

Grundplan der Augenbewegung.

1. Teil.

Die gleichsinnigen waagerechten Augenbewegungen.

Von

Prof. Dr. J. Ohm, Bottrop in Westfalen.

Mit 9 Textabbildungen.

1. Einleitung.

An der Lösung des Rätsels der Augenbewegung haben sich viele Forscher beteiligt. Die älteren Physiologen behandelten sie von einem geometrischen Standpunkt (Gesetz von *Donders* und *Listing*) und bestimmten die Wirkung der Augenmuskeln auf Grund von Messungen an ihrem Ursprung und Ansatz, ein Verfahren, das nur am Leichenauge möglich ist und wohl nur in der Ruhelage zu einwandfreien Ergebnissen führt. Es wird auch heute noch geübt (*Colenbrander*, *van der Hoeve* und *Roelofs*). Dann spürte man den Kräften nach, die Augenbewegungen veranlassen, und den Zentren, in denen sie entstehen, sowie den Bahnen, auf denen sie sich abspielen. Als Quellen dienten klinisch-anatomische Untersuchungen am Menschen, die mit dem größten Fleiße ausgeschöpft sind, und Versuche am Tier, die noch nicht frei von Fehlern sind*. Trotz der ungeheuren Mühe sind wir aber von einer völligen Aufklärung selbst einfach scheinender Teilfragen, wie der konjugierten Seitenwendung, noch weit entfernt. Daß fast alles noch im Fluß ist, ergibt sich aus dem großen Werk des Neurologen *Muskens*** , der selbst über eine 40jährige klinische Erfahrung und ausgedehnte Kenntnisse auf dem Gebiet der Anatomie, Entwicklungsgeschichte, Pathologie und der Literatur verfügt. Sein Buch ist nicht leicht durchzuarbeiten. Es erweckt manche Zweifel an hergebrachten Anschauungen, gibt viele Anregungen und ersetzt eine ganze Bücherei, indem es Literatur anführt, die schwer zugänglich ist. Ich werde es auch in dieser Hinsicht öfter benutzen.

Meine Arbeit ist in der Hauptsache eine analytische. Sie begann 1905 auf dem Gebiete der Augenmuskellähmungen und des Schielens. Zuerst wurde ein Verfahren entwickelt, um bei Fällen mit regelrechtem Doppeltsehen die Stellung der Gesichtslinien an der Tangententafel zu bestimmen. Hierdurch erkennt man mit größter Sicherheit die Teile des Blickfeldes, die von einem Auge mit Muskellähmungen nicht mehr bestrichen werden können. Aus zahlreichen Analysen wurde ein Schema abgeleitet, das die *Kraftfelder* der Augenmuskeln bezüglich ihrer waagrecht und senkrecht wirkenden Kräfte übersichtlich darstellt.

Von 1908 an ging ich dann zur Erforschung des Augenzitterns der Bergeleute (Az. d. B.) über und zog später alle anderen mir zugänglichen Formen von Nystagmus (Ny.) in den Kreis der Untersuchung. Bis jetzt stehen mir zur Verfügung 2340 Fälle von beruflichem Ny. (= Ny. liste) und 1030 Fälle von nichtberuflichem Ny. (= a-Liste). Dazu kommen noch mehr als 2600 Fälle von Schielen verschiedener Herkunft (= b-Liste), wobei zu bemerken ist, daß diese Liste nicht schon 1908, sondern erst viel später eingerichtet worden ist. Ein wesentlicher Teil meiner Arbeit entfiel auf die Nystagmographie, die seit 1912 allmählich vervollkommen wurde und seit 1927, d. h. von Kurve 1416 an, konstant geblieben ist. Diese Sammlung besteht aus 3900 Kymographionblättern zu 6 und mehr Einzelkurven. Die Zahl meiner Aufsätze und Bücher über Augenbewegung beträgt 195*.

* Siehe *Ohm*²⁷. — ** Ich habe das schwierige Thema mit ihm in meiner Wohnung erörtert und beklage tief seinen frühzeitigen Tod.

Wenn man ein solches Material in 30 Jahren unter den Schwierigkeiten eines praktischen Augenarztes, dem fast alle äußeren Hilfsmittel fehlen, bearbeitet hat, so dürfte man wohl ein Recht auf Beachtung haben, um die ja jeder Forscher ringt. Mir ist sie nur in ganz unzulänglichem Maße zu Teil geworden. Das geschichtliche Recht auf das oben erwähnte Verfahren der Doppelbilderprüfung wird mir noch immer vorenthalten. Mein Schema der Augenmuskelwirkung, leicht faßlich für den Unterricht und praktisch für den Gebrauch in der Klinik, ist bis jetzt in keinem Lehr- und Handbuch der Augen- und Nervenheilkunde erwähnt. Wenn meine Hebelnystagmographie* angeführt wird, so geschieht es im Anschluß an *Cords'* Kritik meistens nur, um ihre Fehler zu betonen. Daß sie seit 1927 wegen der Konstanz der Methode vergleichbare Kurven geliefert und die Mikroneurologie der Augenbewegungen geschaffen hat, wird nicht gewürdigt.

Ausländische Zeitschriften haben von meinem Werk: *Augenmuskelsender*, obgleich es ihnen zur Berichterstattung zugesandt war, nicht einmal den Titel mitgeteilt. Vergebens sucht man auch einen Aufsatz von mir im Literaturverzeichnis der zusammenfassenden Darstellung der Augenbewegungsstörungen, die *Bielschowsky* 1936 im 4. Bd des Handbuchs der Neurologie herausgegeben hat. Anerkennung ist mir zu Teil geworden von *Marquez-Madrid*** und *Dodge* und seinen Schülern an der *Yale-Universität* in *New Haven*.

Auffallend ist die schmale Grundlage sowohl eigener Beobachtungen wie der herangezogenen Literatur, auf der manche Autoren schwierige Fragen der Augenzitterkunde erörtern. Es ist, als ob die Entwicklung der letzten 20 Jahre spurlos an ihnen vorübergegangen wäre. Und doch habe ich anderen den Überblick durch meine 5 Aufsätze zum 2000. Fall von Az. d. B. leicht gemacht***.

Dies festzustellen liegt im Interesse der Sache, denn der Ny. ist für die weitere Entwicklung der Augenbewegungslehre wichtiger als z. B. Augenmuskellähmungen und Schielen, weil in ihm der *supranukleäre Faktor* enthalten ist. Meine Arbeiten über das Az. d. B. sind immer wieder angeregt worden durch die Erkenntnis, daß es wertvolle Beiträge zur Ergründung der Gehirntätigkeit enthält, die auf keine andere Weise zu gewinnen sind. Es zeigt sich meistens als Pendelzittern, das eine Elementarerscheinung ist und Schwingungsvorgänge in der Ganglienzelle veranschaulicht. Der von mir auf diesem Gebiet aufgehäuften Stoff steht einzig da, weil sich sonst kein Forscher gefunden hat, der ein ganzes Menschenleben daran setzte, um alle Eigenschaften dieses vielgestaltigen Leidens zu sammeln, darunter auch mit Hilfe der Nystagmographie. Dieser Stoff wird aber auch einzig bleiben, weil die beste Zeit für die Erforschung vorüber ist, denn das Az. d. B. ist infolge der Verbesserung der Arbeitsbedingungen im Rückgang begriffen. Ganz schwere Grade, die von 1908—1928 so häufig waren, kommen jetzt überhaupt nicht mehr vor. Ich habe deshalb den dringenden Wunsch, mein ganzes Material zu veröffentlichen.

Hier soll nun aus der Sicht des Nystagmus der Grundplan der Augenbewegung dargelegt werden. Ich betone aber, daß ich nicht beabsichtige, eine lehrbuchmäßige, zusammenfassende Darstellung† zu geben, weil dazu der Raum fehlt. Deshalb ist es mir nicht möglich, allen wichtigen Arbeiten anderer Forscher hier gerecht zu werden. Da mir eine öffentliche Bücherei nicht zur Verfügung steht, danke ich allen Forschern

* Zur Zeit wird die Nystagmographie mit dem „Mirror recorder“ von *Dodge* besonders an der *Yale-Universität* in *New Haven* gepflegt (*Dodge, Fox, Mowrer, Travis*). — ** *Marquez*: *Oftalmologia clinica especial*, p. 427, 433. 1936. — *** *Graefes Arch.* 125 und 126 (1930 und 1931). Meine bis 1936 erschienenen Abhandlungen befinden sich in acht Bänden in der Universitätsbibliothek in *Münster (Westfalen)*. — † Eine gute moderne Darstellung des vestib. Ny. stammt von *Klestadt*: *Handbuch der Neurologie*, Bd. 4, S. 460—639. 1936.

des Ny. und verwandter Gebiete für die Überlassung ihrer Arbeiten — es sind jetzt 50 Bände — und bitte auch in Zukunft um dieselben; denn nur wer Fühlung mit allen Teilfächern hat, wird vor einseitiger Auffassung bewahrt.

Die unmittelbare Veranlassung zu dieser Erörterung liegt in der Notwendigkeit, die Beziehungen zwischen dem optokinetischen Ny. (o. Ny.) und der gleichseitigen Halbblindheit (g. Ha.) klar zu stellen. Da dieses Gebiet von der Augenheilkunde der ganzen Welt in einer auffallenden Weise vernachlässigt wird*, muß ich die Entwicklung unserer Kenntnis kurz darstellen.

2. Geschichtliches.

1920 beschrieb *Barany*² ganz kurz 2 nur klinisch beobachtete Fälle von g. Ha., bei denen der o. Ny. zur blinden Seite fehlte. Seine vom Gesichtsfeldausfall ausgehende, rein optische Erklärung wurde schon 1921 hinfällig, als ich 3 Fälle fand, bei denen er auch zur blinden Seite gut auslösbar war. Es stand aber damit fest, daß 2 Typen vorkommen, die ich nach *Barany* und *Ohm* benenne. Die Beziehungen des o. Ny. zu beiden Gesichtsfeldhälften und zur Fovea sind in meinem 1922 verfaßten, aber erst 1924 erschienen Aufsatz an der Hand von Zeichnungen vollständig klar gestellt, wenn ich es auch unterlassen habe, die Reflexbahn bis zur Sehrinde zu verfolgen, was sich von selbst ergab. Man beachte auch meine Grundversuche an Gesunden mit Abdeckung einer Gesichtsfeldhälfte (1922). 1923 habe ich auf Grund von Untersuchungen an einem Fall von großem Kolobom der Macula die Auffassungen von *Barany* und *Kestenbaum* abgelehnt und betont, daß es bei der Auslösung des o. Ny. nicht in erster Linie auf die Fovea, sondern auf die Netzhautperipherie ankomme, da von jeder Stelle derselben o. Ny. hervorgerufen werden könne, wenn sie von intermittierenden, gleichmäßig voranschreitenden Reizen getroffen werde. Die Erörterung der Beziehungen der Fovea und der Netzhautperipherie zum o. Ny. ist durch die neuesten Arbeiten holländischer Forscher wieder in den Brennpunkt der Betrachtung gerückt.

Für die Klarstellung des Verhältnisses des o. Ny. zur Halbblindheit hielt ich damals „reine Augenfälle“ für nötig. Ich wollte damit andeuten, daß man bei Gehirnerkrankungen auf *Komplikationen* gefaßt sein müsse. Bezüglich des Reflexwegs der optischen Erregungen habe ich mich in meinem Beitrag zum *Handbuch der Neurologie des Ohres*, der von Ende 1922 bis Anfang 1923 ausgearbeitet und erst 1926 veröffentlicht ist, dahin ausgesprochen, daß er nicht kurz ist wie der vestibuläre, sondern über die Sehrinde geht, weil im Augenzittern alle Feinheiten des Sehens zur Geltung kommen, und von da nicht über das Blickzentrum im Stirnlappen, sondern durch die absteigende Sehstrahlung zu einem im Mittelhirn gelegenen Blickzentrum zieht, das vielleicht identisch sei mit dem ventrocaudalen Deiterskern.

Der erste, der sich auf Operations- und Sektionsmaterial stützen konnte, war *Stenvers*³⁶⁻³⁸. Er beschrieb 1934 5 Fälle und konnte im gleichen Jahr noch 7 weitere hinzufügen. Daran ergab sich, daß der o. Ny. nach der dem Herd gegenüber liegenden Seite aufgehoben war, wenn letzterer im Schläfen- oder Scheitellappen saß; ferner aber auch bei einem Teil der Geschwülste im Stirnlappen, wenn die Stelle vor dem Gyrus anterior betroffen war, welche die Augenbewegungen nach der Gegenseite beeinflußt. Andererseits blieb er bei Tractusstörungen nach beiden Seiten erhalten. Ausfall nach einer Seite könne mit und ohne Halbblindheit einhergehen. Ausfall nach beiden Seiten komme bei Erkrankungen des Balkens vor.

* Auch *Bielschowsky* widmet ihm in der oben erwähnten Darstellung nur wenige Worte.

Damit war eine Grundlage der klinischen Verwendung des o. Ny. bei Gehirnstörungen gewonnen, die später im allgemeinen bestätigt wurde.

Bezüglich der Erklärung fragt *Stenvers*, warum man immer nur „eine“ Netzhauthälfte berücksichtige. Er gibt auch eine Zeichnung, die der von mir vor ihm aufgestellten ähnlich ist, gelangt aber nicht zu einer befriedigenden Lösung. Die von ihm gezogenen Schlüsse lauten in der mir freundlichst zur Verfügung gestellten Übersetzung folgendermaßen:

„1. Daß der optische Ny. bei einer Läsion in einem bestimmten Teil der Hemisphäre, die sich von dem occipitalen nach dem frontalen Pol ausdehnt, oberhalb des Gyrus angularis fehlt.

2. Daß er auch bei einer Unterbrechung der optischen Strahlung fehlt.

3. Daß, wenn, soweit wir wissen, keine optischen Reize in die übrigens gesunde Hemisphäre eindringen, dennoch Ny. nach beiden Seiten auftritt.

Wie diese 3 Dinge miteinander in Einklang zu bringen sind, darüber können die Gelehrten verschiedener Meinung sein.

a) Die Meinung, daß Fasern des optischen Systems, die mit den homonymen Hälften beider Gesichtsfelder übereinstimmen, nur nach einer Hemisphäre gehen, ist unrichtig. Die Möglichkeit einer, sei es denn auch partiellen, Doppelinnervation (*Lenz*) muß hierbei in Betracht gezogen werden, die aber nicht via Chiasma geschehen kann, wie *Wilbrand* vorschlägt.

b) Von einer optischen Sphäre gehen Innervationen nach der anderen optischen Sphäre und erreichen von da aus das gegenüberliegende Blickzentrum.

c) Von einer optischen Sphäre gehen Innervationen direkt nach dem Blickzentrum der anderen Seite.

d) Das Cerebrum weiß sich den Schwierigkeiten auch ohne vorausgesetzte Bahnen anzubequemen, indem es auf irgendeine Weise neue Verbindungen eingeht.

Immer wird der Balken die große Verbindungsbrücke sein müssen, wie aus der Kasuistik auch schon wieder als wahrscheinlich hervorgeht. . . . Ich selbst neige dazu, eine bestimmte Wahl (b) zu treffen“. Soweit *Stenvers*. Seine 1926 in englischer Sprache veröffentlichte Abhandlung enthält das gleiche Material und die gleichen Gedanken.

Stenvers ist dann 1932 und 1935 mit neuen Beobachtungen auf dieses Thema zurückgekommen. Wie 1924 nimmt er auch später an, daß die Reflexbahn zwischen dem hinteren und vorderen Hirnpol verläuft und daß der o. Ny. durch einen Herd, der in dieser Bahn oberhalb des Schläfenlappens und des Gyrus angularis sitzt, zur Gegenseite aufgehoben wird. Langsame und schnelle Phase sollen durch zwei verschiedene cerebrale Mechanismen entstehen, die nicht unzertrennbar miteinander verbunden sind.

Cords hat sich zunächst *Stenvers* bezüglich der Reflexbahn des o. Ny. angeschlossen, während *Strauss* sie 1925 vom optisch-motorischen Rindenfeld durch das Stratum sagittale internum ziehen läßt. Dieser Auffassung trat *Cords* 1925 bei. Er gab jetzt seine frühere Auffassung, daß ein occipito-frontales Assoziations-system besteht, auf, weil der als solches angesprochene Fasciculus longitudinalis *Burdach* nicht existiere bzw. nichts anderes sei als die sensorische Sehstrahlung. In einer ausführlichen Abhandlung, die sich auf 45 Fälle, darunter 24 eigene, stützt, suchte er die Hypothese zu begründen, daß o. Ny. nach der Seite der Halbblindheit fehlt, wenn die Sehstrahlung in ihrem sensorischen und motorischen Anteil unterbrochen ist. Der Stoff ist gut durchgearbeitet, aber die daran geknüpften Bemerkungen auf S. 108f. sind z. T. unklar, z. T. unrichtig*. Auffallend ist, daß

* Unverständlich ist auch die Angabe, daß die Area striata einer Seite die Spähbewegungen nach der gleichen Gesichtsfeldhälfte beherrsche. Es muß doch wohl heißen: nach der gegenüberliegenden Seite. Zeile 16 von unten steht: „von rechts nach links“. Nach dem Sinne der folgenden Zeilen muß es lauten: von links nach rechts.

Cords die *Baranysche* Erklärung ablehnte und den o. Ny. mit Recht zwar als eine Funktion der Gesamtnetzhaut bezeichnete, ihn trotzdem aber auf eine Aufeinanderfolge von Spähbewegungen zurückführte. Spähen bedeutet nämlich gemäß *Cords'* Definition schnelle Einstellung der Fovea auf ein peripheres Objekt gemäß einem über die Calcarina erfolgenden Befehl, so und soviel Grade nach rechts oder links, oben oder unten zu blicken. Gehen wir mit *Corás* von einer Bewegung der Objekte von links nach rechts bei Halbblindheit nach links aus, so kann hier von Spähen in obigem Sinne keine Rede sein. *Cords* hätte sich klarer ausdrücken können, wenn er die von mir besprochene Teilung des Gesichtsfeldes in 2 Hälften berücksichtigt hätte. Er nimmt für die schnelle Phase des o. Ny. bei Bewegung einer Reihe von Gegenständen von links nach rechts folgende Bahn an: Beide Netzhauthälften beider Augen, beide Nervi optici, Tractus optici, äußere Kniehöcker, optisch-sensorische Bahnen, beide Calcarinae. Von diesen überspringt die Erregung, und zwar von links aus durch das Splenium des Balkens auf das rechte optisch-motorische Feld. Hier beginnt die corticofugale optisch-motorische Bahn, die durch den hinteren Schenkel der inneren Kapsel und den äußersten Teil des Hirnschenkelfußes zu dem Linkswendungszenrum der Augen in der Nähe des Abducenskerns verläuft. Dies wird durch eine Zeichnung veranschaulicht, worin das Linkswendungszenrum zwischen Abducens- und Oculomotoriuskern gezeichnet ist. In der Einleitung wird gemäß *Economo* die Occipitalrinde in 3 Felder geteilt: 1. Die Area striata (Feld OC). 2. Die Area parastriata (Feld OB). 3. Die Area peristriata (Feld OA). Da letztere sehr große Pyramidenzellen aufweist, dient sie wahrscheinlich motorischen Funktionen. *Cords* nimmt an, daß die Area striata nach allen Seiten von einer optisch-motorischen Rindenzone umgeben ist, welche ihre Innervationen von der Sehsphäre erhält, und zwar sowohl von der benachbarten wie von der gegenüberliegenden durch Vermittlung des Balkenwulstes. Da letzterer 6,5 cm vor dem Hinterhauptspol beginne, kämen die kontralateralen Fasern mit der Sehsphäre nicht in Berührung und würden bei einer reinen Rindenläsion nicht in Mitleidenschaft gezogen.

