Die Theorien über den Mechanismus der assoziierten Konvergenz- und Seitwärtsbewegungen, studiert auf Grundlage experimenteller Forschungsergebnisse mittels Augenmuskultransplantationen an Affen.¹⁾

Von

Prof. Dr. A. Marina, Triest.

Privatdozent.

(Mit 1 Abbildung.)

I.

Die Zentren und Mechanismen, die den assoziierten Bulbusbewegungen dienen, gaben und geben noch immer den Stoff für rege Forschungen ab; die klinischen Bilder liefern das wichtigste Tatsachenmaterial und die Schlüsse, die man daraus folgern kann, bleiben immer die bedeutsamsten, wenn man nach strenger kritischer Durchsicht des Materials nicht zu weite Schlüsse ziehen will und die Erwägungen sich in den durch die logischen Formeln scharf begrenzten Bahnen bewegen.

Will man jedoch den Mechanismus eingehender studieren, so reicht dazu die klinische Beobachtung, durch das anatomisch-pathologische Ergebnis unterstützt, nicht vollständig aus; es gestattet uns dies zwar das Studium des Endresultates und der Entwicklung und Ausbildung der Erscheinungen, aber sowohl diese wie jenes sind nur äusserst selten rein und streng begrenzt und die Läsion hat meist nicht einen solchen Charakter, dass man von einem strengen Parallelismus zwischen Defektsymptomen und Lokalisation sprechen könnte. Es sind und waren daher von grossem Nutzen die experimentellen Beobachtungen an Tieren, vornehmlich an Affen, wenn man aus dem Experimente nicht mehr herausklügeln will, als das Experiment selbst besagt.

In diesem Aufsatz will ich zunächst ein Bild von dem heutigen Stand der Frage geben und werde diese dann an der Hand experimenteller Beobachtungen, die ich in zwei Etappen vorgenommen

1) Aus einem in dem 3. italienischen Kongress für Neurologie in Rom (Oktober 1911) gehaltenen Vortrag.

habe, studieren, da das Ergebnis der Experimente für die uns beschäftigende Frage von einer gewissen Bedeutung ist.

Wenn wir aus dem Beobachtungsmaterial der Symptomatologie und Pathologie der assoziierten Augenmuskellähmungen das herausgreifen, was sich auf die Konvergenz- und Seitwärtswendung der Bulbi bezieht u. zw. im Rahmen der nervösen Läsionen, so finden wir in bezug auf die assoziierte Konvergenzlähmung fast gar nichts vor. Ich konnte wenigstens so streng begrenzte und so scharf lokalisierte Läsionen, die nur eine assoziierte Konvergenzlähmung bedingt hätten und die einer sachlichen Kritik standhaltende Folgerungen ermöglicht hätten, nicht vorfinden und sie sind auch sicher äusserst selten.

In diesen Fällen stösst man auf eine anscheinend paradoxe Tatsache, dass zwei Muskeln ausschliesslich für die Konvergenz, eigentlich noch besser gesagt, für die Konvergenzfixation gelähmt sind, während die Bewegung nach innen bei der Seitwärtswendung der Bulbi frei ist oder umgekehrt; da nun eine sichere anatomische Basis fehlt, welche Licht in diese Verhältnisse bringen würde, griff man zu Hypothesen und Theorien.

So nahm Parinaud die Existenz eines besonderen supranukleären Konvergenzzentrums an, d. i. eines Konvergenzzentrums für die beiden Recti interni, von dem zwei Bündelchen oder Fasern für die beiden Zentren des 3. Hirnnervenpaares abgehen, die die Bewegungen jener Muskeln im Sinne der besprochenen Funktion bewerkstelligen sollen; damit wäre auch die Möglichkeit erklärt, dass bloss ein Rectus internus u. zw. bloss für die Konvergenzbewegung gelähmt sei, indem man eben eine Läsion des Zentrums selbst oder der Fasern, die vom supranukleären Zentrum ausgehen, annimmt.

Manche lehnen diese Hypothese, die durch keine Beweise erhärtet erscheint, ab und finden in Anbetracht der langen Kette von Zellgruppen im Oculomotoriuskern und im Hinblick auf die Verbindung der beiden Kerngruppen, die man als Zentren der Interni ansieht, durch gekreuzte Fasern, die Annahme näherliegend, dass das Zentrum des Rectus internus in zwei Teile geteilt sei, wovon einer für die Konvergenz, der andere für die Seitwärtswendung dient oder aber, dass die Kommissurenfasern die Kerne in toto für die Konvergenz vereinigen, während andere Fasern, die vom Abduzenskern ausgehen, dieses letztere Zentrum mit dem des kontralateralen Internus verbinden und auf diese Weise die Seitwärtswendung zustande kommt.

In einer grösseren Zahl von Beobachtungen findet man dagegen Lähmung der Seitwärtswendung, da diese Erscheinung häufiger ist.

Was das cortikale Zentrum der Seitwärtswendung der Bulbi beim Menschen anbetrifft, so finden wir hier — im Gegensatz zum Konvergenzzentrum, worüber soviel diskutiert wurde, dass es noch immer unbekannt ist — eine reichliche Zahl von Fällen, die für die Lokalisation desselben im Fusse der zweiten Stirnwindung, als die wichtigere Region, sprechen und ich will diesbezüglich bloss zwei jüngst beschriebene Fälle zitieren.

Der Kranke Ceconi's ¹⁾ bot Deviation der Bulbi und des Kopfes nach rechts dar und linksseitige obere Hemiplegie; bei der Autopsie fand sich ein Erweichungsherd, der sich auf die zwei unteren Drittel der vorderen Zentralwindung und den Fuss der zweiten Stirnwindung beschränkte; aus dem Kontext geht hervor, dass der Erweichungsherd rechts sass.

Am ersten Tage nach dem Iktus bestand bloss Deviation des Kopfes, am zweiten Tage auch Deviation der Bulbi und Lähmung des Armes.

Poggio ²⁾ beschrieb folgenden Fall: 25jährige Bäuerin, Mai 1905 Taenia; in demselben Monat Abnahme des Sehvermögens, die sich im Januar zu Amaurosis steigerte; wurde von Raymond wegen Cysticercus operiert. Im August 1906 Anfall mit Ameisenlaufen und dann klonische Zuckungen am kleinen Finger der linken Hand mit nachfolgender Lähmung und Anästhesie des ganzen Gliedes, die eine Stunde dauerte. 20 Tage nachher ein neuer Anfall, der an der linken Gesichtshälfte und links am Halse mit Drehung des Kopfes nach links begann. In den folgenden Anfällen, die mit Krämpfen bald an den Fingern, bald am Gesicht und am Halse einsetzten, kam noch Deviation der Bulbi und des Kopfes nach links hinzu, während im rudimentären Anfällen bloss Deviation der Bulbi zustande kam. Vom ersten Anfall abgesehen, kam es nie zu Lähmungserscheinungen, auch nicht vorübergehend, und auch nicht zu Bewusstseinsverlust. Bei der am 7. VIII. 1907 vorgenommenen Operation fanden sich 2 Cysticerken, einer entsprechend dem Eude der zweiten rechten Stirnwindung, der andere 1 cm dahinter und etwas höher gelegen.

Diese zwei Beobachtungen sprechen im Verein mit denen von

1) Ceconi, Sul centro corticale della deviazione del capo e dagli occhi. La clinica medica italiana 1908.

2) Poggio, Sul centro della deviazione oculocefalica. Rivista di patologia nervosa e mentale 1909, p. 216.

Touche, Bechterew, Schupfer, Fabrizi¹⁾ u. a. gemachten für die Existenz eines Zentrums für die Seitwärtswendung der Bulbi und des Kopfes im Fusse der zweiten Stirnwindung; es ist dies eine bedeutungsvolle Tatsache, weil sie die früheren Forschungen ergänzt, die den Sitz in den hinteren Teil der Hemisphären verlegten.

So schrieb Knies²⁾ auf Grundlage der Experimente von Munk und Schäfer, dass man fast von der ganzen Rinde durch Reizung assoziierte Bulbusbewegungen hervorrufen könne, dass diese aber vornehmlich bei Reizung der Sehsphäre im Hinterhauptslappen zustande kommen; diese Region soll auch das Zentrum für die willkürlichen Bulbusbewegungen sein, in enger Beziehung mit der bewussten Empfindung der Lichtreize.

