten Nähe des sagittalen Astes des Sulcus praecentralis, sowohl unmittelbar dorsal- wie ventralwärts von demselben (*l m n k f<sub>1</sub> e*), nimmt die Erregbarkeit wieder etwas zu; bei Reizung von *k l m n* machen sich jetzt auch neben den Augenbewegungen solche des Kopfes bemerkbar. Die Kopfbewegungen, die ebenfalls nach der entgegengesetzten Seite erfolgen, treten dabei gewöhnlich etwas vor den Augenbewegungen zurück. Letztere bestehen fast durchweg in Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite oder nach dieser und gleichzeitig nach unten, Bewegungen nach der gekreuzten Seite und oben kommen bei Reizung dieser Partie fast gar nicht vor. In den weiter dorsalwärts gelegenen Abschnitten, also bei *u v w x y z*, überwiegen vor allem die Kopfbewegungen, während die Augenbewegungen schwächer werden oder überhaupt nicht mehr in Erscheinung treten. Gleichzeitig mit den Augenbewegungen, die in diesen Regionen bei Reizung zu stande kommen, tritt nicht selten eine Lidspaltenerweiterung, namentlich eine Hebung des Oberlides, auf. Die Lidspaltenerweiterung kommt auch bei Reizung der tieferen Partie des Stirnlappens häufig zum Vorschein, doch ist sie bei Reizung der dorsalwärts vom Sulcus praecentralis gelegenen Rindenpartie in

der Regel viel deutlicher ausgebildet, ja mitunter kommt es sogar bei Reizung dieses Rindengebiets zu einer reinen Lidhebung, ohne dass man am Kopf und den Augen sonst eine Stellungsänderung eintreten sieht.

In den vordersten und dorsalsten Punkten  $x$  und  $x_1$  wird mit der Kopfbewegung mehrmals eine Bewegung des entgegengesetzten Ohres beobachtet. Diese Ohrbewegung steht manchmal in Verbindung mit einer Bewegung der ganzen Kopfhaut auf der entgegengesetzten Seite, kommt jedenfalls niemals isoliert zu stande. Einmal gelingt es auch, eine sichere Konvergenzbewegung, und zwar bei Reizung von  $t_1$  zu erzielen, ein anderes Mal wird diese Reaktion weniger sicher beobachtet. In der Mehrzahl der Fälle aber ist es nicht möglich, bei sorgfältigster Beobachtung diese Reizwirkung herbeizuführen.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die Reizung der unmittelbar hinter dem Querast des Sulc. praec. gelegenen Rindenpunkte, namentlich in den unteren Partien ( $q r s$ ), eine Facialiswirkung, insbesondere einen deutlichen Lidschluss hervorruft, während bei Reizung der höher gelegenen Stellen  $o$  und  $p$  häufig eine Bewegung der Augen event. des ganzen Kopfes sichtbar wird und nur selten Lidschluss eintritt. Die Bewegung der Augen ist dabei gewöhnlich eine solche nach der entgegengesetzten Seite und unten; nur selten wird bei Reizung der letzteren Partie eine reine Seitenbewegung und gar nicht eine solche nach der entgegengesetzten Seite und oben beobachtet.

In allen Fällen, in denen die Reizung eine Bewegung des ganzen Kopfes oder der Lider bzw. des Ohres auslöste, musste jedesmal ein beträchtlich stärkerer Reiz zur Anwendung kommen, als da, wo es sich nur um eine reine Augenbewegung handelte. Die Erregbarkeit ist demnach für isolierte Augenbewegungen insbesondere an den empfindlichen Stellen gegenüber denjenigen für die Bewegungen des Kopfes entschieden erhöht.

Da es nur ein einziges Mal mit Sicherheit, einmal weniger exakt möglich war, von der Hirnrinde aus durch Reizung einer circumscribten Partie eine Konvergenzbewegung auszulösen, so wurde der Versuch gemacht, durch Aufsetzen<sup>2</sup> zweier Elektroden auf identische Punkte des Stirnlappens diese Bewegungen herbeizuführen, indes wurde das erwartete Resultat nicht erreicht. Wie das Protokoll von Fall 7 und 10 ergibt, kam es hierbei zu einem Schwanken der Augen von einer Seite zur andern, bis dieselben schliesslich eine extreme Rechts- oder Linksstellung einnahmen. Dabei gingen die

Augen nach oben oder unten in gleicher, nur noch etwas ausgesprochenere Weise, wie bei Reizung eines Stirnlappens.

Obgleich die Erregbarkeit des Gyrus angularis und des Occipitallappens gegen diejenige des Stirnlappens entschieden herabgesetzt war, so waren die Reizergebnisse bei ersteren Hirnpartien doch im grossen und ganzen gleichmässiger. Vom Gyrus angularis erwies sich insbesondere die hintere Windung für Augenbewegungen erregbar; die Reizung der vorderen Windung blieb in ihrem grössten Teile meist ohne Effekt, nur von einem ganz schmalen, dicht hinter dem Sulcus interparietalis gelegenen Abschnitte (16, 17, seltener 15, 18) gelang es des öfteren, eine Bewegung nach der gekreuzten Seite und oben auszulösen. Ausserdem reagierten die dicht an der Affenspalte grenzenden Randschichten (13 und 14), sehr selten auch die davor gelegenen Partien bei Reizung in gleichem Sinne, wie die hintere Windung, d. h. mit einer deutlichen Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und unten. Von der hinteren Windung zeigte insbesondere die Partie 1, die etwa auf der Grenze zwischen oberem und unterem Drittel gelegen ist, die grösste Erregbarkeit, dorsalwärts von 1 nahm die Erregbarkeit in der Regel sehr schnell ab, so dass die Reizung von 2 häufig schon resultatlos verlief. Ventralwärts von 1 machte sich gleichfalls eine allmähliche, aber ständige Abnahme der Erregbarkeit bemerkbar, die schliesslich so gering wurde, dass die untere Randpartie der hinteren Windung bei Reizung meist keine Augenbewegung mehr erkennen liess. Die im Winkel zwischen Fossa Sylvii und Schläfenfurche gelegene Rindenpartie 5 besass aber in der Regel eine sehr gute Erregbarkeit, sie zeichnete sich auch dadurch aus, dass bei ihrer Reizung die Augen gewöhnlich eine reine Seitenbewegung ausführten. Schliesslich ist noch zu bemerken, dass in einem Falle, in dem der Versuch sich schon über längere Zeit hingezogen hatte und das Tier ziemlich erschöpft war, auch bei Reizung der hinteren Windung die Augen sich nach der entgegengesetzten Seite und oben einstellten.

Noch konstanter wie vom Gyrus angularis war das Resultat der Reizung vom Occipitallappen. Hier konnte man durchweg feststellen, dass die Reizung der vorderen Rindenschichten mit einer Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten, die der hinteren Partien mit einer solchen nach der entgegengesetzten Seite und oben verbunden war. Bei Reizung der zwischen beiden gelegenen schmalen Partie kam es in der Regel nur zu einer reinen Seitenbewegung, doch spitzte sich diese Partie nach oben und unten

etwas zu, so dass die Reizung der oberen und unteren zentralwärts gelegenen mittleren Schicht des Occipitallappens sich bei Reizung wie die vordere bzw. hintere Occipitalpartie verhielt, und zwar konnte man im ersten Falle deutlich beobachten, dass die vordere Occipitalpartie, deren Reizung also eine Augenbewegung nach der entgegengesetzten Seite und unten ergab, sich über die Mitte des Occipitallappens nach hinten zu allmählich verjüngte, während umgekehrt die hintere, bei Reizung mit Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und oben reagierende Occipitalpartie sich etwas weiter nach vorne erstreckte und am unteren Rande spitz endigte. Am meisten erregbar vom Occipitallappen zeigte sich ein mittlerer Streifen  $\varepsilon \alpha \nu \zeta \beta o$ . Die Reizung desselben liess die Augenbewegungen ganz besonders deutlich hervortreten. In ähnlicher Weise, wie die Reizung der hinteren Windung des Gyrus angularis bei einem schon erschöpften Tiere eine normwidrige Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben auslöste, sah man dasselbe Tier unter den gleichen Umständen, auch bei Reizung der vorderen Occipitalschichten, die Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und oben ausführen. In allen andern Fällen blieb die Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten bei Reizung der vorderen Occipitalschichten eine durchaus konstante.