Ich habe 1929 gezeigt, daß *Cords'* Betrachtung über die Beziehungen des o. Ny. zu den beiden Gesichtsfeldhälften unvollständig ist, und werde das später erläutern.

Das Echo auf die bisherigen Untersuchungen war auffallend schwach (*Dodge, Fox, Holmes*). Von einer ausgiebigen Heranziehung des o. Ny. für die Zwecke der Lokaldiagnose bei der g. Ha. und anderen Gehirnerkrankungen kann auch bis heute gar keine Rede sein. Große Lehr- und Handbücher der jüngsten Zeit übergehen ihn entweder vollständig oder widmen ihm wenige Zeilen. Man steht hier vor einem Rätsel.

Ein neuer Antrieb kam von holländischen Forschern. *De Kleyn* und *Rademaker* haben zunächst gezeigt, daß die üblichen Methoden nicht fähig sind, bei Hunden und Affen den o. Ny. auszulösen. Sie überwandten diese Schwierigkeit dadurch, daß sie den Hunden eine mit Kaninchen besetzte Drehscheibe darboten. Dann tritt bei den meisten, nicht bei allen Hunden, ein „schöner“ o. Ny. auf. Nun erst war der Weg offen für die Versuche von *Broers* und *de Kleyn*²⁰ am Gehirn, die ergaben, daß o. Ny. nach beiden Seiten noch auflösbar ist 1. nach totaler Entfernung des Kleinhirns, 2. nach Durchschneidung eines Tractus opt. und 3. nach Ausschaltung einer Sehrinde durch Erwärmung; 4. nach Entfernung der senso-motorischen Rinde an einer Seite. Daraus folgt, daß diese Teile für das Zustandekommen eines o. Ny. nach beiden Richtungen nicht notwendig sind. Er trat nur nach einer Seite noch auf 1. nach einseitiger totaler Großhirnentfernung; 2. nach Entfernung eines Lobus occipitalis. Sie sind vorsichtig in bezug auf die Schlußfolgerungen, indem sie betonen, man könne wegen etwaiger Fernwirkungen des Eingriffs nicht mit Sicherheit sagen, daß die eben erwähnten Teile für die Auslösung des o. Ny. nötig seien. Ihre Untersuchungen bezögen sich auch auf den

o. Ny., der durch Fixation bedingt und mit dem „klinischen“ o. Ny. vergleichbar sei. Es sei sehr gut möglich, daß experimentell und klinisch auch andere Formen von optischen Reflexen bzw. Ny. beständen, bei denen keine Fixation vorhanden sei und die eventuell viel einfachere Bahnen benützten. *Das ist der erste Hinweis auf die überraschende Wendung, die sich inzwischen in Holland vorbereitet hatte.*

Visser und Rademaker fanden, daß der o. Ny. bei großhirnlosen Hunden ausbleibt, bei großhirnlosen Tauben * dagegen als Kopf-Ny. noch auftritt, wenn um sie ein mit weißen und schwarzen Streifen bemalter Zylinder** gedreht wird. Sie unterscheiden daher einen cerebralen und subcorticalen optischen Ny.

Vom Kaninchen haben bisher die besten Kenner der Tieraugenbewegungen, wie z. B. *Bartels*, angenommen, daß ihm der o. Ny. fehlt. Nun wurde er vor kurzem von 3 Forschern (*Ter Braak, Ivamoto, Brecher*) unabhängig von einander entdeckt, als sie dieses Tier im o. Zylinder prüften. Das ist schon deshalb sehr beachtenswert, weil es trotz Sehrinde keine optischen Einstellungsbewegungen besitzt***; diese sind also nicht identisch mit der schnellen Ny.-Phase. Die Kurven, die *Ter Braak* beim Kaninchen mittels seines optischen Verfahrens in ausgezeichneter Weise aufgenommen hat, sind für die Ny.kunde von großem Wert. Er unterscheidet nun einen corticalen (= „Schau-“) Ny., der an die Aufmerksamkeit gebunden ist und über die Sehrinde geht, und einen subcorticalen (= „Stier-“) Ny., der ohne Erregung der Aufmerksamkeit über Zentren in Mittelhirn und Brücke verläuft. Er kann ihre Lage noch nicht näher angeben, rechnet aber das Corp. gen. ext. nicht dazu, da es nach Entfernung des Großhirns bzw. der Sehrinde völlig zugrunde geht. Der Stier-Ny. tritt bei Kaninchen, Hunden und Affen auch nach Entfernung beider Großhirnhälften, bei Hunden und Affen auch nach derjenigen beider Sehrinden auf. Der Affe machte nach der letzteren einen völlig blinden Eindruck, reagierte weder auf Drohbewegungen mit dem Blinzelreflex noch auf optische Reizungen mit Folge- bzw. Einstellungsbewegungen und zeigte doch im o. Zylinder einen ausgeprägten o. Ny., der sich von dem des normalen Tieres nicht deutlich unterschied. Daraufhin hat *Ter Braak* den Satz aufgestellt: „*Zweifellos kommt auch beim Menschen ein Stier-Ny. vor*“, aber nachgewiesen hat er ihn bisher nicht. Geeignet hierfür seien Fälle mit totaler Rindenblindheit und solche mit cerebraler Halbblindheit, wenn es gelänge, durch optokinetische Reizung der blinden Netzhautteile Ny. hervorzurufen, wobei man auf viele technische Schwierigkeiten stoßen würde. M. E. kann man letztere wohl überwinden. Ich habe bei einem Kranken, dessen rechte Sehstrahlung durch eine Schläfenlappengeschwulst bzw. deren operative Entfernung völlig zerstört war, den Zylinder auf den blinden Teil des Gesichtsfeldes, nachdem der sehende durch einen dicht vor dem Auge aufgestellten Schirm abgeblendet war, einwirken lassen. Aber der Ny. blieb aus. Trotzdem muß man angesichts der Beobachtungen an großhirnlosen Affen damit rechnen, daß auch beim Menschen ein subcorticaler o. Ny. vorkommt. Das bedeutet eine Revolution auf dem Gebiete der Augenbewegungslehre. Wenn auch früher von vielen eine subcorticale Übertragung optischer Erregungen auf die Augenmuskeln angenommen wurde (z. B. *Wilbrand, Bach, Behr*, bezüglich des o. Ny. zuerst auch von *Barany* — 1907), so

* Bei ihnen tritt auch ein gleichgerichteter Kopf-Nachny. auf. Beim Menschen ist der o. Nachny. von mir auf Grund meiner theoretischen Anschauungen gesucht und gefunden. Er stellt das Abklingen eines Oszillationsvorgangs dar und sollte von denjenigen, die Betrachtungen über die Beziehungen zwischen langsamer und schneller Phase anstellen, gebührend beachtet werden.

** Der zum Kopf konzentrische Zylinder ist beim Menschen zuerst von *Brunner* (1921) und später von mir in ausgedehntem Maße benutzt worden.

*** Damit ist aber m. E. beim Kaninchen ein Einfluß der Sehrinde auf die Augenbewegungen noch nicht ausgeschlossen. Ich konnte nachweisen, daß sein vestibulärer Drehny. im Hellen größer ist als im Dunkeln.

hat sich später die Mehrzahl *Bielschowsky* angeschlossen, der früher und auch vor kurzen noch mit *Entschiedenheit* betont hat, daß alle optischen Augenbewegungen an die Aufmerksamkeit gebunden sind, also über die Sehrinde verlaufen müssen. Er lehnt auch die Beweiskraft des *Wilbrandschen* Prismenversuchs, auf den sich manche bei der Annahme der subcorticalen Reflexbahn stützen, ab, m. E. mit Recht. Aber bis jetzt ist ein Mensch mit völliger Zerstörung der höheren Sehbahn noch nicht im o. Zylinder untersucht worden. Da dieser nun beim Kaninchen auch ganz wider Erwarten zur Entdeckung seines subcorticalen o. Ny. geführt hat, so müssen wir auch beim Menschen auf eine Überraschung gefaßt sein, und es wäre dringend zu wünschen, wenn derartige recht seltene Fälle im o. Zylinder sorgfältig geprüft würden, was auch in jedem Fall von g. Ha., deren Lokalisation ja noch Schwierigkeiten macht, unter Beachtung der oben angegebenen Vorsichtsmaßregel geschehen sollte. Verwunderlich ist der subcorticale Verlauf des o. Ny. nicht. Viele niedere Tiere, z. B. Krabben, haben einen regelrechten o. Ny. (*Schlieper, Buddenbrock*). *Bartels* hat also ganz recht, wenn er ihn als paläencephalen Reflex bezeichnet. Die erste Aufgabe der optischen Erregungen besteht ja nicht in der Erzeugung von Empfindungen, sondern von Bewegungen des Kopfes und Körpers zwecks Fernsteuerung. Die Frage lautet also: Ist beim Menschen, dessen o. Ny. ohne Zweifel größtenteils über die Sehrinde geht, noch etwas von der subcorticalen Reflexbahn übrig geblieben, und wie funktioniert sie? Macht sie nur langsame Mitbewegung (Deviation) oder auch regelrechten Ny.?

Wichtig sind auch für den Zweck dieses Aufsatzes die Feststellungen *Ter Braaks* über die Asymmetrie des o. Ny. nach einseitigen Operationen. Beim Kaninchen war nach halbseitiger Großhirnentfernung der zur gesunden Seite zu erwartende Ny. nicht oder weniger gut auslösbar. Nach einer Woche hatte sich die Symmetrie wieder hergestellt. Beim Hunde blieb hiernach der o. Ny. dauernd asymmetrisch. Beim Affen dagegen wurde darnach keine Asymmetrie beobachtet. Das möchte ich für einen Zufallsbefund erklären, da beim Menschen mit einseitigen schweren Störungen große Asymmetrien bis zu Fehlen des Ny. nach einer Seite häufig beobachtet sind. Wurden beim Hunde große Teile des vorderen Hemisphärenabschnittes, besonders die ganz sensumotorische Rinde (*Gyrus sigmoideus* und angrenzende Teile des *Gyr. coronalis*) entfernt, so kam es nicht zu einer merklichen Störung des Schau-Ny. und der Einstell- und Folgebewegungen. Diese und andere Bemerkungen *Ter Braaks* werden wahrscheinlich noch eine Korrektur erfahren, wenn er alle Versuche mit Hilfe der Nystagmographie anstellt.

3. Zur Frage des supranukleären Schaltzentrums.

Die Augenmuskeln sind von allen Punkten der Körperoberfläche und von zahlreichen Stellen des Gehirns beeinflussbar. Deshalb ist seit langem die Frage erörtert worden: Treffen sich diese verschiedenen Erregungen erst in den Augenmuskelkernen oder in einem ihnen übergeordneten (supranucleären) Schaltzentrum, meist nicht ganz treffend „Blickzentrum“ genannt? Ein Teil der Autoren bejaht auch heute noch den ersten Teil der Frage, indem er ein besonderes Zentrum ganz leugnet; andere rechnen damit, ohne seine Lage mit Sicherheit angeben zu können; wieder andere nehmen es nur in dem Sinne an, daß an einer gewissen Stelle mehrere zu den Augenmuskelkernen ziehende Bahnen nahe beieinander liegen.

Wer sich mit der außerordentlichen Mannigfaltigkeit der Schaltungsmöglichkeiten der Augenmuskeln, wie sie besonders im Augenzittern der

Bergleute hervortritt, ferner mit den nahen Beziehungen der vestibulären, optischen und willkürlichen Einflüsse, die sich auf allen Gebieten des Nystagmus zeigt, eingehend beschäftigt hat, wird zur Annahme eines supranukleären Schaltzentrums gezwungen.

Auf Grund einer solchen 10jährigen Analyse bin ich 1918 zu der Erkenntnis gelangt, daß der vestibuläre Kernapparat dieses Zentrum enthält, von dem der Pendelny. und der Ruckny. mit seinen beiden Phasen ausgeht. Zu dieser Anschauung bezüglich des Ruckny. waren *Bauer* und *Leidler* schon vorher gekommen. Von 1918—1920 führte mich dann die weitere Analyse zu der Auffassung, daß optische und willkürliche Erregungen in die vestibulären Kerne einmünden. Diese Hypothese ist nach einigen Schwankungen von mir 1925 in meinem Buche: „Augenzittern als Gehirnstrahlung“ fest begründet, wo auch die Halsreflexe mit einbezogen wurden. Sie ist von fast allen Autoren, die sich seitdem mit den Augenbewegungen beschäftigt haben, keiner Beachtung gewürdigt worden, weil sie ganz außerhalb der Gedankengänge der damaligen Zeit lag und nur von der Gesamtschau des Ny. aus verstanden werden konnte.

1928 haben dann *Spiegel* und *Teschler* an Tieren experimentell bewiesen, daß die frontalen *waagerechten* Augenbewegungen die Vestibulariskerne passieren, und 1932 hat *Spiegel* dasselbe für die occipitalen dargetan. Auf die senkrechten Augenbewegungen, die sich nach *Spiegel* anders verhalten sollen, gehe ich hier noch nicht ein.

Wir stehen hier an einem Kardinalpunkt der Lehre von der Augenbewegung, wohin wir mit analytischen (*Ohm*) und experimentellen (*Spiegel und seine Mitarbeiter*) Methoden geführt sind. *Ich bezeichne daher den vestibulären Kernapparat als den Hauptaugenmuskelsender und alle Bahnen, die ihm Erregungen zuführen, als supravestibuläre und diejenigen, die ihn mit den Augenmuskelkernen verbinden, als infravestibuläre.* Letztere sind in erster Linie das *hintere Längsbündel (h. LB.)* und gemäß *de Nö* bis zu einem gewissen Grade auch die *Formatio reticularis (F. retic.)*. Alle supravestibulären Bahnen, die von der rechten (linken) Gehirnseite kommen, bezeichne ich als *rechte* (linke), auch wenn sie weiter unten kreuzen. Damit erhält man eine feste Grundlage, um den Sitz einer Störung zu bestimmen. Weil ich es für hinreichend bewiesen halte, daß nicht nur der labyrinthäre, sondern auch der optische (optokinetische) und willkürliche horizontale Rucknystagmus nur durch Vermittlung der Vestibulariskerne zustande kommen kann, übertrage ich diese Anschauung mittels Analogieschluß auch auf die übrigen Einflüsse, die hier erörtert werden sollen.

4. Der waagerechte vestibuläre Drehnystagmus im Dunkeln.

1. Man lege die seitlichen Bogengänge waagerecht um das Auge (Abb. 1). Wird die Versuchsperson im Dunkeln nach rechts gedreht, so bewegt sich im rechten Bogengang die Endolymphe zur Ampulle (ampullopetal), im linken von ihr weg (ampullofugal). Vollzieht sich diese Bewegung langsam, so verschiebt sich der vordere Hornhautpol in gleichem Sinne wie die Endolymphe, wie auch die Magnetnadel durch Gleichstrom aus ihrer Richtung abgelenkt wird. Das bezeichne ich als

tonische Ablenkung (Deviation). Geschieht die Bewegung rascher, so tritt der aus langsamer und schneller Phase bestehende Rechtsny. auf. Zieht man in der Kurve eine Halbierungslinie durch die Ny.schwingungen, so ergeben sich folgende Beziehungen derselben zur Ruhe- (Mittel-) Lage:

- a) Während des Rechtsny. sind die Augen nach links, d. h. zur Seite der langsamen Phase, bzw. entgegengesetzt zur Drehrichtung abgelenkt.
- b) Der Ny. schwingt ungefähr um die Ruhelage; eine Ablenkung fehlt.
- c) Die Augen sind nach rechts, d. h. zur Seite der schnellen Phase, bzw. in der Drehrichtung abgelenkt.

a) entspricht der „klassischen“ Auffassung; b) und c) werden bisher ganz übersehen. *Berücksichtigt man alle drei Reaktionsweisen, so erkennt man, daß die tonische Abweichung von der langsamen bzw. schnellen Phase unabhängig ist.*

2. Die Augen lassen sich von der Mitte nach jeder Seite etwa 50° verschieben. Man kann sich fragen: Wie verhält sich die oben beschriebene vestibulär induzierte Bewegung zu diesem Bereich? Daß es möglich ist, die Augen durch eine langsame Rechtsdrehung 50° nach links zu treiben, steht fest. Wird die Drehung schneller, so rücken die Augen während des Ny. mehr und mehr zur Mitte und schließlich sogar ein erhebliches Stück nach rechts. Ob dabei eine Rechtswendung von 50° erreicht werden kann, erscheint noch fraglich. Nehmen wir es einmal an, so kommen wir zu dem Schluß: Die ampullopetale Bewegung im rechten und die ampullofugale im linken Bogengang erstreckt sich über den ganzen Bereich der Lidspalte. Ihre Mitte sei mit 0° , die rechte Seite mit +, die linke mit —, das ganze als Seitenwinkel bezeichnet. Die Art und Stärke dieser vestibulären Reaktion kann beurteilt werden a) an der Beziehung der Halbierungslinie des Ny. zum Seitenwinkel; b) nach den Eigenschaften des Ny., nämlich Frequenz (F) und Amplitude (A), aus denen man die Energie (E) berechnen kann gemäß der Formel $E = F \cdot A$.

3. Der Abbau der vestibulären Innervation erfolgt in folgender Richtung. Bei geringen Störungen nehmen F und A ab, bald mehr die eine, bald mehr die andere, aber erkennbar an einem niedrigeren Energiewert. Bei größeren sinkt er noch weiter, und es ändert sich auch der Seitenwinkel der Augenstellung im Sinne einer Verschiebung von rechts nach links, d. h. des Übergehens von Typus c) und b) in a). Auf einer gewissen Höhe der Erkrankung ist der Ny. ganz verschwunden und nur die tonische Ablenkung a) übrig geblieben. Es ist nun ganz verfehlt zu erklären: Es fehlt die schnelle Phase, während die langsame noch

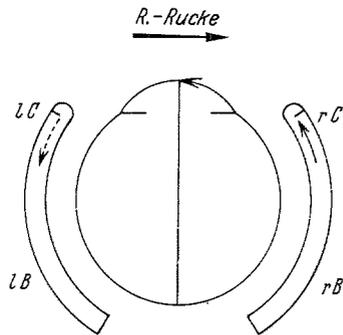


Abb. 1. rB r. seitl. Bogengang, lB l. seitl. Bogengang, rC r. crista ampullaris, lC l. crista ampullaris.

vorhanden ist*. Man muß vielmehr sagen: *Der Ny. ist aufgehoben, aber die tonische Ablenkung noch übrig geblieben.* Auf dem höchsten Gipfel der Erkrankung verschwindet auch sie. Das vestibuläre System ist völlig gelähmt, vergleichbar mit der Erblindung.