Weitere Beobachtungen und Erfahrungen lenkten die Aufmerksamkeit der Forscher auf eine benachbarte Zone usw. auf den Gyrus angularis; auch bei Läsionen an dieser Stelle fand man konjugierte Deviation der Bulbi. Ja, Bard äusserte den Gedanken, dass die Blickdeviation in diesen Fällen auf die Hemianopsie zurückzuführen sei, die häufig im Anschluss an solche Läsionen auftritt, wahrscheinlich infolge Mitbeteiligung der Sehfasern, die auf ihrem Wege zum Hinterhauptslappen darunter verlaufen. Er sagte: da der Kranke die der Läsion gegenüberliegende Gesichtsfeldhälfte nicht sieht, so schaut er dahin, wo er sieht. Doch konnte diese Anschauung nicht aufrecht erhalten werden, als man oberflächliche Rindenzerstörungen im Bereiche des Gyrus angularis ohne Hemianopsie beobachtete.

Es gibt nun, wie ich schon hervorgehoben habe, klinische Beobachtungen, die für eine Lokalisation der assoziierten Bulbusbewegungen im Gyrus angularis sprechen; diesbezüglich schreibt jedoch Monakow³⁾, indem er die akuten Fälle, in denen Fernsymptome und Diaschisis mitspielt, von den chronischen sondert:

„Mögen die Fälle von Anton und Pick in symptomatologischer und allgemeiner lokalisatorischer Beziehung noch so interessant sein, so kommt ihnen vorerst eine grössere lokaldiagnostische Bedeutung so lange nicht zu, bis wir nicht eine grössere Reihe verwandter, noch reinerer und vor allem stabiler Fälle . . . gewonnen haben. Die Zahl der publizierten Fälle von Herdläsionen in der Regio parietalis (insbesonders des Gyrus angularis) mit ausgesprochenen und länger währenden Innervationsstörungen der Augen ist immer noch eine

1) Fabrizi, Contributo clinico allo studio delle paralisi oculari. Annali dell'Istituto psichiatrico della R. Univ. di Roma 1904. Fasc. 4.

2) M. Knies, Die Beziehungen des Sehorgans und seiner Erkrankungen. Bergmann, Wiesbaden 1893. S. 76—77.

3) v. Monakow, Gehirnpathologie. 1905. S. 697.

recht spärliche und es stehen solchen positiven Fällen eine Menge von negativen d. h. von Fällen gegenüber, in denen die konjugierte Deviation während der ganzen Dauer der Krankheit fehlte.“

Wir wollen uns nun den Ergebnissen der in den letzten Jahren vorgenommenen Tierexperimente zuwenden.

Bernheimer nahm auf Grund von Experimenten an Affen im Jahre 1899 an und vertrat dieselbe Anschauung auch in einer späteren Publikation¹⁾, dass das cortikale Zentrum für die Seitwärtswendung der Bulbi im Gyrus angularis, im mittleren Drittel der zwei Äste, zu lokalisieren sei, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der von Ferrier, Luciani und Tamburini angestellten Untersuchungen, wonach Reizung sowohl der Angularis wie des Hinterhauptslappens Bulbusbewegungen hervorrufen, jedoch nicht konstant und nur nach starken Reizungen.

Bernheimer konnte mit der Marchimethode die Degeneration eines Nervenfaserbündels verfolgen usw., was von besonderer Bedeutung ist, nicht durch die Corp. quadrigemina, sondern unter dem Aquäduktus; dieses Bündel soll sich mit dem grösseren Faserteil gegen die ventrale Region des hinteren Längsbündels erstrecken, von wo aus mit den motorischen Zentren der Augenmuskelnerven in Kontakt treten könnte. Nach diesen Annahmen wäre demnach die Ansicht Helds, dass es Fasern gibt, die von den vorderen Vierhügeln im Fasciculus longitudinalis Meynerts (fontaineartige Kreuzung) absteigend zu den Augenmuskelnerven treten (absteigende Fasern) hinfällig und tatsächlich stimmen die klinischen Beobachtungen mit den Ansichten Helds nicht überein.

Levinsohn²⁾ nahm dann wieder die Untersuchungen und das Studium der corticalen Zentren für die Augenbewegungen auf. Ich will hier weder den historischen noch den bibliographischen Teil, noch die Experimente zitieren; ich werde mich darauf beschränken, die Schlussergebnisse dieser bedeutsamen Arbeit, die Levinsohn selbst in einigen Punkten zusammenfasste, hier wiederzugeben:

1. Die zentrale Innervation der Augenbewegung besitzt in Cortex cerebri eine sehr grosse Ausdehnung. Sie ist vornehmlich an die hintere Hälfte des Stirnlappens, an den Gyrus angularis und an den Occipitallappen gebunden. Es gelingt, an jeder dieser Stellen bestimmte Herde zu lokalisieren, von denen sowohl eine reine Seiten-

1) Bernheimer, Die Gehirnbahnen der Augenbewegungen. v. Graefes Arch. f. Ophthalm. 57. Bd. 2. H. 1903.

2) Levinsohn, Über die Beziehungen der Grosshirnrinde beim Affen zu den Bewegungen des Auges, v. Graefes Arch. f. Ophthalm. 71. Bd. 2. Heft. 1909.

bewegung, 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 ist dicht hinter dem Querast des Sulcus 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 Sulcus front., dann folgt der Occipitallappen und schliesslich der Gyrus ang. Die Erregbarkeit dieser Hirnabschnitte für Augenbewegungen ist voneinander unabhängig, denn sie ist für jeden noch vorhanden nach Ablösung der anderen. Es handelt sich demgemäss nicht um eine Auslösung der Augenbewegungen durch interzentrale Assoziationsfasern, sondern auf dem Wege corticofugaler Bahnen.

5. Die Augenbewegungen 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 Exzision der dieselbe vorzugsweise herbeiführenden Muskeln, bei cortikaler Reizung die Ablenkung der Augen nach abwärts oder aufwärts zu erhöhen.

7. Die Ausfallerscheinungen nach Exstirpation der für die Augenbewegungen in Frage kommenden Cortikalpartien sind bis auf die Hemianopsie nach Exstirpation des Occipitallappens und eine Herabsetzung der Empfindlichkeit auf dem entgegengesetzten Auge und seiner Umgebung nach Exstirpation des Gyrus angularis fast vollkommen negativ. Es tritt sowohl nach Exstirpation einzelner oder mehrerer oder aller Partien eine nur vorübergehende *Déviacion 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 diesen Schlussergebnissen, wie aus den klinischen Beobachtungen, geht hervor, dass es in der Rinde nur Zentren für die kon-

jugierten Bewegungen der Bulbi und nicht für die einzelnen Augenmuskeln gibt; es sei hervorgehoben, dass über das Konvergenzzentrum nichts verlautet und dass die Beobachtungen und Auseinandersetzungen Sherringtons keine Bestätigung fanden. Dieser Autor nimmt nämlich an, dass die Bewegungen bis zur Medianlinie sowohl bei Rindenreizung wie bei willkürlicher Anspannung auch dann noch zustande kommen, wenn der Oculomotorius und Troclearis auf der einen Seite durchschnitten werden. Sherrington sah bekanntlich darin einen Beweis dafür, dass die Seitwärtswendung bei Rindenreizung nicht infolge einer aktiven Anspannung zustande kommt, sondern infolge Hemmung der Tätigkeit der Antagonisten. Aus den Experimenten Levinsohns geht ferner hervor, dass die reizempfindlichere Zone jene im Bereiche des Stirnhirns ist, in Übereinstimmung mit den klinischen Beobachtungen, wobei diese Zone als das wichtigste Zentrum sich erweist. Zuletzt sei noch erwähnt, dass die Versuche Bernheimers wie Levinsohns in Übereinstimmung mit den klinischen Erfahrungen zeigten, dass die Lähmung der Seitwärtswendung wie auch, und sogar noch mehr, die konjugierte Deviation nicht andauernd bestehen bleiben.

Das wäre in Kürze der heutige Stand der Frage, der cortikalen Zentren für die Augenbewegungen und man kommt nun auf die naheliegende Frage, auf welchem Wege die Rinde ihren Einfluss auf die Augenmuskelnzentren im Mesencephalon geltend mache.

Bernheimer glaubt diese Bahnen bis zum hinteren Längsbündel verfolgt zu haben, doch schweigen über diesen Punkt die anatomisch-pathologischen Beobachtungen. Wir wissen, dass diese Bahnen nicht durch die innere Kapsel hindurchtreten, wenigstens nicht als Bündel, weil man bei reinen Läsionen daselbst keine assoziierte Lähmung der Augenbewegungen findet; dasselbe könnte man in bezug auf den Thalamus aussagen, da sowohl beim Syndrome thalamique des Menschen, wie bei den Tierexperimenten, wie man auch aus der Arbeit d'Abundos entnimmt, Lähmung der Seitwärtswendung nicht auftritt, und ebenso wenig stellt sich dieses Phänomen beim Syndrome lenticulaire ein, wie die klassische Arbeit Mingazzinis und jene Piazzas beweisen. Es gibt zwar vereinzelte Fälle von Thalamusläsion mit konjugierter Seitwärtswendung, doch war der Krankheitsprozess dabei so ausgedehnt, dass man daraus keine Folgerungen ziehen konnte.