Was die sonstigen Bewegungen anbetrifft, die bei Reizung des Gyrus angularis und des Occipitallappens in Erscheinung traten, so sah man bei intensiver Reizung derselben mitunter in dem Sinne, wie die Augen-, auch Kopfbewegungen, nach der entgegengesetzten Seite auftreten; noch häufiger aber verbanden sich mit den Augenbewegungen Lidspaltenveränderungen, insbesondere eine Hebung des Oberlides; auch eine Senkung des Oberlides beim Blick nach unten wurde hin und wieder beobachtet. Doch musste, wie schon gesagt, der Reiz, der derartige Bewegungen auslöste, immer etwas kräftiger gewählt werden. Schwächere Reize, die gerade zu einer Augenbewegung führten, blieben in bezug auf die Lider bzw. den ganzen Kopf völlig ohne jeden Effekt.

Um nun ein sicheres Urteil über den Wert der Rindenreizung für die Beweglichkeit der Augen zu gewinnen, ist es notwendig, dieses das Verhalten der Tiere nach Exstirpation der einzelnen bzw. mehrerer Rindenabschnitte gegenüber zu stellen. Es zeigt sich dabei, dass die Exstirpationen auf die Stellung der Augen im allgemeinen nur eine unbedeutende Wirkung ausüben. Neben den geringen Ausfallserscheinungen aber, welche nach der Rindenexstirpation in bezug



auf die Beweglichkeit und Stellung der Augen beobachtet werden, machen sich dann noch andere Anomalien bemerkbar, die entweder als Allgemeinerscheinungen der Exstirpation oder als Folgen einer in diesem Falle nur wenig interessierenden Nebenverletzung zu betrachten sind. So sehen wir beim Affen 1 im Anschluss an die Exstirpation des linken Stirnlappens, des linken Gyrus angularis und Occipitallappens eine Parese des gegenseitigen Beines auftreten, bei den Affen 5 und 7 nach Ausschälung eines Stirnlappens den gekreuzten Arm paretisch werden; beim Affen 11 ist der gleiche Defekt nach Exstirpation eines Gyrus angularis zu konstatieren, während beim Affen 13 nach Exstirpation des linken Gyrus angularis und der linken vorderen Occipitalpartie zunächst der rechte Arm paretisch wird, später aber die Parese zurückgeht und nach nunmehriger Exstirpation des rechten Gyrus angularis und Occipitallappens diese den andern Arm wie das entsprechende Bein befällt. Alle diese Defekte lassen erkennen, dass die Ausschälung der für Augenbewegungen erregbaren Partien entweder von vornherein die nahegelegene motorische Region geschädigt oder dieselbe wenigstens sekundär in Mitleidenschaft gezogen hat.

Oft machen sich nach der Rindenexstirpation Drehbewegungen des Affen um seine Längsachse bemerkbar, und zwar nach der Seite, auf welcher die Verletzung gelegen ist. Diese Drehbewegungen sind unmittelbar nach der Verletzung gewöhnlich recht intensiv, nehmen aber dann in der Regel sehr schnell ab und sind gewöhnlich nach einigen Tagen nicht mehr nachweisbar. So hörten sie z. B. beim Affen 7 sehr bald, beim Affen 6 am nächsten Tage nach der Operation ganz auf, während sie bei den Affen 1 und 5 noch mehrere Tage nach derselben vorhanden sind. Es scheint, als ob die Grösse des gesetzten Rindendefektes auf die Dauer der Drehbewegung von Einfluss ist, indem dieselbe sich um so längere Zeit hinzieht, je grösser und intensiver die Verletzung ausgefallen war.

Nach umfangreichen Exstirpationen verändert sich in der Regel auch die aufrechte und sehr bewegliche Haltung des Affen. Er sitzt dann gewöhnlich in ruhiger Stellung mit gekrümmtem Rücken und tief nach abwärts gebeugtem Kopfe. Eine solche Haltung sehen wir z. B. die Affen 4 und 5 einnehmen. Doch ist dieselbe nicht als Folge bestimmter Ausfallserscheinungen von seiten der Hirnrinde aufzufassen, sondern sie zeugt nur von einer grösseren Erschöpfung des Tieres. Denn auch die Affen 7 und 8, bei denen die entfernte Hirnpartie nur einen geringen Umfang besitzt, weisen dieselbe Haltung auf, und

zwar macht sich bei diesen Tieren die gekrümmte Haltung erst bemerkbar, sobald auch sonstige Zeichen von Erschöpfung in Erscheinung treten. Andererseits sehen wir beim Affen 5 diese Haltung sich immer mehr verlieren, nachdem das Allgemeinbefinden des Tieres sich gebessert hat. Als allgemeine Reizerscheinung ist auch die Bewegung des Affen 12 aufzufassen, der nach Exstirpation beider Stirnlappen den Kopf krampfhaft gegen das Gitter des Käfigs gepresst hält.

Die nach Exstirpation der für Augenbewegungen in Frage kommenden Rindengebiete am häufigsten auftretende Anomalie ist die *Déviation conjugée*. Dieselbe stellt sich ein nach Exstirpation der hinteren Hälfte des Stirnlappens, des Gyrus angularis und des Occipitallappens, und zwar einzelner oder mehrerer Abschnitte zugleich; sie betrifft in der Regel nur die Augen, seltener den Kopf. Aber auch an den Augen ist sie nicht immer vorhanden, wie z. B. der Affe 6 beweist, bei dem unmittelbar nach der Exstirpation des linken Stirnlappens die Augen sich in Primärstellung befinden. Die *Déviation conjugée* nach Rindenexstirpation besitzt gewöhnlich keine lange Dauer; in der grossen Mehrzahl der Fälle ist sie am nächsten Tage verschwunden. Mitunter ist sie schon einige Minuten nach der Operation nicht mehr nachweisbar, wie z. B. das Verhalten des Affen 8 zeigt, bei dem die nach Exstirpation des linken Gyrus angularis aufgetretene *Déviation conjugée* 5 Minuten später nicht mehr zu konstatieren war. Ähnlich ist das Verhalten vom Affen 14 nach Exstirpation eines Occipitallappens. Manchmal kann die *Deviation* noch einige Tage nach dem operativen Eingriff beobachtet werden (Fall 4 und 5). Nach Exstirpation zweier identischer Rindenpartien gleichzeitig auf beiden Seiten des Gehirns tritt häufig unmittelbar oder sehr bald eine Primärstellung der Augen auf. Die *Déviation* ist in diesem Falle meist ganz besonders flüchtiger Natur (Fall 4, 7, 10, 11, 12).

Mit der *Déviation* ist innig verknüpft die Unfähigkeit oder eine gewisse Schwierigkeit, den Kopf und die Augen nach der entgegengesetzten Richtung zu bewegen. Diese Herabsetzung in der Beweglichkeit der Augen nach der dem Defekt entgegengesetzten Seite überdauert in der Regel die Ablenkung derselben beträchtliche Zeit. Wir müssen hier unterscheiden eine spontane Beweglichkeit des Kopfes und der Augen von einer solchen, welche durch die Erregung der Aufmerksamkeit des Tieres ausgelöst wird. Es ist naturgemäss, dass die letztere Bewegung, wenn sie durch das Vorhalten von Gegenständen, welche die Aufmerksamkeit des Tieres auf sich ziehen, bedingt wird,

da versagen muss, wo eine Unmöglichkeit des Erkennens besteht. Wir sehen demnach den Ausfall der Augenbewegungen bei Tieren eintreten, die durch Exstirpation eines Occipitallappens hemianopisch geworden sind, wenn die vorgehaltenen Gegenstände in die Richtung des Gesichtsfelddefekts gebracht werden (Fall 4, 5, 9, 13, 14). Immerhin wird auch nach Zerstörung eines Stirnlappens oder eines Gyrus angularis ohne Schädigung des Gesichtssinns eine Herabsetzung in der Beweglichkeit des Kopfes und der Augen nach der dem Defekt entgegengesetzten Seite beobachtet.