Die Verwertung obiger Formeln in der Klinik stößt auf große Schwierigkeiten, weil es eine „Norm“, wie wir Augenärzte sie in so vollkommener Form in Sehschärfe und Gesichtsfeld besitzen, auf dem vestibulären Gebiete nicht gibt. Die Reaktionswerte sind von Person zu Person sehr verschieden und schwanken auch bei der gleichen Person nicht unerheblich. Sie hängen von ihrem Wohlbefinden ab, und Reizungen können lange nachwirken, wie besonders *M. H. Fischer* gezeigt hat. Wir besitzen noch keine Durchschnittswerte, wie z. B. beim optokinetischen Ny. Ich kann sie auch nicht herbeischaffen, weil mir ein exaktes Instrumentarium, wie es in dem elektrischen Drehstuhl von *Tönnies* gegeben ist, fehlt.

4. Bei der Drehung wird immer das Sinnesepithel beider Bogengänge gereizt. Es bedarf aber nur eines *einzigsten*. Nicht nur der rechte, sondern auch der linke *allein* ist fähig, Rechtsny. zu erzeugen. Fehlen eines Kanals führt zu einer Herabsetzung des Ny. Schon *Ewald* fand bei der Taube nach Entfernung des rechten Labyrinths eine Verkleinerung seiner Werte, und zwar bei Rechtsdrehung mehr als bei Linksdrehung. Nach ihm funktioniert jedes Labyrinth nach beiden Drehrichtungen, in erster Linie aber das Labyrinth, zu dessen Seite das Tier gedreht wird. In den seitlichen Bogengängen soll die ampullopetale, in den senkrechten die ampullofugale Endolymphströmung stärker wirken, und zwar in ersterem Falle auf das benachbarte Auge stärker als auf das andere. Wenn das richtig wäre, verlöre aber die Augenbewegung ihren konjugierten Charakter, und es müßte bei Rechtsdrehung Einwärtsschielen des rechten Auges entstehen. Ob die Unterschiede der petalen und fugalen Strömung auch auf den Menschen zutreffen, scheint mir noch nicht bewiesen. Groß ist der Unterschied, wenn er überhaupt besteht, wohl nicht. Um ihn nachzuweisen, bedürfte es ganz exakten Vorgehens. Sicher erscheint mir aber, daß der Ny. nach Zerstörung einer Ampulle schwächer wird. Man hat angenommen, daß an den Ampullen zwei verschiedene Sinnesnerven vorhanden sind**, von denen jeder nur durch *eine* Art von Lymphbewegung gereizt wird. Wegen der Ähnlichkeit des vestibulären und o. Ny. erscheint mir diese Auffassung irrig.

* In manchen Analysen von schwierigen Nervenfällen wird z. B. festgestellt, daß sich die Augen durch eine rasche Kopfbewegung nach rechts bis in den linken Augenwinkel treiben lassen. Wenn die Autoren daraus auf *Unversehrtheit* des vestibulären Apparates schließen, so muß man sie darauf hinweisen, daß eine *rasche* Rechtsdrehung des Kopfes in normalem Zustand Ny. nach rechts erzeugt. Wenn also nur eine langsame Gegenbewegung erzielt wird, so ist damit schon eine vestibuläre Störung bewiesen.

** *Cajal, Breuer, Lee, Kubo, Wilson* u. *Pike*: s. Muskens, S. 12 und 75.

5. Wie kommt es nun, daß die nur nach *einer* Richtung erfolgende Verschiebung der Endolymphe eine Hin- und Herbewegung der Augen mit verschiedener Geschwindigkeit, d. h. Ruckny. bewirkt? Um dieses Kernproblem der Vestibulariskunde haben sich zahlreiche Forscher bemüht, ohne daß bisher eine allgemein befriedigende Lösung gefunden ist. Vielfach wird auch heute noch die langsame Phase als die eigentliche labyrinthäre, die schnelle als eine „Korrektivbewegung“ betrachtet, die auf einem anderen Mechanismus beruhen müsse. Autoren, die von der Drehung im Hellen ausgehen, sind nur zu gern geneigt, anzunehmen, daß die Augen eine gewisse Zeit an dem „fixierten“ Gegenstand haften bleiben, bis es anatomisch nicht mehr möglich ist, und dann auf einen anderen in der Drehrichtung liegenden überspringen. Es wird hier also ein labyrinthäres mit einem optischen Moment verquickt. Sie hätten sich vor diesem Irrtum schützen können, wenn sie von dem vestibulären Ny. im Dunkeln bzw. auch von den Kurven, die an den isolierten Muskeln nach Entfernung des Auges aufgenommen sind (*Bartels, de Kleyn*) ausgegangen wären. Es gibt auch noch eine Reizmethode, die einfacher ist als die rotatorische, nämlich die calorische. Der hierbei auftretende Ny. bringt ohne Zweifel eine Verschlechterung der Sehschärfe mit sich. Was aber hier gilt, muß bei jeder Art von Ny. angenommen werden. Um es kurz zu sagen: Das Gesichtsfeld kann bei offenen Augen nur bei ganz langsamen und kleinen Winkeldrehungen festgehalten werden in Form der tonischen Ablenkung (Gegenbewegung). Was wir bei unseren üblichen Labyrinthproben anwenden, sind übernormale, antiphysiologische Reizungen, die einen an sich zweckmäßigen Apparat in Verwirrung bringen. Unsere Instrumente, wie Galvanometer, Seismograph, erfüllen auch nur dann ihren Zweck, wenn der hineingelangende Reiz in passendem Verhältnis zu ihrer Konstruktion steht.

6. Rechtsny. wird hervorgerufen

a) durch Rechtsdrehung sowohl vom rechten Bogengang *allein* infolge ampullopetales wie vom linken Bogengang *allein* infolge ampullofugales Strömung der Endolymphe (Abb. 1);

b) durch Heißpülung des rechten wie Kaltspülung des linken Gehörganges, wobei die Strömung wie unter a) verläuft;

c) durch Entfernung des linken Labyrinths bzw. Durchschneidung des linken Vestibularnerven;

d) als kompensatorischer Ny. nach *Bechterew*.

Ich beschreibe ihn nach *Spiegel*, S. 273, wobei ich die Seiten vertausche. Nach Wegnahme des rechten Labyrinths tritt Linksny. auf als Folge alleiniger Einwirkung des linken Nerven auf die zugehörigen Endkerne. Er bildet sich in 1—2 Wochen zurück. Beseitigt man jetzt das linke Labyrinth, so kommt es zu Rechtsny. (*Bechterew*), der nach einigen Tagen auch verschwindet. Er ist unabhängig von der Unversehrtheit des Großhirns (*Magnus* und *de Kleyn*), des Klein-, Zwischen-

und Vorderhirns (*Spiegel* und *Demetriades*). Er hängt auch nicht ab von der Erhaltung der Vestibulariskerne auf der linken Seite, wird aber durch Zerstörung derselben auf der rechten Seite vernichtet. *Spiegel* sucht den Sitz der kompensatorischen Vorgänge, die den Verlust des ersten Labyrinths ausgleichen, in den zugehörigen Vestibulariskernen. Er meint, es bilde sich nach Entfernung des rechten Labyrinths eine Gegenkraft, die dem immer gleichbleibenden Einfluß des linken Labyrinths das Gleichgewicht halte. Im Zentrum entstehe eine Neigung zur Hervorbringung von Rechtsny., die schließlich ebenso groß sei wie die vom linken Labyrinth dem Zentrum zuströmenden Erregungen, die Linksny. auszulösen suchen. Fallen nach Ausschaltung des zweiten Labyrinths die peripheren Erregungen weg, so könne sich das im Zustand erhöhter Erregung befindliche rechte Kerngebiet entladen, was so lange dauere, bis sein Erregungsmaterial verbraucht sei.

Meine Schlußfolgerungen aus a—d sind folgende. Ruckny. ist ein Entladungsvorgang der Vestibulariskerne, der nicht an die Unversehrtheit der Vestibularnerven gebunden ist. *Der rechte Kern sucht Rechtsny., der linke Linksny. zu erzeugen.* Im Zustand der „Ruhe“, z. B. der ruhigen Haltung, gleichen beide Kerne ihre Spannung teils durch Austausch ihrer Ladung mit Hilfe ihrer internukleären Bahn aus, teils geben sie dieselbe an die Augenmuskelkerne ab, ohne daß dies für unsere jetzigen Untersuchungsmethoden erkennbar wird. Die Kerne sind somit nie ganz inaktiv. Jeder Kern wird vom gleichseitigen Vestibularnerven durch eine gewisse Art von Erregung, darunter die ampullopetale Lymphbewegung, aufgeladen, durch ampullofugale entladen. Unversehrtheit des Nerven wirkt in der Ruhe im Sinne von Aufladung. Was hierbei im Nerven vor sich geht, wissen wir nicht. *Mourer* hat während der Drehung Aktionsströme nach Verstärkung im Kopfhörer wahrgenommen. Ob schon Oszillogramme aufgenommen sind, wie am Sehnerven von *Adrian*, *Hartline* u. a., entzieht sich meiner Kenntnis. Vielleicht strömen sinusförmige Wellen von der Crista aus durch den Nerven, klein in der „Ruhe“, stark bei Anwendung der labyrinthären Proben, die den zugehörigen Kern aufladen, wie die Radiowellen den Kondensator aufladen, der sich dann nach einiger Zeit entladen muß. Daß diese Entladung sich nach den Augenmuskeln ruckförmig vollzieht, ist eine Besonderheit des Oszillationsvorgangs, bedeutet aber für die Erklärung keine Schwierigkeit. Hiermit kommen wir nicht nur zum Verständnis der Tatsache, daß für den Ruckny. nichts weiter nötig ist, als der Reflexbogen: Vestibularisnerv, zugehöriger Kern, Abducenskern und sein Muskel (*de Kleyn*), sondern es gelingt uns auch, den Antagonismus beider Vestibulariskerne und den Einfluß gewisser Proben zu verstehen. Das sei an folgenden Beispielen erläutert. Zunächst am calorischen Ny. In Abb. 2 sollen die untereinander verbundenen Röhren die beiden Vestibulariskerne darstellen. In der Ruhe mögen sie bis 2 gefüllt sein. Es besteht Gleichgewicht.

Füllt man das rechte Rohr um eine Einheit auf (Heißspülung des rechten Ohrs = ampullopetale Strömung = Aufladung des rechten Kerns) oder entleert man das linke Rohr um eine Einheit bis auf 1 (Kaltspülung des linken Ohrs = ampullofugale Strömung = Entladung des linken Kerns), so entsteht in beiden Fällen ein Druckunterschied zugunsten des rechten Rohrs von 1. Das führt in dem Rohrsystem zu Ausgleichsbewegungen und in den Kernen zu Oszillationsvorgängen, die sich an den Augenmuskeln in Spannungsänderungen (Verkürzung oder Verlängerung, d. h. Deviation) und Zittern bzw. Ny. äußern.

Durchschneidet man den linken Vestibularnerv, so fallen Zuflüsse, die das linke Rohr auffüllen, weg. Sein Spiegel sinkt, aber nicht auf 0, sondern beispielsweise auf 1. Der Druckunterschied ist eine Einheit. Die Folge ist wieder Deviation und Rechtsny. Nun kommt der Ausgleich nicht dadurch zustande, wie *Spiegel* meint, daß sich auf der linken Seite Gegenkräfte bilden, sondern dadurch, daß sich der Spiegel beiderseits auf $1\frac{1}{2}$ einstellt. Dies erfordert im Vestibularsystem längere Zeit, und ich nehme an, daß der Ny. zuerst an F und A bzw. E sehr lebhaft ist und allmählich abklingt. Durchschneidet man nach eingetretene Beruhigung nun den rechten Vestibularnerv, so sinkt der Druck rechts auf $\frac{1}{2}$. Der Unterschied ist wieder 1. Da aber der Gesamtinhalt jetzt viel kleiner ist als zu Anfang, so geht der Ausgleich schneller und unter geringeren Schwankungen vor sich als vorhin. Daß diese Auffassung richtig ist, wird sich erweisen, wenn man den *Bechterew-Ny.* in allen Stadien mit der Nystagmographie verfolgt. Zuletzt stellt sich der Spiegel beiderseits auf 0,75 ein, was der Kernspannung ohne labyrinthäre Zuflüsse entspricht. Jetzt kann eine Störung des Gleichgewichtes nur noch durch Eingriffe an den Kernen selbst bewirkt werden.

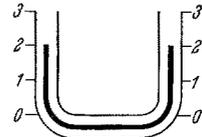


Abb. 2.

Dreht man bei unversehrten Labyrinth, so muß der Druck, wenn er rechts um eine Einheit auf 3 steigt, links um eine auf 1 fallen. Der Unterschied ist 2 und führt zu starkem Ny. Ist nur ein Bogengang vorhanden, so fällt der Ny. schwächer aus. Gleichzeitige Heißspülung des einen und Kaltspülung des anderen Ohres hat eine größere Wirkung als eine von ihnen. Werden beide Ohren mit heißem Wasser ausgespült, so erfolgt die Strömung in beiden Bogengängen ampullopetal. Beide Kerne werden in gleichem Sinne aufgeladen, bleiben daher im Gleichgewicht. Ny. fehlt.

Vergleicht man auf dieser Grundlage rotatorische und calorische Prüfung, so wird man sich hüten, beide gleichzusetzen. Die erstere beruht zudem auf der meist kurz dauernden Beschleunigungsänderung, die letztere auf einer längere Zeit unterhaltenen Strömung. Erzielt man bei beiden den gleichen Ny., gleich in bezug auf F und A bzw. E, so könnte

man sagen, daß man Reize von gleicher Stärke angewandt hat. Dieses Verhältnis muß aber noch bestimmt werden.

Wer dieser Erklärung folgt, kann auf die Annahme entgegengesetzter Receptoren bzw. Nerven an der Crista verzichten.

7. Die vestibuläre Innervation der Augenmuskeln ist reziprok, d. h. wenn die Agonisten sich zusammenziehen, erschlaffen die Antagonisten (*Bartels*). Blicken beide Augen gerade aus, so können sie nach links gebracht werden durch Zusammenziehung der Linkswender (rechter Internus und linker Externus), wobei die Rechtswender (rechter Externus und linker Internus) sich verlängern. Kehren sie von da zur Mitte zurück, so geschieht das durch Zusammenziehung der Rechtswender. Angenommen diese wären gelähmt, so erreichen die Augen auch die Mitte wieder infolge Verlängerung der Linkswender, können sie aber nicht

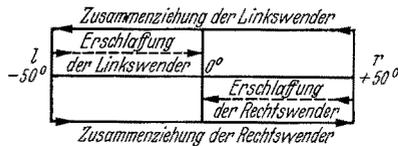


Abb. 3.

nach rechts überschreiten. Die Verlängerung der Muskeln hat also eine motorische Wirkung in dem ihnen entsprechenden Teil der Lidspalte (*Seitenwinkel*), wobei aber wohl anzunehmen ist, daß auch elastische Kräfte mitwirken. Die

Linkswender bewirken also durch Zusammenziehung die Linksverschiebung vom rechten zum linken Lidwinkel; die Rechtswender das Umgekehrte. Die Linkswender allein können das Auge durch Erschlaffung vom linken Winkel zur Mitte schieben; die Rechtswender vom rechten bis zur Mitte (Abb. 3).

8. Jeder Vestibularnerv mündet in den gleichseitigen Kern, und beide Kerne sind durch internukleäre Bahnen verknüpft. Die Verbindung mit den Augenmuskelnkernen wird hergestellt durch das hintere Längsbündel und gemäß *de Nö* auch durch die *Formatio reticularis*. Ich berücksichtige hier nur das H.L.B., das nach alter Anschauung und auch den neueren Untersuchungen *Spiegels* den Hauptanteil hat. Um Rechtsny. zustande zu bringen, ist nichts weiter nötig als der rechte Vestibulariskern, der rechte Abducenskern mit dem zugehörigen Nerven und Muskel. Könnte man die Vorgänge im Vestibulariskern unmittelbar beobachten, was vielleicht in Zukunft mittels des Oszillographen nach Verstärkung durch Elektronenröhren erreicht werden wird, so würde man wahrscheinlich eine elektrische Schwingung entdecken, die die gleiche Kurve ergibt, wie der Ruckny., den man am Auge aufzeichnet. Die Vestibulariskerne sind also die eigentliche Zentrale des Ny. Bis jetzt liegt kein Anhaltspunkt dafür vor, daß sich horizontaler Ruckny. irgendwelcher Herkunft ohne die Vestibulariskerne abspielen kann. Die Augenmuskelnkerne sind nicht nystagmogen, sondern lediglich ausführende Organe. Ich bezeichne daher die Vestibulariskerne als den *Hauptaugenmuskelsender* und alles, was ihnen Erregungen zuleitet, wozu nicht nur die Vestibularnerven gehören,

als *supravestibuläres System*, bestehend aus Bahnen und Zentren, und alles was von den Vestibulariskernen Erregungen ableitet bzw. empfängt, als *infravestibuläres System**.

Unter normalen Bedingungen wird nun nicht bloß die oben angegebene Nervenstrecke, sondern ein ganz komplizierter Mechanismus während des Rechtsny. in Tätigkeit versetzt. Aus Kapitel 3, Absatz 1 und 2 ergibt sich, daß schwache Erregung des rechten Kerns die Zusammenziehung der Linkswender bewirkt. Die hierfür bestimmte, *gekreuzte infravestibuläre Bahn* muß also in den linken Abducenskern und in den Teilkern des linken Oculomotoriuskerns einmünden, der nach Kreuzung Wurzelfasern in den rechten Oculomotorius und damit in den rechten Internus schickt. Weiter muß das Schema auch der reziproken Innervation bzw. der Erschlaffung Rechnung tragen. Ihre Erklärung ist schwierig. *Spiegel* betrachtet sie als Hemmung und schreibt sie einer besonderen Zelle in der Form. retic. zu. Ich möchte diese Vorgänge folgendermaßen erklären. Ich betrachte den Schwingungsvorgang in den Zellen des vestibulären Kerns als Schaukeln der Energie. Wenn sie den Linkswender einen verstärkten Impuls zusenden, setzen sie die für die Rechtswender bestimmte Energie herab. Es muß also vom rechten Kern auch eine *ungekreuzte infravestibuläre Bahn* zu den Kernen der Rechtswender auf der rechten Seite führen. Das ist auch deshalb nötig, weil auf den vorhin geschilderten Vorgang im nächsten Augenblick ja die Kontraktion der Rechtswender und Erschlaffung der Linkswender folgt. Es ist unwahrscheinlich, daß für dieses Alternieren noch weitere Bahnen vorhanden sind. Endlich verweise ich noch auf das in Absatz 1 über die 3 Typen der Deviation (a—b—c) Gesagte. Auch hierauf paßt das vorhin entwickelte Bahnsystem. Stellt man nun beide Vestibulariskerne mit ihren ableitenden Bahnen zusammen, wobei ich die auf der rechten Seite entspringende Bahn grundsätzlich mit rechts bezeichne, auch wenn sie tiefer kreuzt, was ich auch später bei der weiteren Erörterung zu tun gedenke, so ergibt sich das in Abb. 4 dargestellte Schema. Es gibt also sowohl eine rechtsseitige wie linksseitige gekreuzte und ungekreuzte infravestibuläre Bahn für die gleichsinnige Seitenbewegung. Man vergleiche damit die Schemata von *Barany*, *Bartels*, *Kestenbaum*, *Spiegel* und *Sommer* und *Godlowski*.