Bei dem absoluten Mangel an klinischen Beobachtungen büsst der von Bernheimer erhobene Befund an Bedeutung ein; man beachte noch, dass aller Wahrscheinlichkeit nach, das wichtigste Zentrum nicht im Gyrus angularis, sondern im Stirnlappen sitzt, wie wir oben gesehen haben. Wenn man die der Arbeit Bernheimers bei-

gelegten Tafeln durchsieht, findet man ein voluminöses Bündel degeneriert, das von einem Zentrum stammt, welches in bezug auf seine Bedeutung als zweitklassiges bezeichnet werden muss; um wie viel mächtiger müsste das Bündel sein, das vom Stirnlappen kommt! Und doch findet man es beim Menschen nicht vor. In diesem Punkte gibt es einen klaffenden Zwiespalt zwischen den experimentellen Forschungsergebnissen und den anatomisch-pathologischen Beobachtungen.

Wir kennen die Stellen, wo im Mesencephalon die Zentren für die isolierten und assoziierten Augenbewegungen, insbesondere für die Seitwärtswendung, liegen; es ist dies die Gegend der pedunculopontinen Haube und man trachtete nun die Zone strenger zu umgrenzen. Unter anderen konnten Prevost, Poumeau und d'Astros auf Grund eigener Beobachtungen den pedunkulären Anteil als Zentrum für die Seitwärtswendung der Bulbi ausschliessen. Aus dem Studium des 1. Typus Fovilles (Hemiplegie auf der einen Seite, Lähmung der Seitwärtswendung und des Facialis auf der anderen Seite) schlossen sie, dass die Leitungsbahnen für die Seitwärtswendung und für den Facialis die Medianlinie, die Raphe, vor der Pyramidenkreuzung überschreiten, aus dem Studium des 2. Typus Fovilles (Hemiplegie der Extremitäten und Facialislähmung auf der einen Seite, Lähmung der Seitwärtswendung auf der anderen Seite) folgerten sie, dass die Leitungsbahnen für die Seitwärtswendung die Medianlinie vor jenen des Facialis kreuzen.

Wollte man aber den Mechanismus der assoziierten Bulbusbewegungen erklären, so kam man über die Hypothesen nicht hinaus, die von den einen angenommen, von den anderen abgelehnt wurden. Es ist klar, dass zum Zustandekommen beispielsweise der Seitwärtswendung eine Verbindung zwischen dem Abduzenszentrum und jenem für den kontralateralen Rectus internus annahm, sei jetzt diese Verbindung direkt oder indirekt. Wo und wie findet nun diese Verbindung statt?

In meinem Buche über multiple Augenmuskellähmungen¹⁾ kam ich nach dem Studium eigener Beobachtungen und solcher anderer Autoren zum Schlusse, dass ein Tumor, der den Abduzenskern betrifft, fast immer konjugierte Deviation der Bulbi bedingt. Weitere Beobachtungen bestätigten die Tatsache, dass Lähmung der Seitwärtswendung bei Läsion des besagten Kernes auftritt, so die Fälle von Bertolotti²⁾, Römer und Roche; die Läsion des Oculomotorius be-

1) Marina, Über multiple Augenmuskellähmungen usw. Fr. Deuticke. Leipzig und Wien 1896.

2) Bertolotti, Le connessioni anastomotiche oculogire nel mesencefalo. Rivista di patol. nerv. e ment. 1906. p. 385.

dingt dagegen nicht Lähmung der Seitwärtswendung, so behauptet Righetti¹⁾ in seiner wichtigen Arbeit, obwohl einige Autoren der Ansicht sind, dass Läsionen des 3. Hirnnervenpaares assoziierte Lähmung der Bulbusbewegungen nach oben und unten und Konvergenzlähmung verursachen können.

Grasset²⁾ und seine Schüler gaben ein vollständiges Schema für den Mechanismus der Seitwärtswendung. Ein Fasersystem, von Grasset als *oculogire* bezeichnet, geht von der Rinde aus; es enthält funktionelle Fasern für den Kern des kontralateralen Abduzens und für den gleichseitigen Oculomotoriuskern. Diese Fasern sollen die Medianlinie in der Haube kreuzen und mit dem hypothetischen supranukleären Zentrum im Sinne Parinauds und Sauvinaus in Beziehung treten; nach Austritt aus diesem Zentrum soll sich das Bündel in zwei Teile teilen, wovon der eine zum Abduzenskern, der andere nach neuerlichen Überschreiten der Medianlinie zum Oculomotoriuskern ziehen soll.

Die Bezeichnung „*oculogire*“ ist glücklich gewählt, die Annahme des Bündels logisch begründet, die Lokalisation des Verlaufes des Bündels durch die Raphe an sich möglich, doch alles übrige ist, wie gesagt, noch immer eine umstrittene Frage.

Sicher ist, wie Bertolotti mit Recht hervorhebt, dass Zerstörung des ganzen Oculomotoriuskernes wohl Lähmung aller von diesem Kerne innervierten Muskeln zur Folge hat, aber keine Lähmung der Seitwärtswendung bedingt, die man dagegen bei Tumoren des Abduzenskernes beobachtet; man behauptet daher, dass von diesem Kern die Verbindungsbahn mit einem Teil des Oculomotoriuskernes ausgeht (aufsteigende Fasern), dass also der Abduzenskern der hauptsächlichste Faktor für die Seitwärtswendung ist.

Es ist nun die Frage berechtigt, ob die Verbindung der beiden Kerne sichergestellt ist. Auch das nicht, denn Duval und Laborde glauben Fasern nachgewiesen zu haben, die vom Abduzenskern ausgehend nicht zum Oculomotoriuskern ziehen, sondern zu den austretenden Wurzeln (Anastomose Duvals). Dieser Befund, der von dem besagten Autor bei der Katze erhoben wurde, wird von van Gehuchten nicht zugegeben, dagegen ist Bertolotti auf Grund klinischer Beobachtungen von Ilberg, Bouchard, Magliola geneigt anzunehmen, dass diese Anastomose Duvals auch beim Menschen bestehe.

1) Righetti, *Sopra un caso di sindrome della cuffia mesencefalica ecc. Rivista die patol. nerv. e ment.* 1907. p. 305.

2) *Révue neurologique* 1900. p. 586.

Ebenda 1904. N. 13. p. 645.

Ebenda 1905. p. 69.

Cantonnet et Jaguet, ebenda. 1906. p. 308.

Wir haben gesehen, dass viele Autoren eine Verbindung zwischen dem Abduzenskern und dem kontralateralen Oculomotoriuskern vermittels aufsteigender Fasern annehmen; eine Minderzahl ist der Ansicht, dass diese Verbindung durch absteigende Fasern zustande kommt, die von den Vierhöhlen zu den Kernen des 3. und 4. Hirnnerven ziehen — alle sind jedoch darin einig, dass die hinteren Längsbündelfasern die grosse Verbindungsbahn darstellen. Einige Autoren stellen sich vor, dass diese Verbindung zum Teil indirekt zustande kommt; so kommt z. B. Edinger¹⁾ zum Schluss, dass die Seitwärtswendung der Bulbi vom Abduzenskern aus bedingt wird durch Fasern, die durch das hintere Längsbündel zum gleichseitigen Oculomotoriuskern ziehen, von wo aus gekreuzte Fasern zum Rectus internus der anderen Seite ausgehen.

Wir haben gesehen, dass einige Forscher wohl Verbindungsfasern annehmen, die aber von einem als supranukleär bezeichneten Zentrum ausgehen, dem die assoziierende Funktion zukommen würde, während dem Abduzenskern diese Funktion abgesprochen wird.

Sauvigney²⁾ war es, der im Jahre 1892 beim Studium der Policephalitis acuta superior das Auftreten assoziierter Lähmungen der Bulbi infolge Blutungen, die insbesondere die Zellen des zentralen Höhlengraus lädierten, ohne dass der Abduzenskern und der Oculomotoriuskern erheblich mitbetroffen gewesen wären, beobachtete und daher jenen Zellen die assoziative Funktion für die Augenbewegungen zuschrieb, wobei er „l'existence d'une classe susnucleaire des paralysies oculaires“ zugab. Es sind dies einige jener Zellen, denen Monakow später den Namen Schaltzellen gab und eine Funktion in dem von Sauvigney ausgesprochenen Sinne zuschrieb; diese Zellen würden also eine anatomische zelluläre Verknüpfung darstellen, die jedoch die Bedeutung des hinteren Längsbündels nicht beeinträchtigen würde.