Die Unfähigkeit bzw. Herabsetzung in der Beweglichkeit nach partiellen Rindenexstirpationen dauert in der Regel für den Kopf nur kurze Zeit, während sie an den Augen, wie schon bemerkt, mitunter länger nachweisbar bleibt. Beim Affen 11 sehen wir z. B. sehr bald nach der Exstirpation beider Gyri angulares den Kopf sich gut nach beiden Seiten hin drehen, eine Rechtsdrehung der Augen dagegen kommt erst mehrere Tage danach zu stande. Ähnlich ist das Verhalten beim Affen 5 nach Exstirpation des linken Stirnlappens, des linken Gyrus angularis und des linken Occipitallappens. Es muss aber betont werden, dass in keinem Falle, sowohl nach Exstirpation eines oder mehrerer Rindenabschnitte, eine dauernde Unfähigkeit oder auch nur Herabsetzung in der Beweglichkeit der Augen bzw. des Kopfes eintritt, dass andererseits auch fast unmittelbar nach dem Eingriff, wie z. B. Affe 7 zeigt, eine gute Haltung des Kopfes mit tadelloser Beweglichkeit desselben vorhanden sein kann.

Müssen demnach die Exstirpationsergebnisse der für Augenbewegungen erregbaren Rindenpartien bisher nur als recht dürftige, ja was die Stellung der Augen anbetrifft, direkt oft als negative bezeichnet werden, so gibt es andererseits Ausfallserscheinungen, die sich jedesmal mit grosser Sicherheit nach bestimmten corticalen Eingriffen einzustellen pflegen. Einmal ist es die Hemianopsie nach Zerstörung eines Occipitallappens, die in jedem Falle von Exstirpation beobachtet wurde, selbst dann, wenn dieselbe nachweislich nicht eine absolut totale gewesen war. Nach Exstirpation beider Occipitallappen tritt bei den Affen dann eine absolute Blindheit ein. Eine solche Blindheit macht sich bei den Affen 5 und 13 bemerkbar, sobald nach der übrigens nicht vollständigen Exstirpation eines Gyrus angularis und des Occipitallappens der linken Seite dieselben Hirngebiete auf der rechten Seite entfernt wurden. Auffallender ist das Verhalten des Affen 4. Bei diesem Tiere, dem der linke Stirnlappen, der linke Gyrus angularis und die vordere Hälfte des linken Occipital-

lappens entfernt worden waren, führt die Exstirpation der rechten hinteren Stirnpartie unmittelbar eine totale Blindheit herbei. Die Blindheit bleibt 9 Tage bestehen, um dann allmählich zu dem früheren Zustande der Hemianopsie zurückzukehren. Dieser Fall könnte mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit dafür in Anspruch genommen werden, dass auch das Vorderhirn in gewissen Beziehungen zu der Sehfunktion steht, eine Auffassung, zu der sich bekanntlich Hitzig auf Grund zahlreicher Versuche an Hunden bekannt hat. Doch möchte ich in Rücksicht darauf, dass in unserm Falle die ersten Tage nach der zweiten Stirnlappenexstirpation das Allgemeinbefinden des Affen ein sehr schlechtes war, und namentlich in Rücksicht auf die sehr einwandfreien Untersuchungen Munks, die Vermutung nicht von der Hand weisen, dass es sich in unserm Falle nur um eine vorübergehende Störung des intakten Occipitallappens, entweder durch Blutung oder durch andere Schädigungen, gehandelt hat.

Eine weitere, sich stets einstellende Ausfallserscheinung ist die Herabsetzung der Sensibilität, sowohl des Auges als seiner Umgebung, nach Exstirpation des entgegengesetzten Gyrus angularis. Dieselbe macht sich dadurch bemerkbar, dass feinere Berührungen der Conjunctiva bzw. der Lider gänzlich versagen oder aber, im Gegensatz zu dem andern Auge, eine wesentlich geringere Lidkontraktion bzw. Abwehrbewegung des Kopfes auslösen. Diese Abschwächung des Lidschlussreflexes bei Berührung des Auges und seiner Umgebung ist sehr bald nach der Operation am stärksten ausgeprägt, geht dann allmählich etwas zurück, lässt sich aber gewöhnlich noch nach Wochen nachweisen.

Nachdem die Beziehungen der Hirnrinde zu den Augenbewegungen auf experimentellem Wege eine genügende Beleuchtung erfahren haben, handelt es sich jetzt darum, festzustellen, inwieweit die erhaltenen Resultate mit den bisherigen experimentellen Beobachtungen übereinstimmen bzw. von diesen abweichen. Von besonderer Wichtigkeit wird es dabei sein, die Erfahrungen der früheren Autoren bezüglich der Rindenreizung mit den unsrigen zu vergleichen, einmal, weil die wenigsten Autoren Exstirpationen vorgenommen haben, und dann wegen der aus diesen resultierenden, geringen Resultate. Namentlich ist die Frage von grosser Wichtigkeit, welcher Rindenabschnitt auf Grund der Reizversuche die innigsten Beziehungen zu den Augenbewegungen unterhält. Es stehen sich hier, wie wir gesehen haben, zwei Anschauungen gegenüber. Auf der einen Seite insbesondere

die englischen Autoren, welche diese Rolle dem hinteren Abschnitte des Stirnlappens zuschreiben, auf der andern Hermann Munk und Bernheimer, welche in dem Gyrus angularis das eigentliche Bewegungszentrum der Augen erblicken. Nun, nach unsern umfangreichen Untersuchungen kann es einem Zweifel nicht mehr unterliegen, dass die letztere Auffassung nicht zu Recht besteht und dass wir in der Tat der hinteren Hälfte des Stirnlappens die stärkste Erregbarkeit für Augenbewegungen zuerkennen müssen. Wir haben gesehen, dass in allen Fällen, in denen die Reizung der in Frage kommenden Gebiete unmittelbar hintereinander bei absolut tadelloser Verfassung des Affen vorgenommen wurde, die Auslösung der Augenbewegungen stets und ohne Ausnahme vom Stirnlappen mit den schwächsten Strömen herbeigeführt werden konnte. Auch lag die Reizschwelle für die Auslösung von Augenbewegungen beim Gyrus angularis und Occipitallappen absolut höher als beim Stirnlappen. In Übereinstimmung damit steht auch die von Schaefer gefundene Tatsache, dass das Latenzstadium bei Reizung des Stirnlappens kleiner als bei derjenigen des Occipitallappens und des Gyrus angularis ist.

Aber in bezug auf das Verhalten der einzelnen Teile des Stirnlappens bestehen, wie wir gesehen haben, zwischen den einzelnen Autoren nicht unerhebliche Differenzen. Ferrier hat ein relativ kleines Gebiet als erregbar für Augen- und Kopfbewegungen angesehen. Schaefer und Horsley haben dieses Gebiet wesentlich weiter gefunden, indem sie es einerseits dorsalwärts bis an die Mittellinie, ventralwärts bis fast ans Ende des Sulcus praecentralis ausdehnten. Mit diesen Ermittlungen stimmen die späteren Beobachtungen, wie unsere Ergebnisse, ziemlich gut überein. Nur dürfte die untere Grenze der erregbaren Partien nach meinen Versuchen, wie auch Beevor und Horsley gefunden haben, sich nur wenig ventralwärts vom Sulcus frontalis erstrecken. Auch ist die Erregbarkeit des Stirnlappens in seinen unteren Abschnitten auf die hintersten, am Sulcus praecentralis gelegenen Partien beschränkt.