9. Das Wesen des Ruckny. muß auf der Grundlage der Wellenlehre gelöst werden. Pendelzittern ist eine elementare, auch sonst in der Natur häufig vorkommende Schwingung. Ruckny. kann mittels der harmonischen Analyse in Pendelschwingungen zerlegt werden. Daneben gibt es aber, was bisher gar nicht beachtet wird, auch noch andere Schwingungsformen, wie der angeborene Ny. lehrt. Der vestibuläre Ny. ist bei

* Ich verwende diese Bezeichnungen in anderem Sinne als *Muskens* und *Godlowski*.

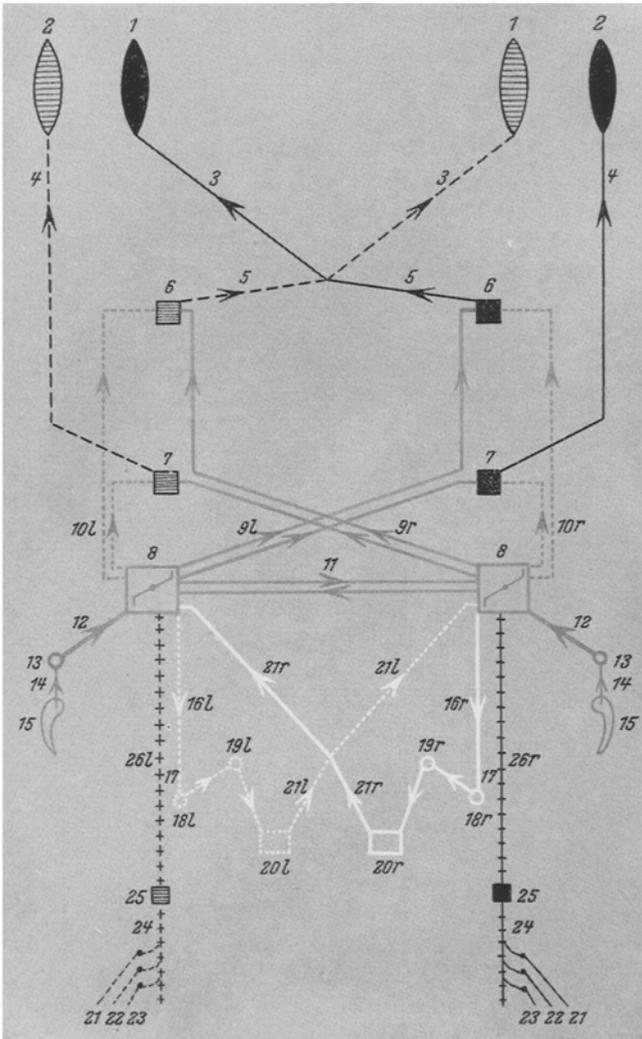


Abb. 4. 1 *Musc. rect. int.*, 2 *Musc. rect. extern.*, 3 *Nerv. oculom.*, 4 *Nerv. abduc.*, 5 Wurzelfaser des *Nerv. ocul.*, 6 Teilkern des *Oculom.* für den Internus, 7 *Abducens*kern, 8 *Vestibulariskern*, 9r gekreuzte infravestibuläre Bahn, 9l linke gekreuzte infravestibuläre Bahn, 10r rechte ungekreuzte infravestibuläre Bahn, 10l linke ungekreuzte infravestibuläre Bahn, 11 intervestibuläre Verbindung, 12 *Nerv. vestib.*, 13 *Nerv. utriculo-ampullaris*, 15 seitlicher Bogengang, 16 *Tract. nucleocerebellaris*, 17 Moosfaser, 18 Körnerzelle, 19 *Purkinjesche* Zelle, 16r—19r rechte infravestibuläre Kleinhirnbahn, 16l—19l linke infravestibuläre Kleinhirnbahn, 20 *Nucl. tecti*, 21 *Fascic. uncinat.* (*fastigiobulbaris*), 20r—21r rechte supravestibuläre Kleinhirnbahn, 20l—21l linke supravestibuläre Kleinhirnbahn, 21—23 1.—3. Halsnerv mit Spinalganglion, 24 Hinterstrang, 25 *Nucl. Burdach*, 26r rechte supravestibuläre Halsnervenbahn, 26l linke supravestibuläre Halsnervenbahn, 9r und 9l, 10r und 10l liegen im hinteren Längsbündel.

Anwendung der üblichen Proben ruckförmig. *Rejtö* hat aber in oberflächlicher Narkose, welche die Erregbarkeit des vestibulären Systems

herabsetzt, sowohl nach 10maliger Drehung wie bei Kaltspülung neben einer Verschiebung nach der Seite der langsamen Phase pendelnde Augenbewegungen beobachtet. Ich bemerke dazu, daß ich seit 20 Jahren auf die Verwandtschaft von Pendel- und Ruckzittern hingewiesen habe. Ersteres drückt die schwächere, letzteres die stärkere Erregung aus. Nehmen wir an, daß der stark erregte Kern Pendelschwingungen verschiedener Frequenz erzeugt, wie ja auch eine stark angeschlagene Saite mehr Obertöne ausstrahlt, so kommen wir zu einem Verständnis der Mannigfaltigkeit der Schwingungsformen, wie sie tatsächlich vorkommt.

5. *Der corticale, waagerechte, optokinetische Nystagmus*
(*optischer Drehnystagmus*).

Die im vorigen Kapitel entwickelten Grundbegriffe kehren hier größtenteils wieder, weshalb ich mich kurz fassen kann. Komplizierter werden die Verhältnisse infolge der Sehnervenkreuzung.

1. Der o. Zylinder sei konzentrisch um das linke Auge gelegt. Ganz langsame Linksdrehung bewirkt Mitbewegung des vorderen Hornhautpols; schnelle dagegen Rechtsny. Dabei kommen die in Kap. 3, Abs. 1 beschriebenen Typen a, b und c der Augenlage auch hier vor. Auch was dort über die Kennzeichnung der Stärke der Reaktion und ihren stufenmäßigen Abbau gesagt ist, kann sinngemäß auf den o. Ny. angewandt werden.

2. Setzen wir nun den Fall, das linke Auge sei völlig unbeweglich. Dann läßt sich von ihm, wie ich 1926 gefunden habe, regelrechter Ny. auslösen, wie am anderen normalen, aber verdeckten Auge erkennbar wird. Mit der Unbeweglichkeit des linken Auges erhalten wir ganz klare Verhältnisse, um die Beziehungen beider Netzhauthälften zum o. Ny. zu bestimmen. Ich spreche hier absichtlich nicht von nasaler und temporaler Hälfte, sondern von rechter und linker Hälfte, weil das auf beide Augen paßt.

Es steht seit 1921 fest, daß bei rein okulärer Halbblindheit, z. B. infolge von Glaukom, o. Ny. nach beiden Seiten auslösbar ist, und zwar ohne deutlichen Stärkeunterschied. Die Bewegung des o. Zylinders in bezug auf die Sehachse A läßt sich zerlegen in eine axopetale und axofugale, die des Netzhautbildes N in bezug auf die Fovea F in eine foveopetale und foveofugale. Arbeiten wir das an der Hand der Zeichnungen in Abb. 5 und 6 durch, so können wir unterscheiden:

von den linken Netzhauthälften:

1a) foveopetale Rechtsrucke (fp Nl) und 1b) foveofugale Linksrucke (ff Nl);

von den rechten Netzhauthälften:

2a) foveopetale Linksrucke (fp Nr) und 2b) foveofugale Rechtsrucke (ff Nr).

Bei Halbblindheit nach links taucht zu Beginn der Drehung der in A befindliche Punkt des Zylinders sofort in der blinden Hälfte unter. Eine Folge- (Führungs-) Bewegung der Sehachse kann nicht stattfinden; sie wird gewissermaßen von rückwärts weggedrückt. Bei Halbblindheit nach rechts würde die Sehachse zwar von dem Punkt A mitgenommen, aber die optische Einstellungsbewegung nach rechts ist unmöglich, weil dort nichts gesehen wird. Es gibt also Rechtsrucke ohne Führungs- und solche ohne Einstellungsbewegung. Die ursprüngliche Erklärung *Baranys* ist demnach unhaltbar. Sogar von einem ganz peripheren Netzhautbezirk läßt sich Ny. hervorrufen, wenn er eine gewisse Größe (Gefällhöhe)

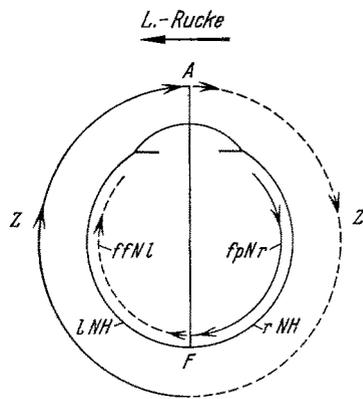
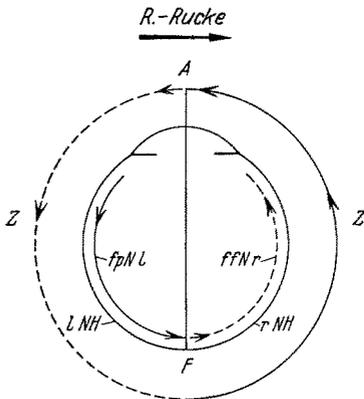


Abb. 5. Bewegung des o. Zylinders und des Netzhautbildes bei den Rechtsrucken.

Abb. 6. Bewegung des o. Zylinders und des Netzhautbildes bei den Linksrucken.

F Fovea, FA Sehachse, Z o. Zylinder, rNH rechte Netzhauthälfte, lNH linke Netzhauthälfte.

besitzt und wenn die Fovea keine Möglichkeit hat, sich an einem ruhenden Punkt anzuklammern, d. h. wenn der mittlere Teil des Gesichtsfeldes blind ist oder durch einen *nahe* vor das Auge gehaltenen dunklen Schirm abgeblendet wird.

3. Verfolgen wir jetzt an Abb. 7 die Reflexbahn vom Auge nach oben, so ergibt sich:

a) Die foveopetalen Rechtsrucke und die foveofugalen Linksrucke spielen sich ab auf der Bahn: linke Netzhauthälften beider Augen, linker Tractus, linkes Corp. gen. ext., linke aufsteigende Sehstrahlung, linke Sehrinde.

b) Die foveopetalen Linksrucke und foveofugalen Rechtsrucke spielen sich ab auf der Bahn: rechte Netzhauthälften, rechter Tractus, rechtes Corp. gen. ext., rechte aufsteigende Sehstrahlung, rechte Sehrinde.

Ich nehme an, daß die aufsteigende Sehbahn sich in den Zellen der Innenfläche des Hinterhauptlappens, der sensorischen Rinde, entfaltet, derart, daß die von der Fovea stammenden Fasern dem hinteren Pol

zustreben, während die von der Netzhautperipherie kommenden vorn endigen.

Es gibt nun Eigenschaften des „optischen“ Ny., die darauf hindeuten, daß die Erregungen jedes Auges auf ihrem *ganzen Wege* bis in den Augenmuskeln selbständig bleiben. Das ist in Abb. 7 angedeutet. Das Gesichtsfeld ist nach außen 30° weiter als nach innen (= temporaler Halbmond). Auch das ist für die Erklärung gewisser Eigenschaften des Ny. von Bedeutung, wie ich an anderer Stelle zeigen werde. Deshalb ist die von den nasalen Netzhauthälften kommende Bahn dicker gezeichnet, als die von den temporalen Hälften herrührende. Zwischen 40 l und 41 l ist der rechte temporale Halbmond (27—28 r); zwischen 40 r und 41 r der linke (29—30 l) lokalisiert. Die von „identischen“ Netzhautstellen stammenden Fasern endigen an besonderen Stellen der Sehrinde, vielleicht in verschiedenen Schichten, die ohne Zweifel untereinander verbunden sind. Ich bezeichne diesen Teil des Hinterhauptlappens als Area striata oder Feld OC (*Economo*), wie es auch *Cords* getan hat. Darüber legt sich als zweite Schale die Area parastriata (Feld OB) und darüber als dritte die Area peristriata (Feld OA). Letzteres enthält große Pyramidenzellen, weshalb man ihm motorische Funktionen zuschreiben kann, wie es auch *Cords* tut.

4. Reize, die in Feld OC ankommen, werden erst dann motorisch wirksam, wenn sie die Aufmerksamkeit erregen, was am leichtesten geschieht, wenn sie von bewegten Lichtobjekten herrühren. Ich vermute nun, daß Feld OB Sitz der Aufmerksamkeit ist. In Abb. 7 sind nun von Feld OC 3 Bahnen in schematischer, aber gesetzmäßiger Projektion bis in Feld OB und von da bis in Feld OA gezogen, wobei auch wieder jedes Auge selbständig bleibt. In den großen Pyramidenzellen des Feldes OA beginnt nun die absteigende (motorische) Sehstrahlung, d. h. die optische, bzw. optokinetische Blickbahn, die auch wieder aus einem Anteil eines jeden Auges besteht. Sie liegt abwärts medial von der aufsteigenden Sehstrahlung, begibt sich zum hinteren Ende der inneren Kapsel, biegt dort nach unten ab und zieht im lateralen Teil des Hirnschenkelfußes und der Brücke, lateral von der Pyramidenbahn, abwärts. *Cords* führt sie von der rechten Sehrinde nach Kreuzung im Hirnstamm zu einem „Linkswendungszenrum“ auf der linken Seite, das in seinem Schema zwischen den Kernen III und IV liegt. Nach meiner Analyse kreuzt sie ungefähr in der Höhe der Abducenskerne und zieht von unten zum Vestibulariskern, wobei ich damit rechne, daß sie in den Kernen der Form. retic. eine Unterbrechung erfährt. Damit ist unter Hinweis auf Abb. 4 die Neuronenkette des o. Ny. in ihren wesentlichen Teilen festgelegt, wobei noch einmal betont wird, daß auch in den Vestibulariskernen und in der infravestibulären Bahn jedes Auge selbständig vertreten ist. Ich bezeichne die von der rechten Sehrinde ausgehende motorische Bahn als rechte Occipitalbahn, die von der linken ausgehende als linke Occipitalbahn.

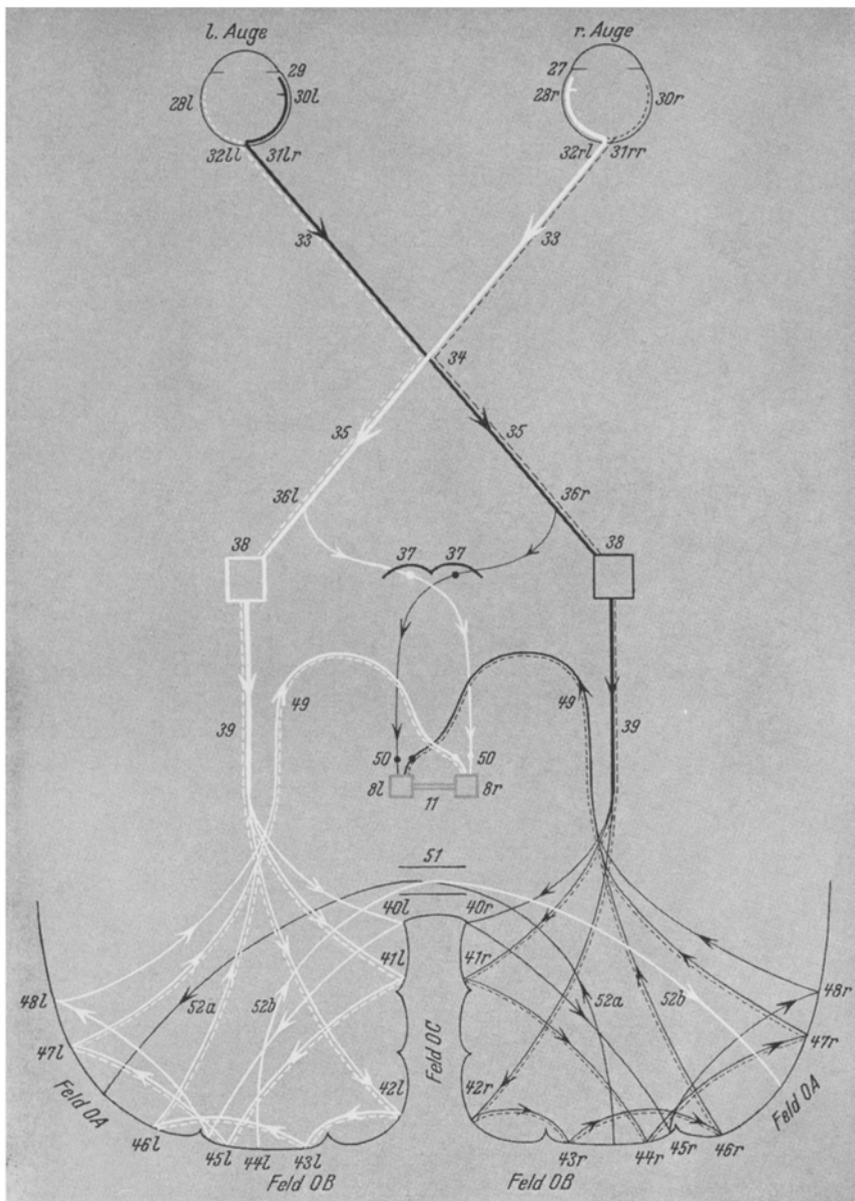


Abb. 7. Erklärung nebenstehend.

5. Versuchen wir jetzt, diese Erkenntnisse zur Erklärung der Beziehungen des o. Ny. zur gl. Halbblindheit heranzuziehen, so stoßen wir auf große Schwierigkeiten. Angenommen, die aufsteigende Sehbahn

sei auf der rechten Seite hinter dem Chiasma an irgendeinem Punkt bis zur Sehrinde (Feld OC) unterbrochen, so fallen aus rein optischen Gründen die foveofugalen Rechtsrucke (ff Nr) und foveopetalen Linksrucke (fp Nr) aus. Es bleiben bestehen die foveopetalen Rechtsrucke (fp NI) und die foveofugalen Linksrucke (ff NI); d. h. trotz Halbblindheit nach links ist o. Ny. nach beiden Seiten auslösbar (*Typus Ohms*). Es ist anzunehmen, daß der o. Ny. jetzt schwächer ist als bei normalem Zustand der Sehbahn, was man aber nur feststellen könnte, wenn man Kurven aus dieser Zeit besäße. Ein deutlicher Unterschied zwischen Rechts- und Linksny. ist nicht vorhanden. Es verhält sich natürlich auch so, wenn die rechte aufsteigende Sehstrahlung unterbrochen ist.

Greift nun die Störung auf die rechte absteigende Sehstrahlung über, so fällt nach *Cords* der Linksny. aus (*Typus Baranys*). *Cords* stützt sich hier auf das bis 1925 vorliegende Material (*Barany, Borries, Brunner, Cords, Ohm, Stenvers, Strauß*). Ich schließe mich *Cords* insoweit an, daß ich einen Einfluß der rechten absteigenden Sehstrahlung auf den Linksny. annehme, aber seine Erklärung lehne ich ab. *Cords* geht in seinem Schema (Abb. 25) von einer Halbblindheit nach links aus. Optische Erregungen gelangen nur bis zur linken Area striata und von dort durch den hinteren Teil des Balkens zum rechten motorischen Feld, wohin auch Erregungen aus der rechten Area striata kommen. Dort beginnt die absteigende Sehstrahlung. *Cords* ist nun der Meinung, daß ihre Unterbrechung den Linksny. aufhebt. Er hat dabei eine fundamentale Tatsache übersehen, nämlich das Bestehenbleiben des Rechtsny. Die Reflexbahn beider Nystagmen (fp NI und ff NI) ist bis zur linken Sehrinde identisch (s. Abb. 5 und 6). Wenn nun die des Linksny. auf die rechte Seite ginge, müßte es auch die des Rechtsny. tun. Das würde unter diesen Bedingungen zur Auslöschung des gesamten o. Ny. führen. Da aber der Rechtsny. (fp NI) bestehen bleibt, so nehme ich an, daß seine Reflexbahn sowohl wie die des Linksny. (ff NI) vom l. Feld OC über OB nach OA geht und von da in der linken Sehstrahlung abwärts bis zur Brücke zieht, dort kreuzt und dann nach Passierung der Form. retic.