Einige Autoren, wie Bruns und Reinhold, behaupten nun, dass diese Hypothese unnütz sei; sicherlich vermag sie nicht eine von Fischer³⁾ gemachte Beobachtung zu erklären, wobei Läsion eines einzigen Muskels, des Internus, an einem Auge bestand usw. bloss für die assoziierte Seitwärtswendung und nicht für die Konvergenz. Dieses Verhalten erscheint dagegen wohl begreiflich bei Annahme einer Läsion des Bündelchens, welches den Abduzenskern vereinigen soll. Man darf andererseits nicht die hochwichtige Beobachtung Biel-

1) Edinger, Bau der nervösen Organe. 1904. 1. Bd. S. 177.

2) Sauvigney, Troubles de la motilité oculaire. Extrait de l'encyclopédie française d'ophtalmologie. T. I. p. 730.

3) Zit. bei Bertolotti, l. c.

schowskys¹⁾ übersehen, aus der er folgert, dass die Interni für sich allein ihre Funktion als Seitenwender einbüßen können.

In der letzten Zeit studierte Bielschowsky²⁾ ausser den willkürlichen Bewegungen bei der Seitwärtswendung auch die **automatischen** Bewegungen, die er in der Weise prüft, dass er dem Explorandum den Auftrag gibt, einen bestimmten Gegenstand kontinuierlich zu fixieren und von den Kopf des Prüfenden passiv nach der gegenüberliegenden Seite dreht.

Die Möglichkeit, dass es besondere Bahnen für diese automatische Einstellung der Bulbi gibt, die gleichzeitig mit Deviation des Kopfes auftritt, wird von dem genannten Autor auf Grundlage eines Falles zugegeben, indem die willkürliche Seitwärtswendung aufgehoben war, die automatische dagegen von statten ging. Zur Bestätigung der Ansicht, dass die Bahnen für die Bewegungen des Kopfes mit jenen, welche der Seitwärtswendung der Bulbi dienen, vereint sind, könnte eine Beobachtung Janischewskys³⁾ dienen, wo bei einem an Morbus Parkinson Leidenden die Seitwärtswendung der Bulbi nur bei gleichzeitiger Drehung des Kopfes möglich war.

Die Zentren und Bahnen für die automatischen Bewegungen wären nach einigen Autoren (Gansel, Cantonnet, Taguet) im Pulvinar zu suchen, nach anderen dagegen im Corpus geniculatum externum, wo die optischen Bahnen abzweigen, um zur Rinde des Hinterhauptslappens aufzususteigen, nach Thomas⁴⁾ u. a. wieder in einem anderen System und zwar in jenem des Deitersschen Kernes. Ja, dieser letztere Autor beobachtete, dass eine Läsion dieses Zentrums eine aufsteigende Degeneration im gekreuzten hinteren Längsbündel zur Folge hat und dass man diese Degeneration bis zu den Kernen des 3. und 4. Hirnnerven verfolgen kann, während die absteigende Degeneration bis zum Grundbündel des Rückenmarks verfolgt werden kann und fügt hinzu, dass das Auftreten dieser Degenerationen uns darüber Aufschluss gibt, weshalb bei Läsionen des Deitersschen Kernes konjugierte Ablenkung der Augen zustande kommen kann. Auf diesem Wege würde der Dreh-, kalorische und galvanische Nystagmus zustande kommen (Barány).

Tatsächlich belehrt uns ja die Anatomie und die vergleichende

1) Bielschowsky, Die Innervation des Musculus r. int. als Seitenwender. Ophthalmol. Gesellsch. Heidelberg 1909.

2) Bielschowsky, Zur Frage der Lokalisierung assoziierter Blickrichtungen. Monatsschr. f. Psych. und Neurol. 1908. H. 3.

3) Révue neurol. 1909. p. 827.

4) Société de neurologie de Paris. Séance du 15. Janr. 1903. Révue neurol. 1903. N. 2. p. 95.

Anatomie, wie Wallenberg¹⁾ hervorhebt, darüber, dass der Deiterssche Kern der Kern des N. vestibularis ist. Dieser Autor bemerkt weiter, dass die Vestibularisreaktionen der Bulbi ausbleiben, wenn der N. vestibularis oder seine labyrinthären Irradiationen betroffen sind, während sie, wenn auch modifiziert, bestehen bleiben, wenn die intrapontinen Irradiationen betroffen sind. Eigentlich sollte man anstatt vom Deitersschen Kerne besser vom System des Deitersschen Kernes sprechen, da Roller und Kohnstamm der Ansicht sind, dass demjenigen Anteil die grössere Bedeutung zukommt, der als Bechterew-scher Kern oder Nucleus angularis Kohnstamms bezeichnet wird.

Bloss ein Punkt des Befundes von Thomas stimmt mit der Anatomie nicht vollständig überein. Nach Edinger²⁾ stammt der N. vestibularis aus dem Ganglion labyrinthi und endigt in drei Stellen: im breiten dorsalen Kerne, im absteigenden, spinalen Wurzelfeld und im ventralen Teil des Wurms. Die Zellen des Deitersschen Kernes entsenden einen Teil ihrer Achsenzylinder bis in die Vorderseitenstränge des Rückenmarks mit dem Tractus vestibularis spinalis, ein Teil verläuft dicht unter dem Boden des Ventrikels bis an die Raphe der Oblongata und schliesst sich dort den auf- und absteigenden Fasern des dorsalen Teiles des hinteren Längsbündels an, das in dieser Gegend zum überwiegenden Anteil aus Fasern besteht, die die Augenmuskelerne mit der Medulla verbinden. Weiter nimmt man an, dass ein Teil der ascendierenden Fasern des Deitersschen Kernes homolateral verläuft, während ein anderer Teil die Mittellinie kreuzt und auf der anderen Seite aufsteigt. Wenn dies beim Menschen zutrifft, so hätte Thomas auf beiden Seiten degenerierte Fasern vorfinden müssen.

Ferner gibt es wahrscheinlich eine Verbindung, die vom Kleinhirn wenigstens bis zum Abduzenskern reicht. Fuse³⁾ wies die Existenz eines Faserzuges nach, das vom Flocculus cerebelli zum Abduzenskern ziehen soll; dieser Faserzug wird, in der Tierskala aufsteigend, immer voluminöser, um beim Menschen die grösste Entwicklung zu erreichen. Dieser Autor nimmt weiter eine Verbindung zwischen dem besagten Kern und der Nebolive sowie den interolivären Zellen an; es gelangen zu diesem Kerne auch noch viele Fasern aus dem lateralen zentralen Höhlengran und aus der Formatio eticularis.

1) Jahresversammlung der Gesellschaft Deutscher Nervenärzte. Berlin, Oktober 1910.

2) Edinger, Bau der nervösen Zentralorgane. 1. Bd. 7. Aufl.

3) G. Fuse, (Tokio), Die Topographie, die feinere Architektonik und die zentralen Verbindungen des Abduzenskerns bei einzelnen Repräsentanten der Säuger. Neurol. Zentralbl. 1911. Nr. 4. S. 182.

Es ist nun schwer nachzuweisen, welches von diesen verschiedenen Systemen für die willkürliche Seitwärtswendung, welches für die automatische Einstellung in Betracht kommt; doch spricht, was das Zustandekommen des Nystagmus anbetrifft, alles dafür, dass die Hauptaufgabe dem Deitersschen System mit seinen Verbindungen durch das hintere Längsbündel zufällt.

Wenn ich mich über die ersten Punkte mit Vorsicht ausspreche, so geschieht es im Hinblick auf die Tatsache, dass die klinischen Beobachtungen nicht alle übereinstimmen. Spricht der Fall Thomas zu gunsten dieser Annahme, so spricht der Fall Economos¹⁾ dagegen. In diesem Falle, der genau beobachtet und sehr sorgfältig mittels Marchimethode untersucht wurde, handelte es sich um einen Tuberkel der Brücke, der unter anderem fast den ganzen N. vestibularis mit dem Deitersschen Kern zerstört und den Abduzens komprimiert hatte, während dessen Kern intakt geblieben war; weiter fand man Degenerationen im hinteren Längsbündel beiderseits, die wahrscheinlich vom Deitersschen Kern herkommen; während des Lebens hatte man nun bloss eine Abduzensparese beobachtet, und Economo hebt hervor, dass keine Blicklähmung bestand, während Nystagmus auftrat.