Beevor und Horsley und noch mehr Schaefer und Mott haben dann die erregbare Partie des Stirnlappens in einzelne Zonen geteilt und die Reizeffekte für jede derselben genau bestimmt. So fanden die ersteren Autoren bei Reizung der zwischen Sulcus frontalis und Sulcus praecentralis gelegenen Partie Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite und oben, und nur bei *c* nach der entgegengesetzten Seite und unten. Die Augenbewegungen waren oft mit Kopfbewegungen verbunden; besonders aber traten die

letzteren bei Reizung dorsalwärts vom Sulcus praecentralis hervor. Diesem Befunde gegenüber ist der unsrige in vielen Punkten entgegengesetzt. Die von uns erhaltenen Ergebnisse decken sich dagegen zum grössten Teile mit den Resultaten von Schaefer und Mott, welche bei Reizung dorsalwärts vom Sulcus praecentralis Kopf- und Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und unten, bei Reizung der zwischen Sulcus frontalis und Sulcus praecentralis gelegenen Zone reine Seitenbewegungen des Kopfes und der Augen und bei Reizung unterhalb des Sulcus frontalis solche nach der entgegengesetzten Seite und oben beobachtet haben. Nur konnte ich feststellen, dass in beiden letzteren Fällen vorzugsweise Augen- und nur sehr selten Kopfbewegungen auftreten. Das Resultat von Beavor und Horsley ist aber deshalb nicht ganz unverständlich; denn unsere Versuche lehren, dass die oben angegebenen Rindenabschnitte durchaus nicht immer bei Reizung mit elektrischen Strömen in gleichem Sinne reagieren, dass sie mitunter, namentlich wenn die Verfassung des Tieres gelitten hat, ganz differente Resultate bezüglich der Augenbewegungen ergeben.

Auf diese nicht immer gleichmässigen Resultate sind wohl auch die Beobachtungen von Risien Russel zurückzuführen, die allerdings sonst zu den Reizresultaten anderer Beobachter in einem ziemlich strikten Gegensatz stehen. Die Versuche des letzteren Autors können nur so erklärt werden, dass die Tiere einerseits bei der Reizung in sehr schlechter Verfassung gewesen sein müssen, dass andererseits die vorherige Durchschneidung der verschiedenen Augenmuskeln die Wirkung der Augenbewegungen so geschwächt hat, dass eine exakte Beobachtung überhaupt nicht mehr möglich wurde. Jedenfalls hat sich die Einteilung von Risien Russel nach den Reizresultaten der andern Autoren wie nach meinen Versuchen sicher als falsch erwiesen. Auch mit den Resultaten, die H. Munk bei Reizung des Stirnlappens gefunden hatte, decken sich nicht ganz die Ergebnisse von Schaefer und Mott, und insbesondere von mir selbst. Denn wenn H. Munk gerade in den Winkel des Sulc. praec. das Zentrum für die Bewegungen des Kopfes lokalisiert, so habe ich feststellen können, dass bei Reizung der letzteren Partie vorzugsweise isolierte Augenbewegungen auftreten und dass die isolierten Kopfbewegungen viel leichter dorsalwärts vom Sulc. praec. zur Auslösung gebracht werden.

Die sehr ungenaue Bestimmung der einzelnen Abschnitte des Stirnlappens bezüglich ihrer Reizwirkung seitens Bechterews und

ferner Parsons enthebt uns, dieselben zum Vergleich mit andern, wie mit meinen Ergebnissen heranzuziehen. Dagegen konnte eine ziemlich weitgehende Übereinstimmung in den Resultaten von Cécile und Oscar Vogt mit denjenigen von Schaefer und Mott, wie den meinigen konstatiert werden. Analog den Beobachtungen der ersteren Autoren fand ich die Partien *hcg* und von diesen namentlich *c* am meisten erregbar für Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite und oben, die zwischen Sulc. praec. und front. gelegene Partie für Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite und unten bzw. oben; Bewegungen nur nach der entgegengesetzten Seite konnten allerdings nach meinen Beobachtungen am deutlichsten bei *a* zur Auslösung gebracht werden. Auch die Einteilung der dorsalwärts vom Sulc. praec. gelegenen Partie in eine orale bis zu *x* reichende für das Ohr, in eine caudale *xyzuvw* umfassende für die Augenöffnung konnte von mir nicht ohne weiteres bestätigt werden. Allerdings kam die Lidspaltenerweiterung vorzugsweise bei Reizung des letzteren Gebietes, und namentlich bei Reizung von *tuv* zu stande; aber sie wurde auch bei Reizung anderer Partien des Stirnlappens, insbesondere bei Reizung von *lmnoo<sub>1</sub>* von mir mitunter festgestellt. Ferner sprach das ganze Gebiet dorsalwärts vom Sulc. praec. viel häufiger, und namentlich bei schwächeren Reizen mit einer Bewegung der Augen und des Kopfes an, als mit einer solchen der Augenlider. Eine Ohrbewegung stellte sich immer nur bei kräftigeren Reizen ein. In bezug auf die letztere, die ich gleichfalls vorzugsweise bei *x*, weniger bei *xyz* auf Reizung eintreten sah, möchte ich dann noch hervorheben, dass ich dieselbe immer nur in Gemeinschaft mit einer Kopfbewegung oder einer Bewegung der Gesichtshaut auf der entgegengesetzten Seite beobachten konnte. Erwähnt mag dann noch werden, dass Schaefer und Mott, in ähnlicher Weise auch Bechterew, eine Ohrbewegung als Mitbewegung bei Reizung von *f<sub>1</sub>efd* festgestellt haben, und dass Cécile und Oscar Vogt bei Reizung des zwischen Sulc. front. und Sulc. praec. gelegenen Gebietes mitunter eine Ohrbewegung auftreten gesehen haben.

Von andern Bewegungen, die bei Reizung des Stirnlappens und seiner nächsten Umgebung zur Beobachtung kamen, ist der Lidschluss zu erwähnen. Was diesen anbetrifft, so ist die Übereinstimmung aller Autoren eine sehr weitgehende. Denn alle Beobachter, die Lidschluss festgestellt haben, verlegten die erregbarste Partie für die Auslösung derselben dicht hinter den Querast des Sulc. praec., so Hermann Munk, Beavor und Horsley, die bei Reizung von

$p p_1$  Lidschluss konstatierten. Hitzig lokalisierte das Zentrum des Lidschlusses in  $o_1$ ; Cécile und Oscar Vogt in  $o_1 p p_1$ . Aus meinen Untersuchungen geht hervor, dass die Reizung von  $o$  vorzugsweise mit einer Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten, weniger mit einer Kopfbewegung verbunden war, und dass erst die ventralwärts dicht hinter dem Sulc. praec. gelegenen Abschnitte, namentlich in den tiefer gelegenen Partien  $r$  und  $s$ , weniger  $p$  und  $q$ , bei Reizung mit einer Lidschlussbewegung reagierten.

Eine Konvergenzbewegung ist bei Reizung des Stirnlappens von den früheren Autoren, mit Ausnahme von Risien Russel, dessen Resultate aber, wie wir gesehen haben, sehr wenig einwandfrei sind, niemals notiert worden. Deswegen muss die einmal sehr prompte, einmal weniger deutliche bei Reizung von  $t_1$  von mir beobachtete Konvergenzbewegung nochmals hervorgehoben werden.

Das Resultat der Reizung zweier identischer Rindenpartien auf beiden Seiten zugleich deckt sich fast ganz mit demjenigen, das Schaefer und Mott hierbei erzielt haben. Denn ebenso wie diese Autoren konnte ich bei gleicher Versuchsanordnung ein Schwanken in der Augenbewegung mit schliesslichem Überwiegen nach einer Richtung bzw. eine Vermehrung der Auf- und Abwärtsbewegung feststellen. Dagegen haben diese Reizungen niemals, wie diese Autoren es mitunter sahen, eine leichte Konvergenz zur Folge gehabt.