Abb. 7. 27 90° nach rechts im rechten Gesichtsfeld; 28r 60° nach rechts im rechten Gesichtsfeld, 28l 60° nach rechts im linken Gesichtsfeld; 29 90° nach links im linken Gesichtsfeld; 30r 60° nach links im rechten Gesichtsfeld; 30l 60° nach links im linken Gesichtsfeld; 31rr rechtsseitige Fovea des rechten A.; 31lr rechtsseitige Fovea des linken A. 32rl linksseitige Fovea des rechten A.; 32ll linksseitige Fovea des linken A.; 33 Sehnerv; 34 Chiasma; 35 Tractus opticus; 36r rechte supravestibuläre Tractus-Vierhügelbahn; 36l linke supravestibuläre Tractus-Vierhügelbahn; 37 vordere Vierhügel; 38 Corp. gen. ext.; 39 aufsteigende (sensorische) Sehstrahlung; 40r, 41r, 42r rechte sensorische Sehrinde (rechtes Feld OC); 40r entspricht 29, 41r:30r und 30l; 42r:31rr und 31lr; 40l, 41l, 42l linke sensorische Sehrinde (linkes Feld OC); 40l entspricht 27; 41l: 28r und 28l; 42l: 32rl und 32 ll; 43r, 44r, 45r rechte Zone der Aufmerksamkeit (rechtes Feld OB); 43r entspricht 42r; 44r: 41r; 45r: 40r; 43l, 44l, 45l linke Zone der Aufmerksamkeit (linkes Feld OB); 43r entspricht 42l; 44l: 41l; 45l: 40l; 46r, 47r, 48r rechte motorische Zone (rechtes Feld OA) 46r entspricht 43r; 47r: 44r; 48r: 45r; 46l, 47l, 48l linke motorische Zone (linkes Feld OA); 46l entspricht 43l; 47l: 44l; 48l: 45l; 49 absteigende (motorische) Sehstrahlung; 50 Formatio retic.; 51 Balken; 52a und 52b commissurale Hemmungsbahn zwischen Feld OB und OA.

In Abb. 7 müssen die Bezeichnungen 44l und 45l 3–4 mm nach links verschoben werden.

in den rechten Vestibulariskern einmündet*. Auf diese Weise ist es gelungen, die Reflexbahn des corticalen o. Ny., zerlegt in seine 4 Untergruppen, festzustellen, was durch die Abb. 5, 6 und 7 veranschaulicht wird.

Was die von *Cords* herangezogene Commissur zwischen beiden Occipitallappen angeht, so ist ihr Zweck nicht ersichtlich. Sehen wir einmal von dem Problem der Doppelvertretung der Macula ab, das für unsere Erörterung nicht von Belang ist, denn von einem kleinen zentralen Gesichtsfeldbezirk läßt sich kein o. Ny. auslösen. Eine Verknüpfung der optischen Rindenfelder im ganzen würde der strengen Projektion der Gesichtsfeldhälften widersprechen. Eine Verbindung zwischen Feld OC der einen mit Feld OA der anderen Seite wäre natürlich denkbar, aber nicht im Sinne einer Bewegungsvermittlung; denn Erregung der linken Sehrinde erzeugt Einstellungsbewegung nach rechts. Wenn sie sich auch im rechten mot. Feld äußern würde, so könnte das nur als *Hemmung* gedeutet werden zwecks Erleichterung der Rechtsbewegung (Bahn 52a und 52b in Abb. 7).

6. Mit der Klarstellung der Reflexbahn ist aber die Lösung des Rätsels des o. Ny. noch nicht erreicht. *Sie gelang mir erst im vorigen Jahr nach 15jähriger Stoffsammlung mit Hilfe der Ny.graphie und Verwertung meiner Gesamterfahrungen am Ny. Sie liegt in folgendem.*

*Foveopetale Erregung der linken Netzhauthälften macht Aufladung des rechten Vestibulariskerns = Rechtsny.; foveofugale macht Entladung des rechten Kerns = Linksny**.* Damit haben wir den *Ohmschen* Typus bei Halbblindheit verstanden, nicht aber den *Baranyschen*. Man muß hier auf die Grundbegriffe der Ny.kunde zurückgreifen. Beide Vestibulariskerne halten sich normalerweise im Gleichgewicht, das ich als *gespannt* bezeichne. Daran beteiligen sich *alle* Erregungen, die den Kernen zufließen. Sinkt der Zufluß zu dem einen, so steigt automatisch die Erregbarkeit des anderen Kernes. Für die labyrinthären Zuflüsse ist das bereits erörtert. Es gilt auch für die optischen, wenn auch nicht in gleichem Grade.

Wenn nun bei der im Abs. 5 angenommenen linksseitigen Halbblindheit nur dadurch eine Änderung im o. Ny. eintritt, daß die Störung auf die benachbarte rechte absteigende Sehstrahlung übergreift, obgleich sie gar nicht zur Reflexbahn des noch vorhandenen o. Ny. gehört, so muß angenommen werden, daß der Tonus des linken Vestibulariskerns auch in der Ruhe von der rechten absteigenden Sehstrahlung beeinflußt wird. Hier sei zunächst betont, daß die rechte Sehrinde (Feld OC) an sich nicht unmittelbar zu diesen Faktoren gehört,

* Meine Darstellung im 2. Bd. des „Augenmuskelsender“ auf S. 206—208 enthält noch Fehler.

** Man beachte hier die Ähnlichkeit mit dem vestibulären Drehny. auch bezüglich der Bezeichnungen.

zumal ja ihre Erregung von außen nur durch Vermittlung der Aufmerksamkeit zu Augenbewegungen führt. Wohl aber gehört dazu das Feld OA mit seinen großen Pyramidenzellen. Man muß also annehmen, daß dieses Neuron auch in der Ruhe, d. h. ohne daß es optisch gereizt wird, den linken Kern dauernd aufladet. Fällt es aus, so sinkt der Tonus im linken Vestibulariskern, worauf die Erregbarkeit des rechten steigt. Wird nun durch foveopetale Bildbewegung (fp N1) der rechte aufgeladen, so steigt sein Tonus noch mehr. Die Folge ist lebhafter Rechtsny. Versucht man, ihn durch foveofugale Bildbewegung (ff N1) unter das Niveau des linken zu entladen, so gelingt das entweder gar nicht oder nur in geringem Grade. Darum fehlt unter diesen Umständen der Linksny. oder er ist schwach. Da nun Druckunterschiede im vestibulären Kernapparat sich allmählich ausgleichen, so müssen auch im Bilde des Ny. Änderungen auftreten. Daß es sich so verhält, sei an folgendem Fall* nachgewiesen.

Die Sehstörung begann vermutlich am 22. 5. 35. Die erste Gesichtsfeldaufnahme, die fast totale Ha. nach rechts ergab, fand am 12. 6., die erste Ny.graphie am 18. 6. statt. Die Beobachtung erstreckte sich über mehr als 15 Monate. In Abb. 8 sind nun auf der Abszisse die Monate, auf der Ordinate die Energiewerte der negativen (Rechts-) Rucke und positiven (Links-) Rucke eingetragen. Erstere sind zunächst sehr klein, letztere ziemlich groß. Bei der zweiten Untersuchung sind die ersteren deutlich gestiegen, die letzteren ganz erheblich gefallen. Dann nehmen beide zu, um später wieder etwas auseinander zu gehen. Der große Energieunterschied, der zu Beginn bestand, ist später nie wieder beobachtet, auch nicht bei der Reizung mit 0,5-cm-Streifen.

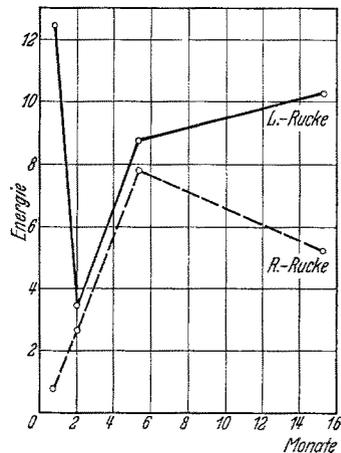


Abb. 8.

Aus diesem Befund lassen sich folgende Schlüsse ziehen. a) Der *Baranysche* Typus ist um so eher in den dafür überhaupt geeigneten Fällen zu finden, je früher man untersucht; b) er hat die Neigung, allmählich in den *Ohmschen* überzugehen. Man wird vielleicht einwenden: die Besserung der negativen Ruhe beruht auf einer Besserung der Halbblindheit. Dies ist aber in obigem Fall nicht eingetreten, könnte auch nicht zu einer Verschlechterung der positiven Rucke führen.

Man erinnere sich der obigen Bemerkung, daß in meinem Kurvenmaterial ein Fall von völligem Fehlen der negativen Rucke nicht vorkommt. Um nun zu erkennen, ob überhaupt eine Störung des Ny. vorliegt, habe ich zwei Formeln eingeführt:

$$1. \text{ Index } r = \frac{\text{Rechtsrucke}}{\text{Linksrucke}}; \quad 2. \text{ Index } l = \frac{\text{Linksrucke}}{\text{Rechtsrucke}}$$

* Nr. 35 in Graefes Arch. 135, 214.

In den Zähler setzt man die Energie der negativen, in den Nenner die der positiven Rucke. Ich nehme eine Störung im Bereich der absteigenden Sehstrahlung an, wenn der Index r 0,6, der Index l 0,9 beträgt (unter den üblichen Verhältnissen der Ny.registrierung am rechten Auge).

7. Fragt man, ob bei der soeben erörterten Erkrankung abgesehen von der Ny.schädigung noch andere Störungen möglich sind, so kann man sich folgende Vorstellung machen. Nimmt man an, daß es sich um eine Ausfallserscheinung handelt, so muß eine Herabsetzung des Tonus im linken Vestibulariskern infolge Überwiegens des rechten zu Rechtsny. führen. Dieser kann aber latent bleiben, da er durch die Fixation unterdrückt wird. Ist er manifest, so könnten die Augen theoretisch sowohl nach links wie nach rechts abgelenkt sein, entsprechend den in Kap. 3, Abs. 1 aufgeführten 3 Typen a, b und c.

Wir stoßen hier auf eine Parallele zum Bechterewny., wenn auch der Einfluß der Occipitalrinde zweifellos viel geringer ist als der des Labyrinth. Auch früher ist auf derartige Störungen im okulomotorischen Apparat bereits geachtet. *Wilbrand* und *Saenger* haben im 8. Bd. der Neurologie des Auges, S. 57 (1921) 12 Fälle verschiedener Autoren von Herden im Hinterhauptslappen mit konjugierter Deviation bei homon. Hemi. zusammengestellt. Darunter waren die Augen allein deviiert 7mal, Augen + Kopf 5mal. Die Deviation ging zur Herdseite 5mal, vom Herd weg 3mal, zuerst weg, dann hin 1mal. Ny. ist dabei nie notiert.

Bei meinem 72j. Kranken *, der am 2. Tage kam, bestand fast totale Ha. nach links, und Schwäche im linken Bein; Augen und Kopf wurden immer nach rechts gedreht; erstere waren gut beweglich, leichter Ny., dessen Schlagrichtung leider nicht vermerkt ist. An der Drehtrommel mit 4-cm-Streifen wurde die Bewegung nach allen Seiten erkannt; die Rechtsrucke waren lebhaft, die Linksrucke ganz schwach oder fehlend; Auf- und Abdrucke gering. Am 3. Tag zeigte die Kurve mit 0,5-cm-Streifen kleine, aber frequente optokinetische Rechtsrucke. Rechtsdrehung ergab ganz kleine Linksrucke und fast ebensoviele Rechtsrucke (Gegenstöße), so daß man von einem eigentlichen optokinetischen Ny. kaum sprechen konnte. Kopf und Augen waren hier also zur Herdseite abgelenkt und ich nehme an, daß der Spontanny. nach rechts geschlagen hat; wenn nämlich Linksny. bestanden hätte, so mußte auch lebhafter optokinetischer Linksny. auslösbar sein. Alle Zeichen können auf Herabsetzung des Tonus im linken Vestibulariskern mit sekundärer Übererregbarkeit des rechten zurückgeführt werden. Als Sitz der Störung habe ich damals wegen der anderen Zeichen (Lähmungen und Anästhesie) die rechte innere Kapsel angenommen. Tod am 14. Tag.

Es ist sehr wünschenswert, daß diese Zeichen in ganz frischen Fällen genau erhoben werden, und ich empfehle, um Deviation und Ny. unter günstigen Bedingungen festzustellen, die Anwendung von matten Gläsern, ferner der *Bartelsbrille* und Beobachtung der Augenstellung bei geschlossenen Augen; wenn möglich auch Registrierung des Ny. und der Augenstellung im Hellen und Dunkeln.

* Fall 18 im Arch. Augenheilk. 106, 204.

Wertvolle Aufklärungen sind hier auch von Tierversuchen zu erwarten. *Spence* und *Fullton** entfernten bei einem Schimpansen den ganzen linken Occipitallappen; darnach totale Ha. nach rechts; 3 Stunden nachher bestand konjug. Deviation der Augen nach links. Desgleichen am nächsten Tag, aber die Augen waren fähig zu extremer Rechtswendung**; kein Ny. Am 3. Tag war die Neigung zu der Deviation verschwunden. 44 Tage später wurde vom rechten Occipitallappen die ganze laterale Fläche und der hintere Teil, aber nicht die mediale Oberfläche entfernt. Später ergab sich, daß auf der linken Seite des Gesichtsfeldes der „temporale Halbmond“ sehtüchtig geblieben war. Am Tage der Operation wenig Aktivität; am 1. Tag nachher waren die Augen scharf nach rechts abgelenkt mit starkem Ny. mit „langsamer Phase nach rechts“ und gelegentlich auch vertikaler Ny. Am 2. Tag war die Deviation nach rechts weniger deutlich.

Die Autoren legten das Hauptgewicht auf die Untersuchung des Sehens und haben den o. Ny. leider nicht aufgenommen. Ich führe die Deviation nach links nach der ersten Operation auf das Überwiegen des linken Kerns zurück. Wahrscheinlich war auch hier der o. Rechtsny. zunächst nicht vorhanden oder ganz schwach. Als nun lange nachher, nachdem die innere Kompensation der Kerne eingetreten war, ein großer Teil des rechten Lappens weggenommen war, kam es zu Rechtsablenkung mit Linksny. Das scheint meinen obigen Ausführungen zu widersprechen. Man hätte jetzt infolge Sinkens des Tonus des linken und sekundärer Tonuserhöhung im rechten Kern Rechtsny. erwarten sollen. Wenn das Gegenteil eintrat, so kann man das wohl nur mit der Erhaltung des linken temporalen Halbmonds erklären. Er hat den Tonus im linken Kern teilweise aufrechterhalten; er ist es ja auch, der die schnelle optische Einstellung mit sehr großem Ausschlag nach links bedingt (s. Abb. 7, 40 r bis 41 r). Von ihm hätte sich im Zylinder wahrscheinlich auch o. Ny. noch auslösen lassen. Das Auftreten des Spontanny. und der Deviation wurde zudem hier im Gegensatz zur ersten Operation durch den Ausfall der zentralen Fixation erleichtert. In Zukunft soll man bei Tierversuchen diesen Dingen mit größter Sorgfalt nachgehen und die optokinetische Prüfung nicht versäumen. Wahrscheinlich wird man bei der eben geschilderten Versuchsanordnung Unterschiede im o. Ny. finden, je nachdem man das rechte und das linke Auge, letzteres mit dem temporalen Halbmond (29—30 l) reizt.

Ob zur Erklärung der soeben erörterten Deviation bzw. des Spontanny. auch Reize herangezogen werden können, die vom Neuron der rechten absteigenden Sehstrahlung als Folge der Erkrankung oder Operation auf den linken Vestibulariskern wirken, bleibe dahingestellt.

* S. Brain 59, 35—60 (1936); mitbearbeitet von *Poljak* und *Hayashi*.

** Letztere kann nicht optisch hervorgerufen sein wegen der Ha. nach rechts, sondern kann nur willkürlich bedingt sein, wenn Kopfbewegungen ausgeschlossen sind.

Das wäre nur denkbar im unmittelbaren Anschluß an den Insult und müßte sich auch in einer *Verstärkung* der negativen Rucke kundgeben, die bisher nicht nachgewiesen ist. Was sich später zeigt, wenn sie fehlen oder stark herabgesetzt sind, ist als Ausfallserscheinung von seiten des linken Kerns im obigen Sinne aufzufassen.

7. Die bisherige Erörterung hat gezeigt, daß vestibuläre und optische Reaktionen am okulomotorischen Apparat auffallend ähnlich sind. Es gibt aber eine Art von optischer Innervation, die höher steht als die vestibulären; das ist die optische Einstellungsbewegung. Ein heller Punkt z. B. in der rechten Gesichtsfeldperipherie, der die Aufmerksamkeit anregt, führt zu einer gradlinigen Bewegung der Gesichtslinie, bis sie ihn erreicht hat. Sie kann vom Auge allein nach rechts bis zu etwa 50 Grad ausgeführt werden; darüber hinaus muß die Mitbewegung des Kopfes hinzukommen. Gewöhnlich beteiligt sich letztere schon bei geringerer Exzentrizität. Sie spielt sich ab auf der Bahn: linke Netzhauthälften usw., linke Sehrinde, linke absteigende Sehstrahlung, Kreuzung, rechter Vestibulariskern (Abb. 7, 40—42 l, 48—8 r). Die Einstellungsbewegung vollzieht sich schnell, in der Kurve glatt („gleitend“), und beruht auf Aufladung des rechten Kerns. Liegt eine Störung in der bilateralen Verknüpfung beider Vestibulariskerne vor, so stellt sich die Kurve als eine *absteigende Treppe* dar. Es ist falsch, hier von *Zahnradphänomen* zu sprechen, wie es von *Cords* geschieht. In Wirklichkeit handelt es sich um kleine Rechtsrucke. Eine zahnradähnliche Kurve kommt beim o. Ny. und auch sonst vor, wenn die Kurve aus Rucken und Gegenstößen gemischt ist*. Im Anschluß hieran kann auch die Bewegung der Augen beim Lesen gestreift werden. Das Auge springt mit kleinen Rucken nach und nach auf einen Komplex von Buchstaben über, die die Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben. Diese Kurve ist auch wie vorhin eine absteigende Treppe und beruht auf kleinen Rechtsrucken, die durch die Aufladung des rechten Vestibulariskerns entstehen. Sie haben aber nicht die übliche Form, da kleine Ruhepausen eingeschaltet sind. Regelrechte Rucke entstehen, wenn man die Buchstabenreihe von der Mitte langsam nach links zieht, während gelesen wird**.

* S. Ohm: Graefes Arch. 134, 27 (1935).