Was den **vestibulären Nystagmus** anbelangt, so wird die Ansicht über den Weg, durch den derselbe zustande kommt, ziemlich übereinstimmend, und Ewald²⁾ betont, dass von jedem Labyrinth vier Verbindungen zu den Augenmuskeln vorhanden sein müssen, zwei zu den beiden Externis und zwei zu den beiden Internis. Er fügt aber hinzu: Doch ist dabei wohl zu beachten, dass zur Erzeugung einer Bewegung des Auges es auch genügen kann, wenn in einem der genannten Muskeln der Labyrinthtonus herabgesetzt wird, in welchem Falle dann sein Antagonist überwiegt. Jedes Labyrinth wirkt ferner auf das benachbarte, d. h. also auf das gleichseitige Auge.

Es sei noch hervorzuheben, dass Bartels³⁾ auf Grundlage eines komplizierten Experimentes an Kaninchen zum Schlusse kam, dass sowohl in der langsamen wie in der schnellen Phase eine Kontraktion eines Augenmuskels und Erschlaffung des Antagonisten stattfindet, er

1) Const. v. Economo, Über dissoziierte Empfindungslähmungen bei Ponstumoren usw. Separatabdr. aus den Jahrbüchern f. Psych. u. Neurologie, 32. Bd. 1911.

2) Wanderversammlung der südwestdeutschen Neurologen und Irrenärzte 1910. Arch. f. Psych. u. Neur. 1910. 47. Bd. 2. H. S. 947.

3) Bartels (Strassburg), Über nervöse Bahnen zwischen Ohrapparat und Augenmuskulatur. 36. Versammlung d. ophthalm. Gesellschaft in Heidelberg. 1910.

schliesst daraus auf das Bestehen eines kontinuierlichen Muskeltonus in den Augenmuskeln, der vom Ohre aus unterhalten wird (vestibulär). Er fand ferner, dass der Nystagmus bloss vom Internus oder bloss vom Externus hervorgerufen werden kann, aber der wichtigste Faktor wäre dabei immer die Kontraktion.

Jedenfalls resultiert aus den Studien Bárány's eine bestimmte normale Symptomatologie; darnach findet man bei Reizung des Vestibularis Nystagmus mit zwei Komponenten, eine rasch nach der gegenüberliegenden Seite bei Drehung und bei kalter Spülung, nach der gleichsinnigen Seite bei warmer Spülung; die langsame Komponente findet in entgegengesetzter Richtung zur raschen Komponente statt.

Marburg¹⁾ fasste in seinem, in der vorjährigen Jahresversammlung der Gesellschaft deutscher Nervenärzte, erstatteten meisterhaften Referate den klinischen Teil der Frage über die Blicklähmung folgendermassen zusammen:

„Wir hätten demnach bei pontinen Herden eine doppelte Ursache für die *Déviation conjugée*: die erste besteht in einer Läsion der Willkürbahnen — cerebrale, hemiplegische Form. Sie ist zumeist herdkontralateral mit gleichseitiger Hemiplegie verknüpft und dürfte ein Reizungssymptom darstellen. Sie ist an Herde im Brückenfuss nahe seiner oralen Grenze gebunden, wenn sie ein wenig haubenwärts vordringen. Die zweite, die labyrinthäre oder vestibuläre Form, findet sich bei Affektionen der Brückenhaube, wenn diese den Deitersschen Kern, resp. dessen System lädieren. Sie scheinen herdgleichseitig und herdkontralateral . . . als Reizungs- und Lähmungssymptom auftreten zu können

Fasst man aus all den Fällen nur jene von Hunnius, Hallopeau und von Senator ins Auge, so bieten sie alle drei die herdgleichseitige Blicklähmung, wobei die Läsion im Falle von Hunnius oral vom Abduzenskern in der Brückenhaube sitzt, jene von Hallopeau im Abduzenskern selbst, jene von Senator ventrolateral von diesem gelegen ist, allerdings auch in der Brückenhaube, jedoch ohne das hintere Längsbündel und den Abduzenskern zu tangieren. Die blosse Nebeneinanderstellung dieser Fälle spricht schon sehr gegen ein alleiniges nukleäres Zentrum und gegen ein Zentrum überhaupt Man wird demnach sich weder auf den Standpunkt Foville-Wernickes, noch auf jenen v. Monakows stellen und im ersterem Falle eine in der Nähe des Abduzenskern gelegenes, im letzteren ein aus assoziativen Zellen bestehendes, in der Haube befindliches Zentrum

1) Marburg, Jahresversammlung der Gesellschaft Deutscher Nervenärzte. Berlin. Okt. 1910.

annehmen, schon deshalb nicht, weil diese Zentren viel zu ausgedehnt sein müssen und deshalb ein anatomisches Korrelat sich nicht erweisen lässt Man wird darum den Begriff des Blickzentrums in Pons, der in einen Wortstreit auszuarten droht, fallen lassen und ermitteln, unter welchen Bedingungen Blicklähmungen im Pons eintreten und welche besonderen Charaktere diese besitzen. Der Umstand, dass die Blicklähmung herdgleichseitig erfolgt, dass ferner die supranukleäre Abduzensbahn im vorderen Ponsgebiet die Pyramide verlässt, spricht dafür, dass diese Bahn sich von vorne her in den Kern einsenkt and zwar offenbar durch das hintere Längsbündel. Die Fasern, die zum Abduzens gehen, werden, wofür die *Déviations* allein Beweis ist, begleitet von den Fasern des Rectus int. der Gegenseite, soweit sie dem Blick dienen, ein Muskel, dessen Nerv ja aus dem dem Abduzens gleichseitigen Kern entspricht. Dabei brauchen die Fasern nicht en masse in das hintere Längsbündel einzustrahlen, sondern in losen Bündelchen. Es genügt dann, dass ein Herd im hinteren Längsbündels oder im Abduzenskern sitzt, wenn er nur ersteres lädiert, um Blicklähmung zu erzeugen, zumal diese Herde ja nie auf so enge Bezirke beschränkt sind die Annahme der Läsion einer Blickbahn für das Zustandekommen der Blicklähmung im vorstehendem Sinne in Anlehnung an Hunnius und Bleuler aber erklärt alle Herde in der Abduzenskerngegend und im hinteren Längsbündel, dass, wie Spitzer ausführt, die Blickbewegungen nach seiner Seite hin beherrscht, das rechte nach rechts, das linke nach links. Der Fall Senators spricht jedoch gegen die alleinige Annahme einer Bahn, die vor dem Abduzenskern das hintere Längsbündel erreicht. Hier müssen andere Verhältnisse vorwalten; sollte vielleicht die Bahn aus dem Deitersschen Kern ähnliches hervorrufen können wie die Willkürbahn, neben der *Déviations* auch Blicklähmung? Der Fall Senators spräche eher dafür als dagegen, zumal Senator betont, dass die innere Abteilung des Strickkörpers in seinem Fall geschädigt ist Trotzdem möchte ich dies als sehr problematisch hinstellen und eher annehmen, dass die Blickbahn gelegentlich spinaler ihrem Ziele zustrebt Man kann deshalb für die Topik nur schliessen, dass herdgleichseitige Blicklähmungen einen Herd in der Ponshaube entsprechen, zumeist medial und dorsal gelegen, zumeist auch mit Einschluss des hinteren Längsbündels und des Abduzenskernes.“

II.

Obwohl die Untersuchungen über die konjugierten Augenbewegungen immer reger werden, Hypothesen und Theorien, die im Sinne einer bestimmten Gruppe von Beobachtungen aufgestellt oder abge-

ändert werden, einander ablösen, ist sonderbarerweise eine vor einigen Jahren von mir publizierte Arbeit ¹⁾ vollkommen unbeachtet geblieben, obwohl sie infolge der wichtigen Schlussergebnisse volle Beachtung verdient hätte und zwar mindestens als Mahnruf zur Vorsicht bei Aufstellung von Theorien über den Mechanismus der assoziierten Augenbewegungen.

In jener Arbeit, die ich im Verein mit dem verstorbenen Doktor Cofler ausgeführt hatte, um festzustellen, ob zur Pupillenverengerung bei der Konvergenz die Kontraktion des *Musc. rectus internus* notwendig sei, konnte ich folgende Tatsachen feststellen: Die genannte Reaktion fand auch statt, wenn an Stelle des *Rectus internus* der *Obliquus sup.* transplantiert war und ausserdem konnte noch nachgewiesen werden (und das ist der springende Punkt bei der uns beschäftigenden Frage), dass die Konvergenz- und Seitenbewegungen auch dann noch zustande kamen, wenn an Stelle des *Rectus internus* der *Obliquus superior* oder an Stelle des *Externus* der *Musculus internus* (Kreuzung der beiden (*Recti*)) transplantiert war.