Bestehen somit in den Ergebnissen bei Reizung der verschiedenen Partien des Stirnlappens zwischen den einzelnen Autoren nicht unwesentliche Differenzen, so ist die Übereinstimmung der Reizeffekte bezüglich des Gyr. ang. und des Occipitallappens eine viel weitergehende. Allerdings sind die Befunde bei Reizung des Gyr. ang. bisher meistens nur in grossen Zügen skizziert worden, es fehlen in der Regel Bestimmungen für die einzelnen Abschnitte dieses Rindenteils. So erfahren wir nur aus den Untersuchungen von Ferrier, Munk, Bernheimer, dass Reizung des Gyr. ang. zu Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite bzw. in Verbindung mit einer Bewegung nach oben oder unten führt, eine Tatsache, die durch unsere Versuche ohne weiteres bestätigt wird. Dagegen findet die Auffassung Bernheimers durch die von mir angeführten Befunde keine Bestätigung, dass gerade das mittlere Drittel der vorderen und hinteren Windung besonders erregbar für Augenbewegungen ist. Denn wir haben gesehen, dass die vordere Windung im allgemeinen sehr wenig erregbar, ganz besonders aber in ihrer mittleren Partie ist, während allerdings die Mitte der hinteren Windung, also



Partie 1, wenn wir von den untersten Randpartien des Gyr. ang. absehen, eine recht gute Erregbarkeit für Augenbewegungen besitzt. Bechterew hat gefunden, dass Reizung der vorderen Partie eine Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und unten, Reizung der mittleren nur nach der entgegengesetzten Seite und Reizung der hinteren nach der entgegengesetzten Seite und oben zur Folge hat. Aus unsern Versuchen geht hervor, dass der Bechterewsche Befund nur eine Ausnahme bilden kann. In der Regel ist der Reizeffekt dem Bechterewschens Resultate fast entgegengesetzt. Der Parsonssche Befund, der nur an einem Affen erhoben ist, deckt sich zum Teil mit den unsrigen, doch ist dieser einzige Versuch um so weniger geeignet, zur Klärung beizutragen, als er im wesentlichen mit Rücksicht auf Pupillenveränderungen angestellt worden war.

Der Occipitallappen wurde von den ersten Autoren, die sich mit der Rindenreizung befasst haben, als unerregbar angesehen, so von Fritsch und Hitzig, Ferrier, Munk. Dann haben Luciani und Tamburini, später auch Ferrier für den Occipitallappen eine gewisse Erregbarkeit festgestellt, die allerdings derjenigen des Gyr. ang. gegenüber herabgesetzt erschien. Unsere Versuche lehren aber, dass diese Auffassung nicht zutrifft, dass vielmehr das Gegenteil der Fall ist. Denn in acht Fällen, in denen gleichzeitig der Gyr. ang. und der Occipitallappen gereizt wurden, war die Erregbarkeit des letzteren 6 mal beim Occipitallappen stärker, als beim Gyr. ang., und nur 2 mal beim Gyr. ang. intensiver, als bei ersterem ausgesprochen, in einem Falle zeigte sich die Erregbarkeit auf einer Seite beim Gyr. ang., auf der andern beim Occipitallappen erhöht. Schaefer nahm dann zum erstenmal eine genauere Differenzierung bezüglich der Reizungsergebnisse des Occipitallappens vor. Er stellte fest, dass die Reizung der vorderen Occipitalpartie mit einer Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und unten, die der hinteren mit einer solchen nach der entgegengesetzten Seite und oben verbunden war, während die Reizung der Mittelpartie eine Bewegung nur nach der entgegengesetzten Seite zur Folge hatte. Diese Versuche wurden später von Obregia, Munk, Bechterew und Parsons bestätigt. Auch meine Versuche decken sich vollkommen mit denjenigen Schaefers. Sie zeigen ausserdem noch, dass die Zentralpartie, deren Reizung reine Seitenbewegungen auslöst, nur sehr schmal ist, dass ferner die vordere Occipitalpartie, die auf Reizung mit einer Bewegung nach der entgegengesetzten Seite und unten anspricht, am oberen

Rande etwas nach hinten übergreift, während umgekehrt die hintere Occipitalpartie am unteren Rande sich ein wenig nach vorne verjüngt. Schliesslich geht noch aus meinen Versuchen hervor, dass ein zwischen dem dorsalen und ventralen Abschnitt des Occipitallappens gelegener mittlerer Streifen die stärkste Erregbarkeit des Occipitallappens aufweist.

Ogleich die Prüfung der Hirnrinde auf dem Wege der Reizung, wie wir gesehen haben, recht häufig vorgenommen wurde, fand eine Feststellung der Ausfallserscheinungen nach Exstirpation der für Augenbewegungen erregbaren Rindenpartien relativ selten statt. Ausserdem waren die Ergebnisse hierbei im allgemeinen recht dürftige, meist sogar negativer Natur. So fanden Schaefer und Horsley, dass die Ausschaltung der hinteren Hälfte des Stirnlappens ohne jeden Effekt blieb, selbst wenn sie auf beiden Seiten vorgenommen wurde. Brown und Schaefer sahen nach Exstirpation eines oder beider Gyri ang. beim Affen weder eine Abweichung in der Augenstellung, noch in der Empfindlichkeit der Augen auftreten. Munk dagegen hatte schon früher nach Auslösung eines Gyr. ang. eine deutliche Herabsetzung der Augenempfindlichkeit auf der entgegengesetzten Seite beobachtet. Nach Entfernung beider Gyri ang. beobachtete er dann eine Stellungsanomalie der Augen, wie z. B. Strabismus converg., und vor allem stellte er fest, dass die Fähigkeit der Fixation sehr wesentlich geschädigt war. Er fand nämlich, dass derartig operierte Affen beim schnellen Zugreifen mit der Hand oder mit dem Maule, statt mit den Fingerspitzen, einen vorgehaltenen Gegenstand zu ergreifen suchten, und mit ersteren öfters vor oder über den Gegenstand hinauslangten. Munk nahm an, dass der Affe das Gefühl vom Grade der Konvergenz verloren hatte, das ihm vor der Verstümmelung die Kenntnis des Abstandes des fixierten Objekts verschafft hatte. Schon in meiner Arbeit über Lidreflexe konnte ich zeigen<sup>1)</sup>, dass diese Beweisführung Munks auf sehr schwachen Füßen steht. Denn es ist nicht einzusehen, warum ein Tier, das das Gefühl über die Stellung seiner Augen verloren hat, anstatt der Fingerspitzen sich der Handfläche oder des Maules bedienen soll.

Um das Verhalten eines solchen Tieres kennen zu lernen, habe ich daher bei zwei Affen durch eine ergiebige Tenotomie des M. int. bzw. dieses und des M. ext. künstlichen Strabismus erzeugt und dann die Art und Weise, wie diese Tiere sich vorgehaltenen Gegenständen gegenüber verhielten, genau studiert. Bei einem dieser Affen war

<sup>1)</sup> Levinsohn, Georg. v. Graefe's Arch. f. Ophth. Bd. LIX, 3. 1904.

nun überhaupt eine Abweichung von der Norm nicht wahrzunehmen, bei einem andern konnte in der Tat festgestellt werden, dass er mit derjenigen Hand, welche dem schielenden Auge entsprach, unmittelbar nach der Operation öfters an dem Gegenstande vorbeigriff, mit der andern Hand dagegen immer richtig zufasste. Diese Unsicherheit beim Ergreifen war aber schon nach sehr kurzer Zeit verloren gegangen, und man muss daher annehmen, dass der Affe es sehr bald lernt, das im schielenden Auge entstehende Scheinbild zu unterdrücken. Niemals aber sah ich, dass der schielende Affe die Fingerspitzen vernachlässigte und dafür den Gebrauch der Handfläche oder des Maules bevorzugte. Dagegen konnte ich dies in jedem Falle feststellen, sobald nach irgendeiner Exstirpation eine Parese des Arms und der Hand eingetreten war; besonders aber wurde das Maul zum Greifen benützt, wenn die Parese eine doppelseitige war. Es dürfte daher auch in den Munkschen Fällen nicht unwahrscheinlich sein, dass überall da, wo der Affe nicht in exakter Weise sich seiner Hände bedient hatte, eine mehr oder weniger eingreifende Schädigung der Extremitäten eingetreten war. Diese Wahrscheinlichkeit ist noch um so höher, als aus meinen Versuchen mit Sicherheit hervorgeht, dass weder die Exstirpation eines Gyr. ang. noch beider Gyri eine Stellungsanomalie der Augen zur Folge hatte. Manchmal schien bei oberflächlicher Betrachtung eine solche vorhanden zu sein; stellte man aber daraufhin eine exakte Prüfung an, hielt man z. B. eine Flamme vor die Augen, so konnte man sich leicht davon überzeugen, dass dieselbe immer genau an den gleichen Hornhautstellen reflektiert wurde.