** Augenbewegungen werden auch durch Gehörs- und Gefühlseindrücke hervorgerufen. Ich will sie hier nur kurz streifen. Ihre Bahnen entspringen im Schläfen- bzw. Scheitellappen, ziehen in den Stabkranz, kommen im hinteren Abschnitt der inneren Kapsel in die Nähe der absteigenden Sehstrahlung und begeben sich mit ihr durch Hirnschenkelfuß bis zum Ende der Brücke, wo sie kreuzen, um dann dem entgegengesetzten Vestibulariskern zuzustreben (Abb. 9). Ich muß es einer späteren Zeit vorbehalten, diese Bahnen so genau durchzuarbeiten wie die optokinetische, habe aber aus folgendem Grunde Veranlassung, sie hier zu erwähnen. Bei großen Geschwülsten, die im Scheitel- und Schläfenlappen sitzen, fällt der o. Ny. zur Gegenseite aus (*Stenvers, Cords, Fox*). Man wird zunächst annehmen,

6. Der optisch-vestibuläre Drehnystagmus.

Dreht man die Versuchsperson im o. Zylinder bei offenen Augen im Hellen, so entsteht ein Drehny., der an Frequenz und Amplitude die vorhin beschriebenen Teilnystagmen übertrifft. Nun kann man den o. Ny. durch Veränderung der Streifenbreite variieren. Wie kommt es, daß bei der Drehung im Hellen immer ein regelrechter Ruckny. entsteht? Wenn zwei Schallwellen von gleicher F zusammentreffen, so kann eine Kurve von gleicher F und größerer A nur dadurch zustande kommen, daß beide Wellen in gleicher Phase zusammentreffen. Es ist nicht anzunehmen, daß die vorhin genannten Nystagmen die gleiche F und die gleiche Phase besitzen. Unter diesen Umständen würden zwei Schallwellen eine sehr komplizierte Interferenzkurve bilden. Somit kann der optisch-vestibuläre Drehny. nicht auf einer einfachen physikalischen Mischung der Bestandteile beruhen. Ich nehme an, daß die optischen und vestibulären Erregungen sich nicht in den Augenmuskeln treffen, sondern höher in den Vestibulariskernen, die die Fähigkeit haben, sie selbständig zu verarbeiten und dann als ruckförmige Entladung zu den Augenmuskeln zu senden. Dies ist einer von meinen Beweisen für das Vorhandensein eines gemeinsamen Zentrums, des vestibulären Hauptaugenmuskelsenders.

Nachdem ich die Grundlagen meiner Anschauungen ausführlich dargestellt habe, muß ich mich mit Rücksicht auf den mir zur Verfügung stehenden Raum im Folgenden kurz fassen, zumal diese Dinge zum Teil nicht zu meinem engeren Forschungsgebiet gehört haben.

7. Der subcorticalen optokinetische Nystagmus.

Bielschowsky hat in einem Fall von reiner Rindenblindheit mit ganz normaler Pupillenreaktion, der später seziert wurde, festgestellt, daß der Prismenversuch nicht gelang und daß auf irgendwelche Netzhauterregung keine reflektorische Einstellungsbewegung erfolgte. Er lehnt deshalb die Annahme eines subcorticalen Reflexweges ab. Da *Ter Braak* aber bei großhirnlosen Affen o. Ny. auslösen konnte, sind wir gezwungen, auch dieser Bahn beim Menschen wieder unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ich halte es nun für aussichtslos, daß man mit dem Prismenversuch oder durch Belichtung der Netzhautperipherie bei Rindenblindheit eine Bewegung des Auges erzielen kann, zumal ja auch das Kaninchen keine optische Einstellung zeigt. Nur der optische Zylinder bietet uns die Aussicht, in einem solchen Falle eine Reaktion auszulösen, sei es Deviation oder auch Ny. Bezüglich des subcorticalen

daß hier die Schstrahlung in Mitleidenschaft gezogen ist. Aber nicht alle haben Hemianopsie. Es wäre also auch möglich, daß in diesen beiden Lappen Blickzentren, vergleichbar den Feldern OC, OB und OA, liegen, die auch in der „Ruhe“ den Spannungszustand des entgegengesetzten Vestibulariskerns dauernd aufladen (s. Abb. 9). Wahrscheinlich ist ihr Einfluß aber viel geringer als der des Hinterhauptlappens.

Reflexweges kann man folgende Vermutung äußern. Er zweigt wie die Pupillenbahn vom rechten Tractus opticus ab und begibt sich zu einem Kern der vorderen Vierhügel, die ja auf einer gewissen Entwicklungsstufe die Endstätte des optischen Systems darstellen, weshalb ich ihn die *vordere Vierhügelbahn* nenne. Dort beginnt ein neues Neuron, dessen Fortsatz die Seite kreuzt, wobei man an die Decussatio *Meynert* (Tr. tectospinalis), die unter dem hinteren Längsbündel bzw. den vorderen Vierhügeln liegt, oder auch an die hintere Commissur denken kann. Weiter zieht er dann vielleicht nach einer Unterbrechung in der *Formatio retic.* in den linken Vestibulariskern (Abb. 7, 36, 37, 50). Zu dieser Auffassung komme ich auch deshalb, weil nach den Untersuchungen *Ter Braaks* am Kaninchen gleichzeitige optokinetische und vestibuläre Reizung eine regelmäßige Interferenzkurve ergibt (s. seine Abb. 20 b). Im übrigen kann man das an den Abb. 5 und 6 Entwickelte auch hier anwenden.

8. Der Einfluß des Stirnhirns.

Der erwachsene Mensch kann seine Augen absichtlich nach rechts, links, oben, unten und schräg dirigieren, auch im Dunkeln und hinter den geschlossenen Lidern. Man bezeichnet diese Bewegungen als „willkürlich“ oder noch besser, da sie während der Untersuchung auf Anordnung erfolgen, als *Kommandobewegung*. Es gibt Autoren, die sie auch als reflektorischen Akt auffassen, der durch optische Vorstellungen eingeleitet wird (s. *Muskens*, S. 495). Richtig ist daran, daß sie mit Hilfe optischer Erregungen erlernt werden; denn Blindgeborene und früh Erblindete besitzen sie im Gegensatz zu spät Erblindeten nicht; Kinder und Unintelligente führen sie gar nicht oder nur sehr unvollkommen aus und alte Leute verlernen sie wieder. Aber bei voller Ausbildung werden sie zu einem automatischen Akt und stellen die höchste Stufe der Augenbewegung dar, weil sie sich unabhängig von reflektorischen Erregungen vollziehen.

Ihre Bahn beginnt im Fuß der 2. Stirnwindung und zieht mit der Pyramidenbahn durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel, Hirnschenkelfuß und Brücke abwärts, um dann nach Ansicht der meisten Autoren in das entgegengesetzte hintere Längsbündel einzutreten — ob oral oder caudal, darüber sind die Meinungen geteilt —, und damit die Augenmuskelkerne zu erreichen. Bemerkenswert ist aber, daß sich die Pyramidenfasern wohl bis zu den motorischen Kernen des 5., 7., 11. und 12., aber nicht bis zu denen des 3., 4. und 6. Gehirnnerven verfolgen lassen (s. *Muskens*). S. 108 spricht *Muskens* von dem Gebrauch, den die Willkürbahn von dem äußerst fein abgewogenen vestibulären System der reflektorischen Augenbewegungen macht, und stellt den Satz auf: „Daher: ohne Vestibularsystem keine willkürlichen Augenbewegungen.“ Diese Ansicht ist meines Wissens *zum ersten Male* in der Literatur von mir mit ganz ähnlichen Worten 1919 aufgestellt, als ich

die Beziehungen der Bogengangssampullen zu den Augenmuskeln analysiert hatte*. Der von ihm angeführte Versuch *Ewalds* und *Stephensons* (nicht *Stephans*) an dem Hund, der nach Entfernung der Labyrinth hingeworfene Fleischstücke nicht mehr aufschnappen konnte wie vor der Operation, ist auch bereits von mir verwertet worden. Er beweist aber nicht, daß hier nur die Willkürbahn versagte. Ich nehme an, daß auch die optische Bahn in Unordnung war, denn der Hund „verlor das Fleisch aus den Augen“. Das ist erklärlich, weil beide Bahnen in die Vestibulariskerne münden. 1919 habe ich noch angenommen, daß sich vestibuläre Erregungen in den Augenmuskelnkernen den willkürlichen unterordnen. Aber 1920 zog ich aus der Analyse des Ny. den Schluß, daß die Willkürbahn in die Vestibulariskerne einmündet und durch sie die Augenbewegungen erzeugt. Mit Rücksicht auf das vorhin Gesagte ist es somit verwunderlich, daß *Muskens* 1935, S. 447 meine Übertragung der willkürlichen Erregung mit Hilfe der Pyramidenbahn auf die vestibulären Kerne als *Ketzerei* bezeichnet, obwohl sie schon 1928 durch *Spiegel* und *Teschler* bezüglich der horizontalen Bewegungen an Katzen experimentell bestätigt worden ist. Darf man den *Nucleus magnocellularis* (*Deiters*) nicht mit dem gleichen Recht als motorischen Kern ansehen wie den Facialiskern und ihn darum als 2. Neuron der Pyramidenbahn unterstellen?

Was nun das Ende dieser Bahn angeht, so liegt sie m. E. an der Basis der Brücke als frontopontines Bündel medial von der Pyramidenbahn, während die optokinetische lateral liegt, kreuzt vermutlich in der Höhe der Abducenskerne und begibt sich von unten nach Unterbrechung in der Form. retic. in den entsprechenden Vestibulariskern (Abb. 9).

Ich möchte hier den Autoren, die sich mit Augenbewegungen befassen, besonders auch denjenigen, die Lehr- und Handbücher schreiben und damit für die Entwicklung dieser Lehre einige Jahre mitverantwortlich sind, den dringenden Rat geben, ihren Standpunkt des Ignorierens endlich aufzugeben und ihr Augenmerk auf diesen *kardinalen Punkt* zu richten. Der Einfluß der Willkürinnervationen kommt nämlich, wie ich gleich zeigen werde, an vielen Eigenschaften des Ny. zum Vorschein. Physiologisch vollzieht er sich derart, daß z. B. die „seelische“ Erregung im linken Frontalzentrum mit Hilfe der linken Frontalbahn eine Aufladung des rechten Vestibulariskerns herbeiführt, worauf eine glatte, gleitende Bewegung nach rechts stattfindet.

Aus klinischen Beobachtungen, z. B. denen von *Bartels*³ an einem reichen Material von Kriegsverletzungen, kann man folgendes entnehmen. Wird der Fuß der 2. linken Stirnwindung durch Verletzung oder Meningitis gereizt, so weichen beide Augen nach rechts und in der Regel etwas nach oben ab = Reizung des rechten Vestibulariskerns.

* Klin. Mbl. Augenheilk. 62, 673 (1919).

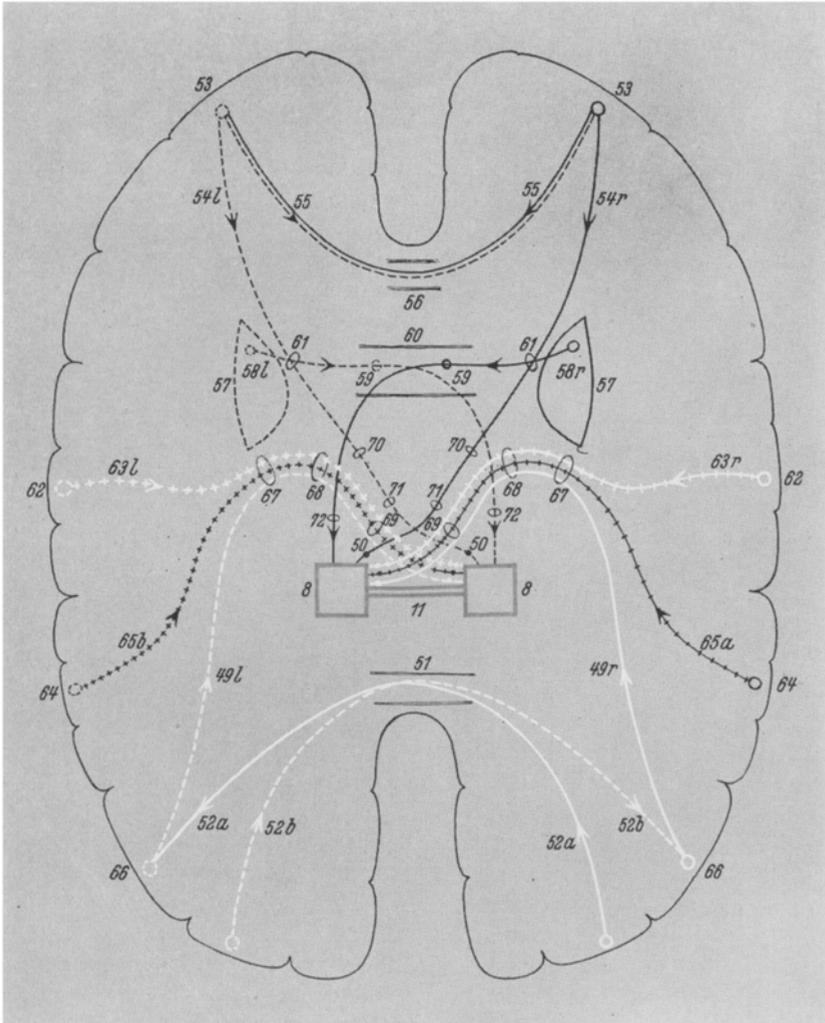


Abb. 9. 53 Fuß der 2. Stirnwindung, 54r rechte supravestibuläre Frontal- (Willkür-) Blickbahn; 54l linke supravestibuläre Frontal- (Willkür-) Blickbahn; 55 commissurale Hemmungsbahn zwischen beiden frontalen Blickzentren; 56 vorderer Teil des Balkens; 57 Striatum (Globus pallidus); 58r rechte supravestibuläre striäre Bahn; 58l linke supravestibuläre striäre Bahn; 59 Nucl. commiss. post.; 60 hintere Commissur; 61 vorderer Schenkel der inneren Kapsel; 62 Schläfenlappen; 63r rechte supravestibuläre akustische (Temporal-) Blickbahn; 63l linke supravestibuläre akustische (Temporal-) Blickbahn; 64 Scheitellappen; 65r rechte supravestibuläre sensible (Parietal-) Blickbahn; 65l linke supravestibuläre sensible (Parietal-) Blickbahn; 66 Hinterhauptslappen; 49r rechte supravestibuläre optokinetische (Occipital-) Blickbahn; 49l linke supravestibuläre optokinetische (Occipital-) Blickbahn; 67 hinterer Schenkel der inneren Kapsel; 68 laterales Feld des Hirnschenkelfußes; 69 laterales Feld der Brücke; 70 mediales Feld des Hirnschenkelfußes. 71 mediales Feld der Brücke; 72 hinteres Längsbündel.

Dieses Zeichen, das oft mit Krämpfen in den rechten Gesichts- und Extremitätenmuskeln verbunden ist, kann längere Zeit auch im tiefsten

Koma bestehen, kommt dann also nicht „seelisch“ zustande. In der Regel ist es flüchtiger Art. Wird die gleiche Stelle durch eine Geschwulst oder Blutung gelähmt, so weichen beide Augen nach links ab, d. h. sie schauen den Herd an. Die Spannung im rechten Vestibulariskern ist gesunken, worauf der linke das Übergewicht bekommt und die Augen nach links treibt. Es gibt also eine frontale Deviation conjuguée infolge von Reizung und Lähmung. In letzterem Falle finden wir oft auch Lähmungen auf der rechten Seite und Patellar- und Fußklonus, Babinski, Störung der Bauchdeckenreflexe sowie bisweilen auch motorische Aphasie, deren Zentrum direkt unterhalb im Fuß der 3. Stirnwindung liegt.

Sehr wichtig ist die Tatsache, daß Ny. nur in einem Teil der Fälle von Deviation conjuguée vorkommt, aber bisweilen von großer Stärke ist. Er kann bei obigem Beispiel nach rechts, d. h. zur gesunden, oder nach links, d. h. zur kranken Seite schlagen, weshalb man nach *Bartels* aus ihm allein keinen Schluß auf die Seite der Erkrankung ziehen kann. Er sah auch viele rindenepileptische Anfälle von Deviation ohne Ny. Wir sehen auch hier wieder zwei verschiedene Grade der Störung vor uns: Deviation ist der schwächere; Ny. der stärkere. Zu Ny. kommt es, entweder wenn der Reiz sehr groß oder wenn das vestibuläre Gleichgewicht sehr labil ist. Was *Bartels* als Rindenfixationsny. bezeichnet hat, ist in Wirklichkeit ein durch frontale Erregungen bedingter Vestibulariskernny.

Die Lähmungsdeviation nebst Ny. kann mehrere Tage anhalten. Dann verschwindet sie. Die Kranken erlangen die Fähigkeit, die Augen willkürlich nach beiden Seiten zu bewegen, wieder. Man suchte bisher die Erklärung darin, daß jedes frontale Blickzentrum die Augen nach beiden Seiten bewegen könne, daß aber der Trieb zur Gegenseite überwiegt. Hierzu muß man bemerken, daß die Ablenkung zur Gegenseite experimentell bewiesen ist, die zur gleichen Seite aber noch nicht. Solange letzterer Beweis noch fehlt, ist folgende Erklärung zulässig. Wie oben erörtert, haben die Vestibulariskerne die Fähigkeit, ihre Spannungsunterschiede auszugleichen. Besteht also bei Lähmung des linken Frontalzentrums zunächst eine Deviation nach links infolge Überwiegen des linken Vestibulariskerns, so muß sie verschwinden, wenn sich der Ausgleich beider Kerne vollzogen hat. Dann wäre eine willkürliche Linkswendung der Augen möglich, aber keine Rechtswendung. Sie könnte aber in folgender Weise zustande kommen. Man kann sich vorstellen, daß bei der Intention zu Rechtswendung nicht nur der Erregungszustand im linken Frontalzentrum erhöht, sondern gleichzeitig im rechten herabgesetzt wird, was durch eine Commissurbahn (Abb. 9, 55) erleichtert würde. Die Folge wäre auch eine Erniedrigung der Spannung des linken Vestibulariskerns. Daraus ergäbe sich ein Überwiegen des rechten Kerns mit Rechtsverschiebung der Augen. Meine Erklärung ist hier ähnlich wie bei der Bahn 52.

Hieran möchte ich einige Hinweise anschließen, welche die große Bedeutung der frontalen Erregungen in der gesamten Ny.kunde veranschaulichen. a) Es gibt Fälle von sog. optischem¹ Spontanny., bei denen bei Gradblick Ruhe oder Pendelzittern herrscht, 5 Grad rechts von der Mitte aber Rechtsny., 5 Grad links Linksny. auftritt. Beide nehmen mit der Wanderung nach ihrer Seite an Amplitude bzw. Energie zu. Dies beruht auf Aufladung des betreffenden Vestibulariskerns vom entgegengesetzten frontalen Blickzentrum. In der Mitte, wo beide Einflüsse sich ganz oder nahezu im Gleichgewicht halten, fehlt der Ny., oder er ist schwach, d. h. pendelförmig.

b) Wer annimmt, daß hier bei Rechts- und Linkswanderung auch ein optischer Faktor im Spiele ist, sei auf folgenden Fall hingewiesen.