Diese experimentellen Ergebnisse hätten an sich wohl genügt, um die Frage der auf Grund unserer fundamentalen Vorstellungen über Zentren und Leitungsbahnen mit allem Scharfsinn erdachten Mechanismen aufzurollen und Zweifel über die Existenz supranukleärer, regulatorischer Assoziationszentren für die Augenbewegungen aufkommen zu lassen, wenigstens was das Zustandekommen dieser Erscheinungen beim Affen anbetrifft — in den Schlusssätzen jener Arbeit unterliess ich es auch nicht, auf diesen Punkt hinzuweisen.

In einer neuen, jüngst im Verein mit den Kollegen Doktor Oblath und Doktor Danelon gemachten experimentellen Arbeit ²⁾ ging ich daran, diese Studien zu vervollständigen, indem ich dabei vom Grundgedanken ausging, nicht mehr den *Rectus medialis*, sondern den *Lateralis* durch einen anderen Muskel zu ersetzen, weil nach Ansicht vieler Forscher der Abduzenskern es ist, der, sei es direkt oder indirekt — den Hauptanteil bei den Seitenbewegungen hat. Ich verschloss mich dabei der Notwendigkeit nicht, auch andere Mechanismen

1) A. Marina, Ricerche sperimentali sul restringimento alla convergenza e sui movimenti laterali e di convergenza dei bulbi. *Annali de neurologia*. 1903. Napoli.

Derselbe, Über die Kontraktion des Sphinkters iridis bei der Konvergenz und über die Konvergenz- und Seitenbewegungen der Bulbi. *Zeitschrift f. Nervenheilkunde* 1905. Bd. 24.

2) A. Marina, O. Oblath, G. Danelon, Studi sperimentali sui movimenti laterali dei bulbi oculari. *Annali dei neurologia* Napoli 1910.

und Erscheinungen zu studieren, die in den allerletzten Jahren durch die wichtigen Veröffentlichungen Bielschowskys und Bárány's bekannt wurden.

Der Arbeitsplan war folgender: Transplantation des Rectus superior an Stelle des rechten Rectus internus, nachdem die Aktion des letzteren ausgeschaltet worden war; darauf Untersuchung, wie sich die willkürlichen Seitenbewegungen, die automatische Einstellung, der Nystagmus und die Seitenbewegungen bei Reizung der cortikalen Zone der betreffenden Zentren verhalten. Auf diese Weise konnte ich einen vollständigen Überblick über das Verhalten des ganzen Mechanismus gewinnen, durch alle Leitungsbahnen, die den Seitenbewegungen der Bulbi vorstehen. Ich muss diejenigen, die sich für die Details der einzelnen Experimente näher interessieren, auf die Originalarbeit verweisen und will hier nur in Kürze die Resultate zusammenfassen.

Man fand konstant bei allen Affen, sowohl bei denjenigen, wo die Operation vollständig gelungen war (Gruppe A), wie bei den zwei Affen, wo infolge unvollständig gelungener Operation der Rectus lateralis zwar etwas hinter dem physiologischen Insertionspunkt am Bulbus haftete, aber noch mitwirkte (Gruppe B), auch wenige Tage nach der Operation Deviation des rechten Bulbus nach innen, die nach erfolgter Vernarbung noch weniger hervortrat, da sie leichter wurde; ausserdem beobachtete man bei einem Affen der Gruppe A eine leichte Abweichung des Bulbus nach unten und bei zwei Tieren (III und VI) eine leichte Abweichung nach oben.

Bei allen Affen gelangen die willkürlichen und automatischen Bewegungen, die schon 3—4 Tage nach der Operation angedeutet waren, nach erfolgter Vernarbung vollständig. Nur bei einem Tiere erfolgten sie nicht im vollen Umfang, weil infolge wiederholter Zerrung des Musculus externus, die in der Absicht eine Nissl-Degeneration in den betreffenden Abduzenskern hervorzurufen, gemacht worden war, eine stärkere Anschwellung der Bindehaut am Angulus externus aufgetreten war. Bloss bei zwei Affen (V und VI) beobachtete man auch Spuren von Bewegungen nach oben.

Bei allen Tieren gelang der Drehnystagmus vollkommen normal nach beiden Seiten hin.

In beiden Tiergruppen blieb der Nystagmus nach Spülung mit kaltem Wasser vollständig aus; es traten nur Symptome allgemeinen Unwohlbefinden auf. Vielleicht reagiert auf diesen Reiz hin der N. vestibularis der Affen verschieden von dem des Menschen.

Bei einem Affen der Gruppe B war der galvanische Nystagmus vollständig normal nach beiden Seiten hin; bei einem Tiere der Gruppe A beobachtete man dieses Symptom bloss durch einen Augenblick bei

Stromunterbrechung mit positivem Pole im äusseren Gehörgang; diese spärlichen Beobachtungen rechtfertigen keine allgemeinen Folgerungen.

Verwickelter sind die durch die monopolare faradische Reizung der Cortikalzonen, die als Zentren für die Augenbewegungen bekannt sind, erzielten Resultate; doch erhielt man auch hier positive Resultate von grosser Bedeutung für das uns beschäftigende Thema.

Bei Reizung linkerseits zwischen zwei Punkten (a und b Fig. 1)¹⁾, die oberhalb der Stelle liegen, wo der aufsteigende Ast des Sulcus

Fig. 1.

frontalis arcuatus nach vorne ausbiegt (den hinteren Anteil des Gyrus frontalis superior und Gyrus frontalis medius homologe Stelle), an der von Levinsohn bezeichneten Stelle, erhielt man bei drei Affen bloss assoziierte Bewegungen der zwei Bulbi nach rechts, bei einem Affen beobachtete man diese Bewegungen bloss bei Reizung des Punktes a, während man von der Umgebung dieses Punktes aus Divergenzbewegungen der beiden Bulbi und vom Punkte b aus nur Bewegungen des linken Bulbus nach oben erzielte. Die Exkursionen des rechten Bulbus waren konstanterweise weniger vollständig als die des linken.

1) Siehe Originalarbeit. Ich muss erwähnen, dass es sich bei der unter der Figur stehenden Erklärung um einen Druckfehler handelt. Unter die Figur 1, die das Generalschema aller dieser Versuche darstellt und deren Besprechung im Texte sich vorfindet, gehört gar keine weitere Erklärung.

Bei den zwei Kontrollaffen der Gruppe B traten bei Reizung derselben Stelle bei einem Tiere bloss assoziierte Bewegungen nach rechts auf, bei dem anderen bloss Divergenzbewegungen.

Nur bei Reizung des oberen Anteils des vorderen Astes des linken Angularis (b u. e.) traten Bulbusbewegungen auf. Bei einem Affen erhielt man dissoziierte Bulbusbewegungen, oft deutliche Divergenz, die am linken Bulbus stärker ausgesprochen war, bei einem zweiten Affen sah man gar keine Bulbusbewegungen, bei einem dritten minimale assoziierte Bulbusbewegungen nach rechts, bei einem vierten bloss Divergenz, die am linken Bulbus deutlicher war. Bei den zwei Kontrollaffen trat einmal bloss Divergenz der beiden Bulbi und zuweilen Bewegungen nach oben am linken Bulbus auf, bei dem anderen Tiere fand überhaupt keine Bewegung statt. Oft stellte sich bei Reizung der bezeichneten Punkte der frontalen Zone deutliche Deviation des Kopfes nach rechts ein und zwar sowohl bei der Gruppe A wie bei der Gruppe B.

Wenn man nun die beiden Versuchsreihen, die im Jahre 1903 ausgeführt und die soeben besprochene, vereint, so sieht man, dass verschiedene und vielfache Muskelsubstitutionen vorgenommen werden und dass die Zahl der Versuchstiere eine nicht geringe war; und jedesmal stellte sich, sobald die posttraumatischen Symptome verschwunden waren, die willkürlichen assoziierten Seitwärts- und Konvergenzbewegungen vollständig wieder her. Bei der zweiten Versuchsreihe konnte man auch die vollständige Wiederherstellung der automatischen Bewegungen nachweisen und normalen horizontalen Drehnystagmus.

Was den Reizeffekt der okulär motorischen Zone in der Rinde anbetrifft, so bestätigen unsere Experimente vollständig die von Levinsohn gewonnenen Resultate, wonach die grössere und konstantere Reizbarkeit in der frontalen Zone zu finden ist.

Über die von uns vorgefundene geringe und unkonstante Reizbarkeit des Gyrus angularis, welche sich nur bei Reizen, die auf den oberen Teil des vorderen Astes einwirkten, kundgab, über das Fehlen von Augenbewegungen bei Reizung des Hinterhauptlappens, will ich mich nicht weiter aussprechen, da dies von verschiedenen Faktoren abhängen kann und der Zweck unserer Arbeit nicht darin lag, Experimente anderer Autoren zu kontrollieren, sondern festzustellen, ob bei Rindenreizung der Bulbus, bei dem an Stelle des Rectus externus der Rectus superior transplantiert war, assoziierte Seitenbewegungen ausführt und dies konnten wir ohne jeden Zweifel feststellen.