Das Vorbeigreifen mit der Hand habe ich wie gesagt immer da feststellen können, wo eine Parese derselben nachweisbar war, so z. B. beim Affen 11, bei dem eine Ausschälung beider Gyr. ang. ausgeführt worden war, und der eine leichte Parese der rechten Hand zeigte, während die linke intakt blieb. Dieser Affe griff stets mit der linken Hand richtig, während die rechte über den vorgehaltenen Gegenstand hinausfuhr, so dass die *Vola manus* an Stelle der Fingerspitzen den Gegenstand berührte. Man muss auch daran denken, dass durch die Exstirpation des Gyr. ang. eine vorübergehende, anatomisch vielleicht nicht immer nachweisbare Schädigung des Occipitallappens eintreten kann, die eine Beeinträchtigung des Sehens zur Folge hat, so dass der zu fassende Gegenstand schlecht erkannt wird. Denn gewöhnlich pflegt dieses Vorbeigreifen einige Tage nach der Exstirpation geschwunden zu sein. Für diese Annahme kann als Beispiel der Affe 13 gelten, der nach Exstirpation eines Gyr. ang. und der

anliegenden Partien des Occipitallappens zunächst gut greift, solange das Sehen gut ist; dann aber, als mit einer Veränderung des Allgemeinbefindens dieses schwächer wird, und der Affe vorgehaltenen Gegenständen mit den Augen schlecht folgt, sehen wir ihn an diesen vorbeigreifen; schliesslich, als der Allgemeinzustand sich gebessert hat, erfolgt wiederum promptes Zugreifen.

Immerhin ist die Möglichkeit nicht auszuschliessen, dass durch die Exstirpation des Gyr. ang. eine Schädigung des Lokalisierungsvermögens bei dem Affen eintreten kann. Denn in zahlreichen Fällen habe ich mich schon früher<sup>1)</sup>, wie auch diesmal, von der zuerst von Munk bewiesenen Tatsache überzeugen können, dass die Sensibilität des gekreuzten Auges nach Exstirpation eines Gyr. ang. stark beeinträchtigt wird. Die Herabsetzung der Sensibilität tritt nicht ein nach Exstirpation der erregbaren Partien des Stirnlappens, wie des Occipitallappens. Mit diesem Ergebnis stimmen die Befunde überein, die ich früher nach Exstirpation der in Frage kommenden Gebiete erzielt hatte. Und da das Muskelgefühl der Augen für das Lokalisierungsvermögen im Raume von grosser Bedeutung ist, so ist es immerhin nicht unmöglich, dass das Vorbeigreifen durch eine derartige Schädigung bedingt wird. Eine dauernde Stellungsanomalie der Augen oder eine Herabsetzung in der Beweglichkeit habe ich aber nach Exstirpation eines oder beider Gyr. ang. niemals feststellen können. Dagegen kommt es nach derartigen Rindenexstirpationen, wie ich schon oben zur Genüge ausgeführt habe, nicht selten zu einer *Déviation conjuguée* und Herabsetzung der Augenbeweglichkeit, die aber beide nur sehr flüchtiger Natur sind.

Wir kommen jetzt zur Beantwortung der fünften Frage:

„Welche Beziehungen bestehen zwischen den einzelnen für die Auslösung von Augenbewegungen durch schwächere Reize in Frage kommenden Hirnpartien, sind diese alle voneinander unabhängig, oder kommt ein Teil derselben durch Übertragung des Reizes auf dem Wege interzentraler Associationsbahnen zu stande?“

Diese Frage ist, wie wir gesehen haben, nur wenig geprüft und verschieden beantwortet worden. Grewer nimmt an, dass die Bewegungen bei Reizung des Occipitallappens auf dem Wege interzentraler Bahnen zum Stirnhirn zu stande kommt, indem er feststellte, dass die Bewegungen ausblieben, sobald vorher eine Durchschneidung des Grosshirns längs des Sulc. cruc. stattgefunden hatte. Auf Grund der Tatsache, dass nach Abtragung des Occipitallappens spontane

<sup>1)</sup> Loc. cit.

Augenbewegungen beobachtet werden, zieht Munk den Schluss, dass die Augenbewegungen bei Reizung des Occipitallappens durch Übertragung des Reizes vermittels Associationsbahnen zum Gyr. ang. ausgelöst werden, einer Auffassung, der sich auch Bernheimer anschliesst. Obregia zeigte dagegen, dass nach Frontalschnitten unmittelbar vor dem Occipitalhirn die Reizung desselben noch zu Augenbewegungen führte, dass also die in diesem Falle auftretenden Augenbewegungen unabhängig von allen andern Rindengebieten wären.

Eine exakte Klärung dieser Frage wird am ersten möglich sein durch Vergleichung der Reizresultate bei intakter Hirnrinde mit denjenigen nach Exstirpation anderer Rindengebiete. Dieser Vergleich lehrt aber, wie aus unsern Versuchen hervorgeht, dass die Resultate sich vor und nach der Exstirpation fast vollkommen gleich bleiben, ja dass der Reizeffekt in letzterem Falle mitunter noch deutlicher in Erscheinung tritt. So ergibt z. B. die Reizung des Gyr. ang. und des Occipitallappens die gleichen Resultate beim Affen 2, vor und nach der Entfernung der hinteren Stirnhälfte; beim Affen 5 sind die Reizeffekte nach der Exstirpation noch mehr in die Augen springend. Beim Affen 4 sehen wir unmittelbar nach der Exstirpation des Gyr. ang. und des Occipitallappens auf Reizung des Stirnlappens genau dieselben Augenbewegungen wie vor der Exstirpation auftreten, in gleicher Weise beim Affen 5. Bei letzterem Tiere führt die Reizung eines Stirnlappens nach Exstirpation des entsprechenden Gyr. ang. und Occipitallappens zu noch exakteren Augenbewegungen, als am Anfang der Prüfung; die Reizung des zweiten Stirnlappens, 17 Tage nach Entfernung des entsprechenden Gyr. ang. und Occipitallappens, bedingt sehr ausgesprochene Augenbewegungen. Dasselbe Resultat ruft die Reizung des Stirnlappens beim Affen 11 sogar 31 Tage nach Exstirpation beider Gyri ang. und der vordersten Occipitalschichten hervor, und schliesslich ergibt die Reizung des linken Gyr. ang. und des linken Occipitallappens beim Affen 13, 23 Tage nach der Exstirpation beider hinterer Stirnhälften, ein völlig normales Resultat. Dieser Effekt wird bei letzterem Affen noch erzielt bei Reizung des rechten Gyr. ang. und des rechten Occipitallappens 17 Tage, nachdem zu der schon bestehenden beiderseitigen Stirnlappenexstirpation die Exstirpation des linken Gyr. ang. und des linken Occipitallappens hinzugekommen war. Alle diese Befunde liefern somit den einwandfreien Beweis dafür, dass die einzelnen für Augenbewegungen in Frage kommenden Rindengebiete vollständig voneinander unabhängig sind, dass also die Augenbewegungen nicht an eine bestimmte Partie

gebunden sind, zu der der Reiz auf dem Wege von Associationsbahnen hingelangt. Wir müssen im Gegenteil annehmen, dass die Impulse, welche die Augenbewegungen auslösen, sowohl vom Stirnlappen, wie vom Gyr. ang. und vom Occipitallappen durch corticofugale Fasern auf subcorticale Zentren übertragen werden, und dass die einzelnen Hirnpartien auf die Auslösung von Augenbewegungen bei Reizung anderer Hirngebiete eher noch einen gewissen hemmenden Einfluss ausüben.

Auf die Frage, welche Faktoren an dem Zustandekommen der Augenbewegungen bei Rindenreizung beteiligt sind, geben die Versuche 1, 12 und 13 exakten Aufschluss. Sherrington nahm auf Grund seiner Versuche an, dass an der Augenbewegung bei Rindenreizung in gleicher Weise die Kontraktion von Augenmuskeln, wie die Entspannung des Antagonisten beteiligt sind. Aus meinen Versuchen geht hervor, dass allerdings eine Bewegung durch den Antagonisten nach vorhergegangener ausgiebiger Ablösung der das Auge bewegenden Muskeln sehr wohl möglich ist; diese Bewegung ist aber so minimal ausgesprochen, dass sie bei schwachen Reizen, die noch eine deutliche Bewegung des unverletzten Auges auslösen, mitunter vollkommen versagt. Die Bewegungen des Auges bei corticaler Reizung sind daher vorzugsweise aktiver Natur, bedingt durch eine Kontraktion der das Auge bewegenden Muskeln, und hängen nur in ganz untergeordneter Weise von einer Entspannung der antagonistischen Muskeln ab.