Fall 372a zeigte bei Gradblick bisweilen Ruhe, bisweilen Rechtsny., der bei Rechtsverschiebung stärker, bei Linksverschiebung schwächer wurde, aber bis etwa 20° links bestehen blieb und jenseits davon in Linksny. überging. Hier nehme ich ein Übergewicht des rechten Vestibulariskerns an, das willkürlich und optisch unterhalten wurde. Es spricht manches dafür, daß der Einfluß des linken frontalen Blickzentrums bereits bei äußerster Linkswendung in geringem Grade beginnt und sich mit der Rechtswanderung immer mehr verstärkt. Wird in diesem Falle bei Gradblick, wo lebhafter Rechtsny. besteht, verdunkelt, so schlägt er sofort oder nach 1—2 Sek. in Linksny. um, ein Beweis, daß die Unterhaltung des Rechtsny. im Hellen in erster Linie auf der optischen Aufladung des rechten Vestibulariskerns beruht. Werden nun die Augen 5° nach rechts eingestellt, so hört nach Verdunkelung der Rechtsny. zwar auf; es folgen einige kleine indifferente Schwankungen; aber erst nach 4—5 Sek. kommt der Linksny. mit kleinen Zuckungen zum Durchbruch. Blicken die Augen aber 10° nach rechts, so bleibt der Rechtsny. nach Verdunkelung bestehen, und zwar mit kleinerer Frequenz und größerer Amplitude; d. h. geringerer Energie. 10° rechts von der Mitte ist also der Einfluß des linken frontalen Blickzentrums bereits so stark geworden, daß die von der Verdunkelung ausgehende Umlagerung des Spannungsverhältnisses beider Kerne, die sich bei Gradblick als sehr mächtig erweist, nicht mehr durchdringen kann*.

c) Die meisten Menschen zeigen in den peripheren Seitenstellungen einen waagerechten, bisweilen auch einen raddrehenden Ny., der kurz *Endstellungsny.* genannt wird. Die landläufige Erklärung, die ein Lehrbuch dem anderen nachschreibt, besteht darin, daß die willkürliche Innervation hier bald ermüdet und dann nicht mehr gleichmäßig, sondern intermittierend erfolgt. Es soll nicht bestritten werden, daß die willkürliche Seiteninnervation in Tätigkeit gesetzt und wieder aufgegeben werden kann. Aber eine Wiederholung dieses Spieles ist noch kein Ny., wie er z. B. bei 5 Grad rechts gewandtem Blick bisweilen in sehr regelmäßiger Ausbildung beobachtet werden kann. Was hierbei im linken Frontalzentrum vor sich geht, weiß bis jetzt noch niemand. Ich glaube aber schon voraussagen zu können, daß derjenige, der in der

* Es handelt sich um die Fälle von angeborenem Ny., die dem Augenarzt in erster Linie zu Gesicht kommen. Ein Teil davon leidet an Schwachsichtigkeit und darf dann als „amblyopischer“ Ny. bezeichnet werden. Viele haben eine erhebliche, manche sogar normale Sehschärfe. Für diese fehlt uns noch eine treffende Bezeichnung.

Lage ist, hierbei die moderne Verstärkerapparatur an dasselbe zu legen, keinen Innervationsstrom registrieren wird, der Ähnlichkeit mit dem Ruckny. hat. Viel eher vermute ich, daß bei der „Intention“ der schon normalerweise vorhandene Sinusstrom in bezug auf Frequenz und Amplitude verstärkt wird und damit zu einer Aufladung des rechten Vestibulariskerns führt, wie die Radiowellen den Kondensator aufladen. Der Ruckny. bedeutet nichts anderes als seine periodische Entladung. Der Endstellungsny. ist also nichts weiter als der schwächste Grad einer gewissen Art von angeborenem Spontanny. bei guter Sehschärfe.

d) Die unter a) geschilderte Form von Ny. kommt in manchen Fällen von multipler Sklerose vor und wird von mir dann als „neurogen“ bezeichnet. Hier nehme ich eine Lockerung der Verknüpfung beider Vestibulariskerne an. Wird nun der rechte vom linken Frontalzentrum aufgeladen, um irgendeine Rechtsstellung einzunehmen, so kommt es nicht zu einer stabilen Haltung, sondern zu Rechtsny. Diese Form kann im ganzen auch als *Blickrichtungsny.* bezeichnet werden.

e) Löst man durch Heißspülung des rechten Ohres einen Rechtsny. aus, so kann man ihn durch Rechtsblick verstärken, durch Linksblick schwächen und sogar aufheben. Hierbei ändert sich an den Vorgängen im rechten Bogengang nichts. Die labyrinthäre Aufladung des rechten Kerns geht in der früher geschilderten Weise weiter vor sich. Sie trifft aber hier mit dem frontalen Strom zusammen, und beide können sich verstärken oder schwächen, je nachdem Rechts- oder Linksblick innerviert wird. Es ist nun eigenartig, daß der kalorische Reiz immer zu Ruckny. führt, während der frontale meistens eine glatte Verschiebung (Deviation), bisweilen auch Ruckny. bewirkt (s. unter c).

f) *Bauer* und *Leidler* haben nachgewiesen, daß bei Kaninchen nach Abtragung einer Hirnhälfte das Labyrinth der gleichen Seite für Drehreize überempfindlich, das andere unterempfindlich wird. Ich will dieses Beispiel hier nur mit Vorbehalt verwerten, weil jede Gehirnhälfte mehrere Zentra enthält, die auf den entgegengesetzten Vestibulariskern tonisierend wirken, wie dieser Aufsatz zeigt. Es läßt sich hier aber eine Anregung geben. Nehmen wir an, die oben geschilderte Wirkung tritt auch ein, wenn *nur* das *Stirnhirn* entfernt wird, so wäre das nicht merkwürdig, weil das Kaninchen eine Pyramidenbahn besitzt, aber wohl merkwürdig, weil es die Augen nicht willkürlich bewegen kann. Aus dem gleichen Grunde sollte jemand auch einen Hinterhauptslappen entfernen und dann die vestibuläre Erregbarkeit prüfen. Ich erwarte auch hierbei einen Unterschied, denn ich habe festgestellt, daß der vestibuläre Drehny. des Kaninchens im optischen Zylinder im Hellen größer ist als im Dunkeln. Das ist bemerkenswert, weil nach *Ter Braak* beim Kaninchen der o. Ny. lediglich subcortical abläuft und weil es keine optische Einstellungsbewegung hat. Trotzdem ist eine über die Sehrinde gehende optische Beeinflussung der Vestibulariskerne durchaus

annehmbar, weil dieses Tier eine absteigende Sehstrahlung besitzt, die sich bis in die Brücke verfolgen läßt (*Biemond*), wobei man allerdings berücksichtigen muß, daß diese Bahn auch noch weiteren Zwecken dienen kann.

Diese Beispiele, die man noch erheblich vermehren könnte, mögen hier genügen.

Eine Frage muß hier noch gestreift werden: *Besteht eine Verbindung zwischen Schrinde und Frontalrinde?* Wie oben bemerkt, werden die willkürlichen Augenbewegungen mit Hilfe des Sehens erlernt. *Stenvers* hat auf Grund seiner Beobachtungen an Hirngeschwülsten angenommen, daß der Reflexweg des o. Ny. mittels gekreuzter und ungekreuzter Bahnen über das frontale Blickzentrum nach abwärts verläuft. *Cords* schloß sich ihm zunächst an, nahm aber später die absteigende Sehstrahlung in Anspruch, was ich vorher schon getan hatte. Es steht auch fest, daß die optischen Bewegungen nach Abtrennung des Hinterhauptslappens von den vorderen Teilen des Gehirns noch zustande kommen. Damit läßt sich aber ein Einfluß des occipitalen Blickzentrums auf das frontale sehr wohl in Einklang bringen. Als Verbindung käme eine sehr lange, im weißen Mark gelegene „transcorticale“ Bahn zwischen beiden Zentren der gleichen Seiten in Betracht, da beide die gleichen Augenbewegungen bewirken. Ich scheue mich aber nicht, hier auch auf die das Gehirn durchwaltende Kraft, die man „Seele“ nennt, hinzuweisen. Sie wird in der Sehrinde angeregt und wirkt nun auf andere Gehirnteile, darunter auch das Stirnhirn. Ist das Unsinn? Nun *Berger* hat von der Gehirnoberfläche eine sehr regelmäßige, sinusförmige Kurve, das Elektrenkephalogramm, aufgenommen, dessen Frequenz 9—11 Hertz beträgt. Er betrachtet es als die Begleiterscheinung der psychophysischen Vorgänge, die unter Umständen mit Bewußtseinsvorgängen verknüpft sind (1930). Darum darf ich hier wohl daran erinnern, daß ich auf Grund zahlreicher Nystagmogramme 1925 in meinem Buche: „Augenzittern als Gehirnstrahlung“ die pendelförmige elektrische Welle als die Grundlage der geistigen Tätigkeit erklärt habe, deren sich die Seele bedient, um Erregungen in sich aufzunehmen und wieder auszustrahlen. Wer die zahlreichen Veröffentlichungen *Bergers* und die Forschungen anderer am Nervensystem mittels der Verstärkermethoden, die später liegen, in Betracht zieht, wird jetzt wohl anerkennen müssen, daß meine Hebelnystagmographie wichtige Erkenntnisse in bezug auf die Gehirnphysiologie gewonnen hat.

Zum Schlusse noch eine Bemerkung über die Gesichtsfeldaufnahme. Wir dirigieren die rechte Gesichtslinie auf den Mittelpunkt des Perimeters und führen von der äußersten rechten Peripherie die Probe-*marke* heran, bis sie wahrgenommen wird. Damit reizen wir das linke Feld OC und OB, verlangen aber, daß die Augenstellung beibehalten wird, daß also die Erregung der Aufmerksamkeit in OB motorisch in

OA unwirksam bleiben soll. Jeder Untersucher weiß, daß dies oft schwer zu erreichen ist. Kinder, alte Leute, manche Kranke, besonders Paralytiker, springen sofort auf die Marke über, sobald sie wahrgenommen wird. Die occipitale Erregung erweist sich bei ihnen viel stärker als die frontale „Fixation“ des Auges. Wie kann sie überhaupt erreicht werden? M. E. auf folgende Weise. Der von rechts kommende optische Reiz erhöht über die obigen linken Felder die Spannung im rechten Vestibulariskern. Die hiermit verbundene Rechtsbewegung der Augen wird verhütet, weil das rechte frontale Blickzentrum gewissermaßen „Gegendampf“ gibt, indem es die Spannung im linken Vestibulariskern auf die gleiche Höhe bringt. Schlußfolgerung: Ist in dem obigen Fall die rechte frontale Blickbahn gelähmt, so kann das rechte Auge bei der Gesichtsfeldaufnahme unter den obigen Bedingungen die zentrale Fixation nicht aufrecht erhalten.

9. Der Einfluß des Streifenhügels.

Die Annahme der frontalen Blickbahn wird von *Muskens* in auffallend scharfer Weise bekämpft. Er leitet die willkürlichen Augenbewegungen vom *Globus pallidus* ab und führt die Wirkung der Stirnhirnreizung auf Stromschleifen zurück, die das nur 1,75 cm entfernte Pallidum treffen. Diese Anschauung hat *Spiegel* und *Scala* veranlaßt, bei Katzen die pallidofugalen Bahnen von der hinteren Commissur und von beiden Seiten des H.L.B. abzutrennen, worauf sich konjugierte waagerechte Augenbewegungen durch faradische Stirnhirnreizung noch auslösen ließen. Es ergab sich aus diesen Versuchen auch die Tatsache, daß die für die Verknüpfung von M. externus und internus bestimmten Bahnen, die vom Stirnhirn gereizt werden, in den Vestibulariskernen entspringen und von unten im H.L.B. aufsteigen, ohne daß sie die Form. retic. passieren. Dieses Ergebnis bestätigt meine Ansicht über den Verlauf der horizontalen Blickbahn* vollkommen.

Diese Versuche *Spiegels* dürfen uns aber nicht abhalten, die Rolle der Stammganglien wegen ihrer Bedeutung für die Körpermotilität auch bezüglich der Augen sorgfältig zu prüfen. Ich habe sie vor vielen Jahren schon in Erwägung gezogen, als ich feststellte, daß der Tremor im Alter und bei Paralysis agitans pendelförmig ist und in bezug auf Frequenz mit vielen Fällen von Az. d. B. genau übereinstimmt. *Cords* ging bei seinen Überlegungen von den Blickkrämpfen bei der Encephalitis lethargica aus, und auch *Bartels* erwog ihre Beziehungen zum Az. d. B. Aus dem vorliegenden Material glaubte ich aber früher schließen zu dürfen, daß die Stammganglien zu den nystagmogenen Zonen im engeren Sinne nicht gehören. Denn bei Paralysis agitans kommt Ny. als Kardinalsymptom nicht vor. Bei Encephalitis gehören wohl die

* Auf die verticale, die nach *Spiegels* Ansicht anders verläuft, gehe ich hier nicht ein.

Blickkrämpfe als tonische Deviationen zu den wichtigsten Zeichen, aber Ny. tritt nur gelegentlich auf und kann dann, da diese Krankheit auch andere Gebiete ergreift, anders erklärt werden.

Nun zwingt uns aber das große Werk von *Muskens*, unsere Aufmerksamkeit erneut den Stammganglien zuzuwenden. Er nimmt an, daß sich auf den *primären vestibulären Kernen* als *sekundäres supravestibuläres System* die *Kerne der hinteren Commissur* und als *tertiäres der Globus pallidus* und *Nucleus caudatus* aufbauen. Bezüglich der horizontalen Augenbewegungen ist er der Meinung, daß von den vestibulären Kernen gekreuzte und ungekreuzte Bahnen zum Kern der hinteren Commissur und von da zum lateralen Teil des Globus pallidus aufsteigen, der dann absteigende Bahnen zu den drei Augenmuskelnkernen entsendet. Sitzt eine Störung zwischen Pallidum und hinterer Commissur, so entsteht eine konjugierte, waagerechte Deviation zur kranken Seite; sitzt sie caudal von der hinteren Commissur, so ist die Deviation zur gesunden Seite gerichtet.

Muskens muß aber selbst zugeben, daß die jetzigen Färbungsmittel für die Markscheiden und besonders für die marklosen Fasern es uns noch nicht ermöglichen, den vestibulären superponierten Reflexbogen Schicht für Schicht zu verfolgen, jedenfalls nicht bei den aufsteigenden Bündeln. Ferner stellt er fest, daß die Zwangsbewegungen, die nach Verletzung dieser sekundären Verbindungen auftreten, weniger heftig sind als die nach Verletzung des N. vestibularis und seiner Kerne. Es fällt mir ferner auf, daß von Ny. hier kaum die Rede ist. Ich möchte deshalb einstweilen annehmen, daß die *Reizleitung umgekehrt verläuft*, als *Muskens* glaubt, und zwar folgendermaßen. Das linke Pallidum innerviert den linken Nucleus commissuralis. Sein Axon kreuzt die Mittellinie und zieht im H.L.B. herunter bis zum rechten Vestibulariskern. Indem es ihn aufladet, bewirkt es Deviation nach rechts, eventuell bei starker Erregung auch Ny. nach rechts, und zwar mit Hilfe der früher genannten „gemeinsamen“ infravestibulären Strecke. So fügt sich das Striatum ganz logisch in das supravestibuläre System, wie ich es verstehe, ein (Abb. 9, 57—59).

Hier können auch die Versuche *Blohmkes* herangezogen werden. Er knüpfte an meine Forschungen über das *Dunkelzittern* der Bergleute, Hunde und Katzen an und lehnte es ab, dasselbe mit dem Vestibularapparat, Frontal- und Occipitalhirn in Verbindung zu bringen, nahm vielmehr einen kurzen Reflexweg im Hirnstamm an. Reizte er faradisch die Übergangsstelle von Thalamus und vorderem Vierhügel auf der linken Seite, so entstand kräftiger Rechtsny., der von ihm an den isolierten Seitenwendern aufgezeichnet wurde. Verletzte er diese Stelle, so schlug der Ny. nach links. *Blohmke* nimmt weder eine unmittelbare Übertragung der Reize auf die Augenmuskelnkerne noch auf die Vestibulariskerne an, sondern stellt sich ein ziemlich großes „Ny.zentrum“

in der Form. retic. vor, das mit der oben erwähnten Reizstelle am Thalamus durch die Neuronenkette der Form. retic. und die Kerne der hinteren Commissur, den Nucl. *Darkschewitsch* und den Nucl. interstitialis *Cajal* verbunden sein könnte.

Wir stoßen hier auf Parallelen zu den Anschauungen von *Muskens* und lernen, während letzterer nur die Deviation erörtert, eine neue Art von elektrischem Ny. kennen. Ich betrachte ihn als vestibuläre Entladung. Der faradische Reiz am linken Thalamus führt zur Aufladung des rechten Vestibulariskerns. Nach Zerstörung dieser Gegend überwiegen die vom rechten Thalamus kommenden Erregungen und erzeugen durch den linken Vestibulariskern Linksny. Als Verbindung zwischen Thalamus und gegenüberliegendem Vestibulariskern müssen a) die früher schon behandelte Vierhügelbahn und b) die hier gemäß *Muskens* dargestellte striäre Bahn in Betracht gezogen werden*.

10. Der Einfluß des Kleinhirns.

Das Kleinhirn ist noch ein Geheimnis besonderer Art. Es sammelt viele zentripetale Bahnen aus dem Rückenmark, den Vestibulariskernen und dem Großhirn durch Vermittlung der Brücke; ob darunter auch optische sind, entzieht sich meiner Kenntnis. Es besitzt in den *Purkinjeschen* Zellen ein außerordentlich mannigfaltiges Assoziationssystem. Über die Rolle, die es im Ny. spielt, gehen die Meinungen weit auseinander. Manche Autoren nehmen an, daß es Hemmungsfasern in die Vestibulariskerne schickt, nach deren Zerstörung das vestibuläre System übererregbar wird. Direkte Verbindungen zu den Augenmuskelkernen sind nicht nachgewiesen. Gemäß dem Lehrbuch von *Spiegel* und *Sommer* kann man sich folgende Vorstellung von der Neuronenreihe machen. Der Tractus nucleocerebellaris zieht vom Vestibulariskern an der Innenseite des Strickkörpers ins Kleinhirn und splittert sich als Moosfasern um die Körnerzellen, die tiefste Schicht der Kleinhirnrinde, auf. Deren Achsenzylinder ziehen zur Oberfläche und treten mit den Dendriten der *Purkinjeschen* Zellen in Verbindung. Ihre Axone enden *jederseits* in den tiefen Kleinhirnkernen, darunter auch im Nucleus tecti. Daraus entspringt der Fasciculus uncinatus (fastigio-bulbaris), der noch im Kleinhirnwurm die Seite kreuzt, sich um den Bindearm schlingt und teils in den Vestibulariskern, teils in den großzelligen Elementen der Form. retic. endigt. Hiermit haben wir vor uns einmal eine weitere Überbrückung beider Vestibulariskerne; weiter eine Bahn von der einen Kleinhirnhälfte zum gegenseitigen Vestibulariskern (Abb. 4). Wir begegnen hier einem ganz ähnlichen Organisationsprinzip wie beim Großhirn. Besondere Ähnlichkeiten sind zu erkennen zwischen Kleinhirn-

* Es sei hier post exclusionem vieler Erregungen die Vermutung geäußert, daß das *Bellsche* Zeichen: Hebung der Augen bei Lidschluß eine striäre Innervation ist.