Ja, die Resultate gingen über unsere Erwartungen hinaus, weil wir auch Divergenzbewegungen der Bulbi beobachten konnten, die eben die seitliche Deviation des rechten Bulbus klar erwiesen, wobei die Leistung des Rectus externus durch jene des Rectus superior ersetzt war.

Vollständig fehlte die Leistung des Rectus superior als Heber (bloss der linke Bulbus ging nach oben) und dies ist ganz natürlich; es sei aber erwähnt, dass der Anteil an der Hebung, den unter physiologischen Verhältnissen der Obliquus inferior hat, bei Rindenreizung ganz ausblieb; vielleicht fehlt in der Rinde ein Zentrum für diese Tätigkeit des kleinen Obliquus.

Wir wollen nun die im ersten Teil auseinandergesetzten Theorien über die assoziierten Augenbewegungen auf unsere operierten Affen anwenden und prüfen.

Ein Tierexperiment an sich allein kann unter keinen Umständen eine festgestellte klinische Tatsache umstossen und sicherlich kann beim Menschen ein Herd in der als Zentrum für die assoziierten Bulbusbewegungen bekannten hinteren Zone der Stirnrinde und vielleicht auch in jener des Gyrus angularis temporäre Deviation der Bulbi bedingen — diese zwei Tatsachen bleiben bestehen und die Resultate meiner Versuche lassen diesbezüglich keine Einwände erheben, ebensowenig sie die Annahme des oculogiren Systems von der Rinde zur Brücke widerlegen.

Ich will hier absichtlich nicht in die Diskussion über den Mechanismus der konjugierten Deviation eingreifen, ob zu ihrem Zustandekommen neben der Lähmung der Agonisten auch Spasmus der Antagonisten notwendig sei, wie es mir plausibler erscheint, und welche die Ursache dieses Spasmus in den verschiedenen Fällen verschiedener Lokalisation sei — und zwar deshalb nicht, weil man meiner Meinung nach zunächst über den Mechanismus der Seitenbewegungen im Klaren sein muss. Wenn wir aber auf die Ponshaube kommen, häufen sich die Schwierigkeiten.

Wir haben gesehen, dass Marburg auf klinischem Boden fussend, zu demselben Schluss gekommen war, wie ich in meiner ersten Arbeit, dass nämlich ein Blickzentrum nicht besteht. Ich würde es eigentlich vorziehen, von einem Zentrum für die Konvergenz und Zentrum für die Seitwärtswendung zu sprechen, da gerade diese Bewegungen von mir studiert wurden, während der Begriff Blickzentrum, wenn man genau sein will, auch die Bewegungen nach oben und unten mit einschliesst.

Aus der Tatsache, dass die Konvergenz auch nach der Substitution eines nicht vom Oculomotorius innervierten

Muskels stattfindet, nämlich nach Transplantation des Obliquus superior und sogar des Rectus externus, geht hervor, dass beim Affen weder ein supranukleäres, noch ein nukleäres Zentrum für die Konvergenz besteht.

Aus der Tatsache, dass die Seitenbewegungen, sei es mit zwei Interni, sei es mit einem Externus und einem Obliquus superior, sei es mit einem Internus und einem Rectus superior, sei es mit zwei Laterales zustande kommt, geht hervor, dass es beim Affen weder ein supranukleäres noch ein nukleäres Zentrum für die Seitenbewegungen der Bulbi gilt.

Wir kommen nun zu den Assoziationsbahnen, die den assoziierten Bulbusbewegungen vorstehen und die mit ihrer Disposition die assoziierten Bulbusbewegungen bedingen sollen.

Es ist klar, dass für diese Bahnen keine besonderen Assoziationszentren notwendig sind und wir haben im ersten Teil gesehen, dass viele Autoren solche auch nicht annehmen; hingegen treten fast alle für das Bestehen von Verbindungen ein, sei es zwischen den zwei Oculomotoriszentren für die Konvergenz, sei es, direkt oder indirekt zwischen dem Abduzenskern und dem Kern oder den Wurzeln des kontralateralen Oculomotorius für die Seitenbewegungen. Nur van der Schuern¹⁾ ist der Ansicht, dass der Abduzenskern gar keine Fasern zum hinteren Längsbündel schickt, indem er die Existenz von Schaltneuronen, die ihn mit den Kernen des 3. und 4. Hirnnerven vereinigen sollen, in Abrede stellt; nach diesem Forscher sollen die bilateralen synergischen Bewegungen von den beiden Hirnhemisphären ausgeführt werden.

Wenn auch die Resultate meiner Versuche keiner dieser Hypothesen direkt widerstreitet, so lehren sie uns doch eine viel wichtigere Tatsache, der gegenüber alle Hypothesen und alle Diskussionen über die Existenz und über die fixe Disposition von Verbindungswegen ihren Wert verlieren; sie lehren uns, dass die Leitungsbahnen oder die Schaltzellen, oder was man da immer für einen Mechanismus annehmen will, keine fixe Funktion haben; sie können keine fixe Funktion haben, wenn urplötzlich mit einer neuen Funktion ein Muskel betraut werden kann, der durch das ganze Leben des Tieres und durch das Leben seiner Voreltern in den früheren Generationen, durch Tausende von Jahrhunderten, immer eine andere Funktion gehabt hatte.

1) van der Schuern, Le degré d'entrecroisement des nerfs moteurs du globe oculaire. „Le Neuraxe“. Vol. 10, fasc. II. Rivista di pat. nerv. e ment. 1911. p. 113.

Man könnte einwenden, dass bei Innervation der Augenmuskeln in eine bestimmte Richtung hin, alle Augenmuskeln und alle Verbindungsbahnen in Aktion treten, so dass es sich schliesslich nur um ein Plus an Innervation in jener bestimmten Richtung hin, handelt — doch ist gerade dieses Plus an assoziierter Innervation das bedeutsame Moment und will man dafür diesen Namen wählen oder die Erscheinung als Konvergenz oder Seitwärtswendung bezeichnen, die Tatsache bleibt immer die gleiche.

Man könnte einwenden, dass Sherrington nachgewiesen habe, dass die Entspannung, die Verlängerung der Antagonisten, der erste Faktor bei den assoziierten Augenbewegungen sei und die Kontraktion der Agonisten bei Rindenreizung begleite. Doch muss ich zunächst hervorheben, dass die Annahme Sherringtons durch die Experimente Levinsohns nicht bestätigt wurde, ferner, dass die Entspannung oder Verlängerung der Antagonisten den Bulbus doch nur bis zur Medianlinie wird bringen können und nicht weiter, und wenn man schliesslich für einen Augenblick auch zugeben wollte, dass die Bewegungen in einer bestimmten Richtung hin nur auf Entspannung der Antagonisten zurückzuführen seien, so wird dadurch die Fragestellung nur verschoben, aber die Frage nicht gelöst. Man würde eine Blickdeviation vor sich haben, die auf eine neue Entspannungsassoziation zurückzuführen wäre, wozu urplötzlich von den physiologischen verschiedene Bahnen notwendig wären und so würde man eben zum Ausgangspunkt der Betrachtungen zurückkehren.

Schliesslich könnte man behaupten, dass dies nichts anderes als eines der vielen Anpassungsphänomene sei, wie die erhebliche Wiederherstellung der motorischen Funktion bei Tieren nach Durchschneidung der Pyramidenbahnen, wie das Wiedererkennen von Tönen mit entsprechenden Handlungen auf einen bestimmten Ton hin nach Exstirpation der Hörzone.

Manzardo¹⁾, der meine erste Arbeit nicht kannte, durchschnitt beim Kaninchen und Pferd die Sehne des Rectus internus, um die Behandlung des Strabismus zu studieren und führte zunächst die partielle, und dann die totale terminoterminal (End zu End) Transplantation des Rectus superior aus, die er als totale Anastomose bezeichnet.