Die zuletzt erwähnten Versuche sind dann auch sehr geeignet, in einer andern Frage klärend zu wirken, nämlich in der Frage, ob die bei Rindenreizung weniger zum Vorschein kommende Höhenablenkung, wie Risien Russel einer Vermutung Hughlings Jacksons folgend, experimentell nachgewiesen hat, auf eine kräftigere Innervation der seitlichen Augenbewegungen in der Hirnrinde zurückzuführen ist. Der durch die Rindenreizung zur Auslösung gebrachte stärkere Impuls für die seitlichen Augenbewegungen sollte die Ursache dafür sein, dass die gleichzeitig mit den Seitenbewegungen auftretende Höhenablenkung mehr oder weniger verdeckt wird. Nun, unsere Versuche zeigen, dass die Beobachtungen Risien Russels jeder tatsächlichen Basis entbehren. Beim Affen 12 sind die Bewegungen des rechten Auges nach Excision der Sehne und der vordersten Muskelschichten des rechten Abducens sowohl nach der Seite wie nach oben und unten auf Rindenreizung äusserst geringfügig. In gleicher Weise reagiert das rechte Auge nach vorhergehender Ablösung des

rechten Internus und des rechten Abducens beim Affen 13 sehr träge. Es muss ganz besonders hervorgehoben werden, dass nicht nur eine Beschränkung der Seitenbewegung durch die Ausschaltung der das Auge seitlich bewegenden Muskeln hervorgerufen wird, sondern dass auch die Höhenablenkung infolge der letzteren bei Rindenreizung deutlich gelitten hat. Der Auffassung Risien Russels gegenüber müssen wir daher mit der Tatsache rechnen, dass die bei Rindenreizung zu stande kommenden Seitenbewegungen weit davon entfernt sind, die Bewegungen der Augen nach oben oder unten zu verdecken, dass sie vielmehr gewissermassen anregend auf das Zustandekommen der Höhenablenkung einwirken.

Es bleibt schliesslich noch die Beantwortung der letzten Frage übrig: Welche Schlussfolgerungen lassen sich aus der experimentellen Forschung bezüglich der corticalen Innervation der Augenbewegungen beim Affen ziehen?

Die Frage lässt sich am besten beantworten durch eine kurze Zusammenstellung der erhaltenen Ergebnisse. Das Resultat derselben ist folgendes:

1. Die zentrale Innervation der Augenbewegung besitzt im Cortex cerebri eine sehr grosse Ausdehnung. Sie ist vornehmlich an die hintere Hälfte des Stirnlappens, an den Gyr. ang. und an den Occipitallappen gebunden. Es gelingt, an jeder dieser Stellen bestimmte Herde zu lokalisieren, von denen sowohl eine reine Seitenbewegung, wie eine solche mit Höhenablenkung nach oben oder unten verknüpft ist. Obgleich die Lage dieser Foci ziemlich bestimmt ist, so ist es doch nicht möglich, sie in jedem Falle sicher und konstant zu umgrenzen.

2. Die Ablenkung der Augen nach der entgegengesetzten Seite bleibt bei Rindenreizung stets konstant, die Höhenablenkung aber kann unter Umständen wechseln, und zwar vor allem bei Veränderungen des Erregungszustandes der Hirnrinde.

3. Die Augenbewegungen sind entweder isoliert oder mit Kopfdrehungen bzw. Lidbewegungen verknüpft; letztere können auch isoliert durch Rindenreizung dorsalwärts vom sagittalen Ast des Sulc. praec. hervorgerufen werden. Eine grosse Konstanz zeigt das Auftreten des Lidschlusses bei Rindenreizung. Das Zentrum desselben ist dicht hinter dem Querast des Sulc. praec. gelegen.

4. Die grösste Erregbarkeit für Augenbewegungen besitzt die in der Nähe der Krümmung des Sulc. praec. vor dessen aufsteigendem Aste gelegene Partie, insbesondere in der Verlängerung des Sulc.

front., dann folgt der Occipitallappen und schliesslich der Gyr. ang. Die Erregbarkeit dieser Hirnabschnitte für Augenbewegungen ist voneinander unabhängig, denn sie ist für jeden noch vorhanden nach Ablösung der andern. Es handelt sich demgemäss nicht um eine Auslösung der Augenbewegungen durch interzentrale Associationsfasern, sondern auf dem Wege corticofugaler Bahnen.

5. Die Augenbewegung bei Rindenreizung erfolgt in erster Linie durch aktive Kontraktion der gereizten Muskeln; die Hemmung der Antagonisten ist nur von untergeordneter Bedeutung.

6. Es gelingt nicht, durch Ausschaltung der Seitwärtsbewegungen nach Excision der dieselbe vorzugsweise herbeiführenden Muskeln, bei corticaler Reizung die Ablenkung der Augen nach abwärts oder aufwärts zu erhöhen.

7. Die Ausfallserscheinungen nach Exstirpation der für die Augenbewegungen in Frage kommenden Corticalpartien sind bis auf die Hemianopsie nach Exstirpation des Occipitallappens und eine Herabsetzung der Empfindlichkeit auf dem entgegengesetzten Auge und seiner Umgebung nach Exstirpation des Gyr. ang. fast vollkommen negativ. Es tritt sowohl nach Exstirpation einzelner oder mehrerer oder aller Partien eine nur vorübergehende *Déviation conjugée* auf. Die Fähigkeit, den Blick seitwärts zu lenken, ist in der ersten Zeit nach der Exstirpation gleichfalls herabgesetzt, kehrt aber bald zur Norm zurück.

Aus dieser Zusammensetzung ergibt sich nun die Tatsache, dass wir zurzeit keine Zentren für bestimmte Augenmuskeln, sondern nur für zusammengesetzte Augenbewegungen beim Affen kennen. Niemals kommt es bei Reizung der verschiedenen Rindenpartien zu einer isolierten Muskelbewegung, sondern immer zu einer zusammengesetzten Bewegung, an deren Zustandekommen mindestens vier Muskeln (zwei aktive, zwei passive) teilnehmen. Gewöhnlich ist aber die Anzahl der an einer Augenbewegung beteiligten Muskeln wesentlich grösser. Die hintere Hälfte des Stirnlappens, der Gyr. ang. und der Occipitallappen müssen demnach als Zentren für associierte Augenbewegungen angesehen werden. Da die Exstirpation des Occipitallappens mit einer Hemianopsie, die Entfernung des Gyr. ang. dagegen mit einer Herabsetzung in der Empfindlichkeit des entgegengesetzten Auges und seiner Umgebung verbunden ist, so dürfte in der oben bezeichneten Partie des Stirnlappens, deren Exstirpation sonstige Ausfallserscheinungen nicht zeitigt, die zentrale Vertretung der Augenbewegungen *par excellence* erblickt werden. Diese Auffassung wird



durch die Tatsache der stärkeren Erregbarkeit der hinteren Hälfte des Stirnlappens weiter gestützt. Die von mir früher vertretene Vermutung, dass die bei Reizung des Stirnlappens auftretenden Augenbewegungen als Begleiterscheinung der gleichzeitig von derselben Stelle zur Auslösung gebrachten Kopfbewegung betrachtet werden müssen, lässt sich nicht mehr aufrecht erhalten, nachdem ich gezeigt habe, dass zwar Augen- und Kopfbewegung bei Reizung des Stirnlappens sehr häufig gemeinschaftlich auftreten, dass es aber wohl möglich ist, die beiden Bewegungen isoliert durch Reizung ganz bestimmter und voneinander differenter Rindengebiete hervorzurufen. Durch diese Versuche ist vielmehr der Beweis erbracht, dass das corticale Zentrum für die Bewegungen des Kopfes zum Teil dorsalwärts von demjenigen für die Bewegungen der Augen gelegen ist. Wenngleich aber auch der Gyr. ang. und der Occipitallappen nur als indirekte Zentren für die Augenbewegungen angesehen werden können, deren innige Beziehungen zum Auge, nämlich zu den Gefühlsempfindungen einerseits, zu den Sehempfindungen andererseits, die Reaktion dieser Gebiete auf elektrische Reize erklärlich erscheinen lässt, so ist dennoch die bei Reizung in Erscheinung tretende Augenbewegung nur allein an die entsprechenden corticalen Zentren gebunden und kommt nicht durch Übertragung des Reizes auf das eigentliche im Stirnlappen gelegene Augenzentrum zu stande. Die ausgiebige zentrale Vertretung der Augenbewegung macht es auch verständlich, warum nach Exstirpation eines oder mehrerer Gebiete der Ausfall für die Stellung und die Beweglichkeit der Augen äusserst geringfügig ist und eigentlich nur in der ersten Zeit nach der Operation beobachtet wird. Denn da bei allen Ausfallserscheinungen, die auf Rindendefekte zurückzuführen sind, andere Rindengebiete die Tendenz haben, vikariierend einzutreten, so werden naturgemäss die nach der Exstirpation auftretenden Ausfallserscheinungen von seiten der Augenstellung und Augenbewegung in Rücksicht auf die ausgedehnte zentrale Innervation derselben um so schneller einen Ausgleich erfahren. Da aber selbst bei sehr umfangreichen Exstirpationen der Hirnrinde die fast alle für Augenbewegungen in Frage kommenden Gebiete in sich schliessen, eine Anomalie in der Stellung und Beweglichkeit der Augen nur wenig in Erscheinung tritt, so müssen wir ferner mit der Tatsache rechnen, dass die Stellung der Augen sowohl wie die Beweglichkeit derselben beim Affen in erster Linie durch einen subcorticalen, höchst wahrscheinlich sehr komplizierten Mechanismus bedingt wird, und dass die corticale Innervation der Augenbewegungen

für die intakte Funktion derselben an und für sich nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Die obigen Versuche sind im Physiologischen Institut der Universität Berlin ausgeführt worden.

Dem Kuratorium der Gräfin Bose-Stiftung spreche ich für die materielle Förderung dieser Arbeit meinen ergebensten Dank aus.

---

Erklärung der Abbildungen (Photographien) auf Taf. XIV  
u. XV, Fig. 2–10.

Fig. 2. Macacusgehirn nach Exstirpation in beiden Stirnlappen, im linken Gyr. ang. und linken Occipitallappen.

Fig. 3. Gehirn eines *Macacus cynomolg.* nach Exstirpation in beiden Stirnlappen und beider Gyr. ang., wie des grössten Teils beider Occipitallappen.

Fig. 4. Gehirn eines *Macacus rhesus* nach Exstirpation der hinteren Hälfte beider Stirnlappen.

Fig. 5. Macacusgehirn nach Ausschälung des linken Gyr. ang.

Fig. 6. Dass. nach Exstirpation des linken Gyr. ang. und des linken Occipitallappens.

Fig. 7. Dass. nach Exstirpation der hinteren Hälften beider Stirnlappen.

Fig. 8. Dass. nach Exstirpation im linken Stirnlappen, beider Gyr. ang. und der vorderen Schichten beider Occipitallappen.

Fig. 9. Dass. nach vollständiger Entfernung beider Stirnlappen.

Fig. 10. Dass. nach totaler Exstirpation des linken Occipitallappens.

---

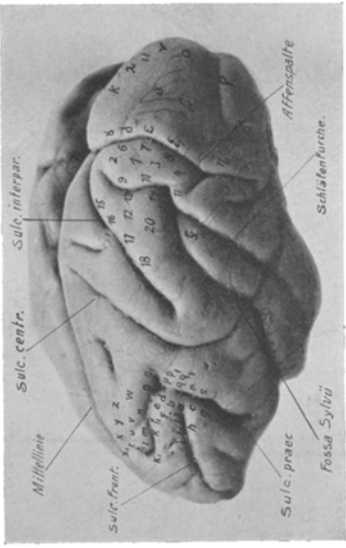


Fig. 1.



Fig. 3.



Fig. 5.

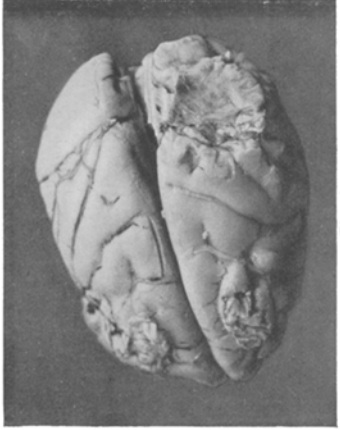


Fig. 2.

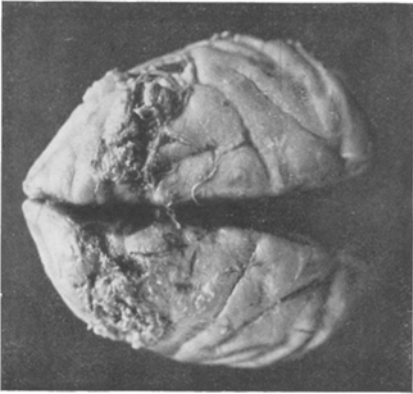


Fig. 4.

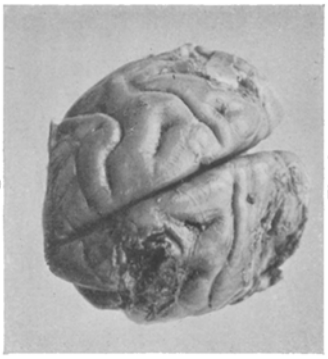


Fig. 8.



Fig. 6.

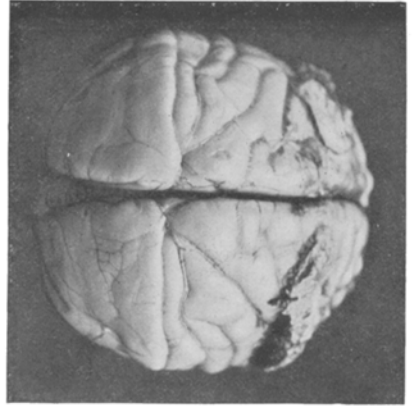
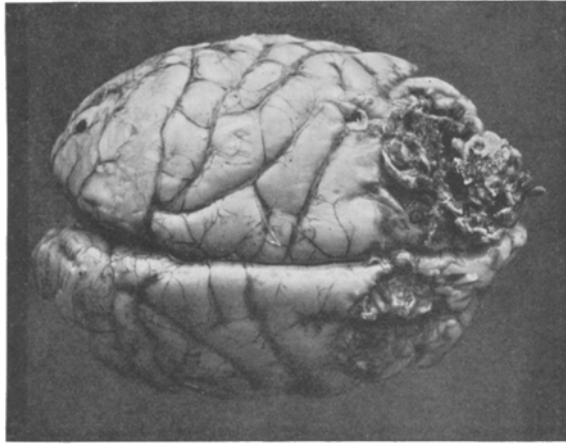
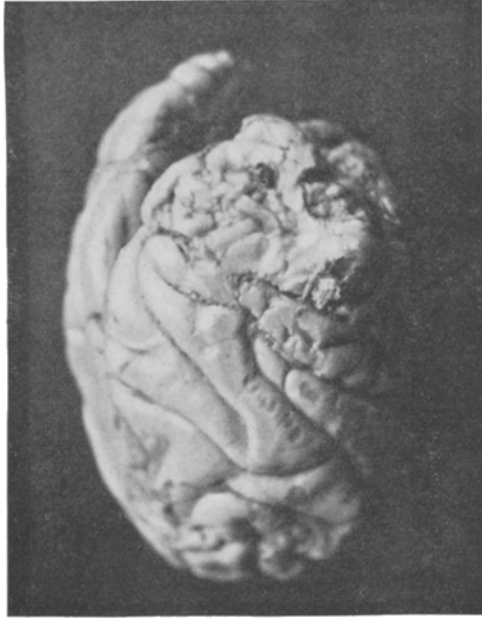


Fig. 7.



*Fig. 9.*



*Fig. 10.*