Das Resultat war sehr gut und dies bestätigt ja unsere Beobachtung; er schreibt dann: „Diese Beobachtung beweist auch für den speziellen Fall die Anpassungsfähigkeit des Zentralnervensystems an die neue Funktion trotz der verschiedenen Innervation der zur Trans-

1) A. Manzardo, Il trapianto e l'incrociamiento tendineo nella cure dello strabismo. *Annali di ottamologia*. 1910. fasc. 9.

plantation gebrauchten Muskeln“ und fügt hinzu: „Für die Bedeutung der neuromuskulären Anpassungsfähigkeit als wichtigsten Faktor für die Wiederkehr der Funktion bei der Sehnentransplantation bringen mehrere Autoren (Fiori, Capelli u. a.) durch Tierversuche eindeutige experimentelle Beweise, die die Fähigkeit eines Muskels, die Funktion des Antagonisten zu übernehmen, klar erweisen.“

Ich konnte mir weder die Publikation der zitierten Autoren, noch Referate darüber verschaffen, doch begreift man ohne weiteres, dass alle, da sie meine erste Arbeit nicht kannten, wie so manche, mit dem Begriffe der Anpassungsfähigkeit sich zufrieden gaben. Was bedeutet aber eigentlich Anpassungsfähigkeit? Das, was meiner Meinung nach aus meinen Experimenten an Affen resultierte, dass nämlich die Leitungsbahnen für die Augenbewegungen nicht fix sind.

Wahrlich sind die Beispiele für die Anpassungsfähigkeit eines Muskels, die Funktion des Antagonisten zu übernehmen, nicht neu. Die ganze Literatur über die orthopädische Transplantation spricht davon; doch sind diese Experimente nicht rein, weil die Transplantationen meist partiell sind, weil die spezielle Innervation von mehreren Segmenten ausgeht, weil Rückenmark-, Nerven- oder Muskelläsionen oder Knochenveränderungen bestehen; zur Anpassung ist dabei Zeit und Übung notwendig und man kann deshalb an eine neue Leitung, an eine neue Assoziation denken, die sich langsam ausgebildet hat.

Bei unseren Versuchen beobachten wir hingegen, dass diese langsame Ausbildung gar nicht notwendig ist, dass die neuen Verbindungen sofort da sind, als ob sie immer existiert hätten und nicht etwa zwischen Zentren derselben Seite, die zu einer funktionellen Gruppe von Agonisten und Antagonisten zusammengehören, sondern zwischen Zentren der einen und der anderen Seite, die nicht durch funktionelle Tätigkeit mit einander verbunden sind, wie z. B. zwischen den zwei Abduzenskernen; und dies nicht bloss bei den willkürlichen Bewegungen, sondern für den Internus und den kontralateralen Rectus superior auch bei elektrischer Rindenreizung, ferner bei den automatischen Bewegungen und sogar beim Nystagmus.

Welches immer die Leitungsbahnen seien, die diesen Funktionen vorstehen, und dies gilt auch für die Deitersschen Bahnen — obwohl der Fall Economos gegen das Bestehen einer Bahn, die das Deiterssche System mit dem Abduzenzkern und dem des kontralateralen Rectus verbindet, spricht — so müssen wir sagen, dass dieses Leitungssystem nicht fix ist, da wir das normale Vorgehen aller jener Funktionen auch bei den operierten Tieren beobachtet haben. Es sind demnach alle okulären Bahnen der Brückenhaube, des verlängerten Markes, nicht fix; alle nukleären und intranukleären

Verbindungen können durch andere ersetzt werden und dies ganz plötzlich. Es erhebt sich da die Frage, ob bei den Affen Verbindungsfasern zwischen den okulären Zentren, wie sie uns vorstellen, bestehen und mit der Funktion betraut wird, die sie ihnen zuschreiben.

Denn es ist ja, wie ich es schon in meiner Arbeit betonte, keine Erklärung, wenn ich im Laufe der Auseinandersetzungen gesagt hatte, dass die bewusste Rindentätigkeit weder Zentren, noch Bahnen, noch Muskeln kennt, sondern bloss Bewegungen und Bewegungsrichtungen; tatsächlich möchte man nach dieser zweiten Versuchsreihe dasselbe auch inbezug auf die unbewusste Rindentätigkeit, die Brückenhaube und das Deiterssche System sagen.

Doch muss man in den Folgerungen noch weiter gehen. Wir haben gelernt, dass die verschiedenen Kerne untereinander durch anatomische Bahnen vereint sind, von denen einige, wie diejenigen, welche einen Teil der Oculomotoriuskerne der beiden Seiten miteinander vereinigen, sichergestellt sind; wir haben gelernt, dass durch das hintere Längsbündel Nervenfasern ziehen, die die verschiedenen okulären Zentren miteinander verbinden und bei bestimmten Läsionen degenerieren; dass es Nervenfasern gibt, die vom Deitersschen Kern zum Abduzenskern und den anderen okulären Kernen ziehen — es entsteht da die Frage: wenn die funktionellen Bahnen für die Augenbewegungen bei den Affen nicht fix sind, können es die anatomischen Bahnen sein?

Nein, denn wir können uns die Funktion der Leitungsfähigkeit nur an anatomische Bahnen gebunden vorstellen, sonst hätten ja diese keine Existenzberechtigung, und so erhält diese ganze Frage, die zunächst nur um die Innervation der Augenmuskeln sich drehte, eine viel grössere und weittragendere Bedeutung, die nämlich, dass die anatomischen Assoziationsbahnen für die Zentren der Augenmuskeln nicht fix sind; dieser Satz stösst tiefeingewurzelte Überzeugungen vollständig um, die die Frucht langer und mühsamer Untersuchungen waren und macht die bis jetzt geführte Diskussion über den Mechanismus und über die Bahnen, die die verschiedenen okulären Zentren miteinander verbinden, müssig.

Es soll aber sofort hervorgehoben werden, dass meine Versuche die, allerdings noch unbekannten, Projektionsbahnen von der Rinde zu den Kernen nicht betreffen; sie betreffen bloss die intranukleären Assoziationsbahnen und die Deitersschen nukleären Bahnen für die Blickrichtung und den Drehnystagmus, also die Relationen des Palaeencephalons im Sinne Edingers, nicht die Projektionen und die Assoziationen des Neencephalons. Es wäre demnach verfehlt, wollte man die aus diesen Versuchen gewonnenen Resultate auf die Asso-

ziationsbahnen im allgemeinen beim Affen anwenden; um so verfehlt wäre es, sie auf den kranken Menschen anwenden zu wollen, obwohl man viel zu oft sogar vom Kaninchen auf den Menschen Schlussätze zu übertragen pflegt.

Aber ich muss mich wohl überwinden, um mich nicht zu einer allgemeinen Applikation und Generalisation des Satzes fortzureissen zu lassen, um nicht das bezüglich der Assoziationsbahnen der okulären Kerne beobachtete auf alle Assoziationsbahnen zu übertragen und den teleologischen Gesetze, welche der Funktion der alten primordialen Bahnen, motorischer Projektion, z. B. der Pyramidenbahnen, deren Funktion nur schwerlich wiederhergestellt werden kann, vorstehen, grundverschieden sein müssen von den Gesetzen, die die Funktion der Assoziationsbahnen regeln.

So muss man sich wohl zurückhalten, um nicht die Resultate der Tierexperimente auf den Menschen zu übertragen, wenn man sieht, wie sich in relativ rapider Weise jenes ausgedehnte und hochwichtige Assoziationsfeld ausbildet, das das Lesen und Schreiben ermöglicht. Wenn aber die Erwägungen über die erzielten Resultate der Forschung vielleicht neue Fragen werden stellen können, so dürfen sie nicht das künftige Forschungsergebnis vorwegnehmen.

Es ist hier eine um so grössere Vorsicht am Platze, als uns jede Erklärung für den Mechanismus, der die Substitution eines okulären Kernes durch einen anderen ermöglichen würde, fehlt und wir uns darüber gar keine Vorstellung machen können; wir befinden uns hier auf schwankendem Boden, es fehlt uns jede Basis; es entzieht sich als etwas Unfassbares unserer Erwägungen, wenn wir uns noch so sehr Mühe geben, es zu erfassen; es bedrückt uns die vollständige Unkenntnis über die Grundprobleme der Biologie des Nervensystems.

Grossartig sind die Fortschritte der Nervenphysiologie und Neurologie in den letzten 20 Jahren gewesen, doch wusste keiner das Problem erschöpfend zu erforschen und man muss nun wieder vom Neuen anfangen, man muss zum methodischen, strengen, kompletten Studium des Grundphänomens jeder nervösen Erscheinung, des Reflexes zurückgreifen. Bis die Physiologie uns nicht darüber belehrt haben wird, warum der Reflex auf eine bestimmte Weise zustande kommt, im gegebenen Moment, auf eine bestimmte Art auftritt, infolge welcher physikalischer und chemischer Veränderungen bestimmter Organe oder bestimmter Organteile in Erscheinung tritt, werden viele unserer Hypothesen, die wir zur Erklärung einfacher, und noch mehr, wenn wir sie zur Erklärung komplizierter Funktionen des Nervensystems heranziehen, trügerisch sein.