Vestibularisverbindungen und Sehrinden-Vestibularisverbindungen, sowohl bezüglich der gekreuzten und ungekreuzten zentripetalen wie der gekreuzten zentrifugalen Bahnen. Deshalb möchte ich meine früher entwickelte Erklärung auch hier anwenden. *Jede Kleinhirnhälfte bewirkt in der Ruhe eine Aufladung des gegenüberliegenden Vestibulariskerns.* Wird die von der rechten Hälfte kommende Bahn zerstört, so sinkt der Tonus im linken Vestibulariskern, worauf der des rechten steigt. Daraus ergeben sich alle bereits früher geschilderten Folgen, d. h. es entsteht Deviation nach links und Rechtsny. bzw. Bereitschaft dazu nebst Übererregbarkeit des rechten, Untererregbarkeit des linken Kerns für die labyrinthären, optischen und willkürlichen Reizungen. Allmählich gleicht sich der Spannungsunterschied aus und obige Zeichen werden schwächer und verschwinden. Ist die oben bezeichnete Reflexbahn Reizungen ausgesetzt (Tumoren, Meningitis), so sind die Zeichen umgekehrt.

11. Der Einfluß der Halsreflexe.

Ihr Entdecker ist *Barany* (1906). Drehte er ein neugeborenes Kind oder eine Frühgeburt von 7 oder 8 Monaten in Rückenlage bei festgehaltenem Kopf um die Längsachse des Körpers nach links, d. h. mit der linken Schulter abwärts, wobei die Muskeln der linken Halsseite gespannt werden, so wenden sich beide Augen nach links und bleiben dort stehen, solange diese Körperstellung beibehalten wird. Es handelt sich also um eine waagerechte, tonische Ablenkung der Augen. Man beachte wohl, daß es sich bei dieser Ausführung des Versuchs nicht etwa um die viel zitierte Festhaltung des Gesichtsfeldes handelt. Die Augen werden vielmehr von dem zuerst fixierten Punkt weggedreht, wenn man bei diesen jungen Wesen überhaupt von Fixation reden will. Häufig besteht dabei auch ein Linksny. Hier stoßen wir also auf ein weiteres Beispiel, daß tonische Deviation und schnelle Ny.phase nach der gleichen Seite gerichtet sind.

Man kann den Versuch auch so anstellen, daß man den Kopf nach rechts dreht. Auch dann verschieben sich beide Augen nach links. Hierbei sind die Muskeln der linken Halsseite in gleicher Weise gedehnt wie vorhin. Es beteiligen sich aber auch vestibuläre Erregungen; erstere dauernd, letztere vorübergehend. Jetzt kann man von Festhaltung des Gesichtsfeldes sprechen und steht vor einem physiologisch zweckmäßigen Reflex, denn im Leben kommt nur die letztere Art der Erregung, nicht die erstere vor. Besondere Verdienste um die Erforschung der Halsreflexe hat sich *de Kleyn* erworben (1921), der erkannte, daß es sich bei dem zuletzt beschriebenen Versuch um eine Superposition der Hals- und Labyrinthreflexe handelt. Bei Kaninchen bleiben nach Entfernung der Labyrinth nur die ersteren übrig, und zwar je nach der Drehung des Kopfes als waagerechte, raddrehende oder gegensinnig-vertikale Verschiebung der Augen. Diese Reflexe sind tonisch und lassen sich an allen

6 Augenmuskeln nachweisen, darunter auch an den Recti externi und interni, die uns hier besonders interessieren. In horizontaler Richtung wird die Bewegung des Kopfes nach jeder Seite bis 17 Grad kompensiert. Auch die Abbildungen zeigen eine recht starke horizontale Ablenkung. Der Reflexbogen beginnt in den sensiblen Wurzeln der Nn. cervicales 1 und 2, bisweilen auch 3, und kann bei *Magnus, Körperstellung*, eingesehen werden. Die Innervation ist reziprok.

Ich habe 1925 die Halsreflexe auf die Vestibulariskerne einwirken lassen und stütze mich dabei auf Versuche *Stephensons* unter Leitung *Ewalds* (1892), die den ersten Hinweis auf den Einfluß der Halsdrehung enthalten.

Bei einem Hund trat nach Entfernung des rechten Labyrinth Linksny. auf, der nach einigen Tagen schwächer wurde. Drehte man seinen Kopf stark nach rechts und hielt ihn in dieser Lage fest, so wurde dieser Ny. verstärkt; drehte man ihn nach links, so waren die Augen ruhig. Auf diese Weise konnte ein bereits erloschener Ny. wieder hervorgerufen werden. Dreht man die Taube auf der Drehscheibe, so zählt man in 10 Sek. etwa 21 Ny.schläge. Fixiert man den Kopf 90° nach rechts, so zählt man bei Rechtsdrehung nur etwa 16 Schläge, bei Linksdrehung dagegen etwa 27. Daraus schließe ich, daß die Erregung der linken Halsnerven den Tonus des linken Vestibulariskern verstärkt. Auf das reziproke Moment will ich hier nicht näher eingehen.

Als Reflexbahn ist also anzunehmen: Hintere Wurzeln der drei obersten Halsnerven, Rückenmark, Fasciculus *Burdach* mit seinem Kern, linker Vestibulariskern (Abb. 4, 21—26). Man wird die Halsreflexe bei Erwachsenen am ehesten nachweisen können, wenn sie von Geburt oder Kindheit blind sind, d. h. nicht über optische und willkürliche Augenbewegungen verfügen. Auch in klinischen Fällen darf man sie nicht übergehen, besonders wenn das supravestibuläre System zum Teil abgebaut ist.

12. Zur Anatomie der Blickbahnen.

Meine Ergebnisse stammen in der Hauptsache aus der Analyse des Gesamtny., da mir experimentelle und anatomische Forschungen versagt sind. Das enthebt mich aber nicht der Pflicht, zu prüfen, ob sie mit den anatomischen Forschungen der Jetztzeit in Einklang stehen. Ich will mich hier stützen auf die sorgfältige Arbeit von *Biamond* an Kaninchen und Affen, die aus dem Hirnanatomischen Laboratorium der Neurologischen Klinik in Amsterdam (Leiter Prof. Dr. *Brouwer*) kommt. Ich darf wohl annehmen, daß sie in Fühlung mit anderen holländischen Forschern entstanden ist. Holland ist ja zur Zeit eine Zentrale sowohl der Ny.- wie Gehirnforschung, und seine Autoren (*Boumann, Ter Braak, Brouwer, Ten Cate, Dusser de Barenne, van der Hoeve, Kappers, de Kleyn, Magnus, Muskens, Quix, Rademaker, Roelofs, Stenvers, Versteeyh, Zeeman*) werden auch von mir in höchsten Ehren gehalten.

Auf einer gewissen Entwicklungsstufe endigt die optische Bahn in den primären Sehzentren: a) Corp. gen. extern., b) Pulvinar thalami,

c) den vorderen Vierhügeln. Hier muß dann auch die optokinetische Bahn beginnen und ich habe in Abb. 7 (36 u. 37) die vordere Vierhügelbahn angenommen. Von Sehempfindung kann auf dieser Stufe keine Rede sein. Die optische Erregung dient lediglich der Steuerung der Bewegung des Körpers bzw. der Augen. Auf einer höheren Stufe baut sich auf dem Hirnstamm das Großhirn und damit die „Empfindung“ der optischen Erregung auf. Gleichwohl könnte die Beeinflussung der Motilität auch weiterhin ganz im Hirnstamm verbleiben, wie es bei der Lichtreaktion der Pupille und dem größten Teil der optokinetischen Reaktionen des Kaninchens der Fall ist. Es zeigt sich aber, daß die sensorische Rinde Bahnen zum Hirnstamm zurückschickt, auf denen sie Motilität, Sekretion und Sympathicus wesentlich beeinflusst.

Biamond hat nun bei 10 Affen Verletzungen am Großhirn vorgenommen und die darauffolgende *Marchi*-Degeneration festgestellt. Es kam ihm in erster Linie darauf an, den rückläufigen Einfluß der Sehirnrinde auf den äußeren Knöchel zu ermitteln. Die gute Gelegenheit, die Augenbewegungen zu beobachten, ist von *Biamond* leider nicht wahrgenommen, weil sie nicht in seinem Plan lag. Ein Teil der Eingriffe erstreckte sich auf die Außenfläche des Hinterhauptlappens, d. h. auf das Gebiet, von dem höchstwahrscheinlich die optokinetische Bahn ihren Ausgang nimmt. Hierzu paßt es gut, daß die Degeneration im Stratum sagittale internum stärker war als im externum. Wir können nun auf Grund der Degeneration folgende abführende Bahnen feststellen.

1. Eine *rückläufige Bahn* zum Corp. gen. ext., die nach Ansicht *Biamonds* dem Sehakt dient und ihn teils fördert, teils hemmt. Sie hat deshalb für die Augenbewegung keine unmittelbare Bedeutung. Bemerkenswert ist auch seine Ansicht, daß das Corp. gen. ext. beim Menschen und Affen seine Achsenzylinder *ausschließlich* zur optischen Rinde sendet. Wenn das stimmt, muß die noch hypothetische subcorticale Reflexbahn des o. Ny. bereits vom Tractus abzweigen (Abb. 7, 36).

2. Eine Bahn zieht durch das Pulvinar thalami, ohne Fasern an seine Zellen abzugeben, zum Brachium und Stratum medullare superficiale des Corpus quadrigeminum anticum. Bis jetzt kann ich die Aufgabe dieser Bahn nicht angeben und stelle nur die Frage: Dient sie vielleicht den *vertikalen* optokinetischen Bewegungen * oder einen Teil derselben?

3. Eine starke Degeneration findet sich in der *Türckschen* Bahn, die von *Biamond* auch als Tractus temporo-pontinus bezeichnet wird. Ich würde sie lieber Tractus occipito-pontinus nennen. Sie läuft vom hinteren Ende der inneren Kapsel im lateralsten Feld des Hirnschenkelfußes und der Brücke abwärts, wo sie sich in der grauen Masse ganz erschöpft. Ich

* *Niessl von Mayendorf* lehnt jede Beziehung der corticofugalen Sehstrahlung zu den Corp. quadrig. ant. ab.

habe bereits 1922 angenommen, daß sich auf dieser Bahn der o. Ny. abspielt und muß das jetzt *vielleicht* auf seinen horizontalen Anteil beschränken. In unmittelbarer Nähe des unteren Anteils dieser Bahn liegen Fasersysteme aus dem Schläfen- und Scheitellappen, die für akustische und sensible Augenbewegungen in Betracht kommen. Der Anteil des Scheitellappens nimmt im Stratum sagittale internum das obere, der des Hinterhauptlappens das mittlere, der des Schläfenlappens das untere Stockwerk ein. Leider läßt sich aus den Untersuchungen *Biemonds* noch nicht ersehen, an welchen Zellen in der Brücke, bzw. im verlängerten Mark diese Bahnen ihr Ende finden. Derartige Forschungen sind jetzt dringend nötig, ebenso wie Einschnitte *lateral unten* an der Brücke mit darauffolgender Prüfung des o. Ny.

4. Endlich läßt sich noch eine Degeneration durch die ventrale Hälfte des Spleniums des Balkens verfolgen, die sich in der Richtung auf den gegenüberliegenden Hinterhauptspol allmählich erschöpft, ohne ihn zu erreichen. Einige Fasern verschwinden in der dortigen Strata sagittalia. Die Balkenstrahlung scheint mir erheblich geringer zu sein als die auf der Seite der Hinterhauptverletzung absteigende Sehstrahlung, was ich besonders im Hinblick auf meine von *Cords* abweichende Auffassung betonen möchte. Wichtig ist auch die Bemerkung *Biemonds*, daß der Balken Verbindungen zwischen verschiedenen Hirngebieten herstellt, was mir auch bezüglich der optokinetischen Systeme der Fall zu sein scheint.

Nach Verletzung des linken Stirnhirns fand *Biemond* Entartung im Balken bis in die rechte Hemisphäre, im linken Nucl. later. thalami und in der linken Pyramidenbahn, und zwar im medialen Teil des Hirnschenkelfußes und der Brücke, aber nicht in den Strata sagittalia, dem Corp. quadr. antic. und den Stammganglien, was ich gegenüber *Muskens* hervorhebe. Von einer direkten fronto-occipitalen Verbindung war keine Spur zu finden; wohl aber besteht ein Fasciculus occipito-parietalis im tiefen Hemisphärenmark und ein Fasciculus parieto-frontalis. Hier scheint mir also eine Verbindung zwischen occipitalem und frontalem Blickzentrum gegeben. Über die Abspaltung von Pyramidenfasern zu den Kernen des Facialis, Hypoglossus, Glossopharyngeus und des motorischen Trigemini konnte *Biemond* infolge von technischen Unzulänglichkeiten dieser Serie kein sicheres Urteil gewinnen. Die Kerne der Augenmuskeln und des Vestibularis werden nicht erwähnt. Hier bedürfen wir dringend weiterer Untersuchungen. Alles in allem genommen besteht zwischen den Ergebnissen *Biemonds* und meinen Annahmen eine gute Übereinstimmung.

Eine sehr wertvolle experimentell-anatomische Untersuchung an Katzen ist vor kurzem von *Godlowski-Krakau* (1936), von der ich nur den französischen Auszug verwerten kann, erschienen. Sie befaßt sich auf Grund von Reizungen mit dem konstanten Strom und kleinen

Zerstörungen besonders eingehend mit dem schwierigen Gebiet des Hirnstammes von den Vierhügeln abwärts. Er stimmt in manchen Punkten mit *Muskens* überein. Sehr erfreulich ist für mich sein Ergebnis, daß es *subcorticale Blickzentren* gibt, die unter dem Einfluß frontaler, optokinetischer und vestibulärer Erregungen stehen. Das Zentrum für die waagerechten Augenbewegungen, auf das ich mich hier allein beziehe, soll in der Subst. retic. der Brücke in der Nähe des Vestibulariskerns liegen. Er fand keine Endigung frontaler Fasern in den Kernen des 3., 4. und 6. Nerven, noch im H.L.B. und im Vestibulariskern, sondern in der Subst. retic. Er nimmt eine Verbindung zwischen Frontal- und Hinterhauptlappen einerseits und vorderen Vierhügeln andererseits an, die ich nicht ablehne, wenigstens nicht für die vertikalen Bewegungen. Auffallend ist aber, daß *Godlowski* die occipito-pontine Bahn nicht berücksichtigt, die meines Erachtens die Hauptbahn — wenn nicht die einzige — für die gleichsinnigen waagerechten Augenbewegungen darstellt. *Godlowski* baut sein System der assoziierten Augenbewegungen in drei Stockwerken auf: 1. die vestibulären Kerne in der Brücke; 2. die paravestibulären Zentren (Form. retic. in der Brücke, ventraler retikulärer Kern in der Haube, Nucl. interstit. und Nucl. commiss. post.); 3. die supravestibulären Zentren in den inneren Kernen der Sehhügel und besonders im Hypothalamus. Ich möchte an dieser Stelle sowohl *Muskens* wie *Godlowski* und die späteren Autoren zur Vermeidung von Verwirrung bitten, die Reizleitung zugrunde zulegen und mit „supra“ zu bezeichnen, was in bezug auf die Vestibulariskerne von „oben“ kommt und mit „infra“, was von ihnen „abwärts“ fließt. Dann haben wir für die jetzt zu erwartende Erörterung eine logische Gliederung. Der Ausdruck „paravestibulär“ muß wieder ausgemerzt werden. Vergleiche ich meine Schemata 7 und 9 mit Nr. 25 von *Godlowski*, so hoffe ich, daß die von verschiedenen Punkten unternommenen Vorstöße allmählich zu einer befriedigenden Aufklärung des schwierigen Problems führen werden.

13. Bemerkungen zu meinen Schemata.

Es ist nicht möglich, den gesamten okulomotorischen Apparat in einer Zeichnung übersichtlich darzustellen und dabei auch die Topographie zu wahren, da an manchen Stellen mehrere Bahnen nahe beieinander liegen. Meine Schemata 4, 7 und 9 haben zunächst den Zweck, alles zu vereinigen, was den „Grundplan der Augenbewegung“ darstellt, und die Reizleitung anzugeben. Ich möchte nun vorschlagen, alle okulomotorischen Systeme, die von der Hirnrinde ausgehen, als supravestibuläre *Blickbahnen* zu bezeichnen, da man unter „Blicken“ einen seelischen, bewußten Akt versteht, und zwar nach der Seite, wo sie ihren Ursprung nehmen. Sie haben also eine ungekreuzte und gekreuzte Strecke. Es sind folgende:

1. Die r. und l. Frontal-(Willkür)-Bahn (53).
2. Die r. und l. Occipital-(optokinetische) Bahn (66).
3. Die r. und l. Temporal-(akustische) Bahn (62).
4. Die r. und l. Parietal-(sensible) Bahn (64).

Neben ihnen bestehen als tiefer gelegene, supravestibuläre Systeme, die das Bewußtsein nicht erregen:

5. Die r. und l. vestibuläre Bahn (12).
6. Die r. und l. cervikale Bahn (26).
7. Die r. und l. Vierhügelbahn (37).
8. Die r. und l. striäre Bahn (58).
9. Die r. und l. Kleinhirnbahn (20 und 21).

Aufgabe der weiteren Forschung ist es nun, zu prüfen:

1. Ob sich diese Bahnen bei der klinischen Analyse und bei Tierversuchen bewähren; wie sie in der „Norm“ funktionieren und bei Erkrankungen „abgebaut“ werden.

2. Ob noch weitere Bahnen hinzukommen.

3. Ob außer den vestibulären Kernen noch weitere *selbständige subcorticale Schaltzentren* bestehen. Ich bemerke hier gleich, daß *Muskens* und *Godlowski* besondere Zentren für Hebung und Senkung annehmen, kann aber nicht unterlassen hinzuzufügen, daß eine vestibuläre Hebung und Senkung zweifellos auch besteht. Ich richte hier auch gleich an alle späteren Autoren die kardinale Frage: *Gibt es einen Ruckny., der ohne die vestibulären Kerne zustande kommt*, sei es in waagerechter, senkrechter oder raddrehender Richtung? Ich muß diese Frage auf Grund meiner Kenntnisse bis jetzt verneinen.

14. Anregungen.

Das große Werk von *Muskens* zwingt uns, die Lehre von der Augenbewegung von Grund auf neu zu überprüfen. Da er die Literatur kennt wie kaum ein anderer Autor und nach Verarbeitung des klinischen Materials und der Reizungs- und Abtragungsversuche an Tieren zu dem Schluß kommt, daß es sicherlich keine frontalen und occipitalen Hirnzentren für Augenbewegung vergleichbar den motorischen Zentren für die willkürliche Muskulatur in den prärolandischen Windungen gebe, so muß man sich fragen: Woran hat es denn gelegen, daß die bisherige Forschung, die man seit *Prévost* (1863) datieren kann, so wenig erfolgreich war. Es ist auch meine Meinung, daß man das pathologisch-anatomische Material und die Tierversuche überschätzt und die Ausbeute auf dem Gebiet des Gesamtny., der uns die okulomotorische Maschine am Menschen in voller Tätigkeit vorführt, viel zu gering geachtet hat, wobei ich allerdings *Muskens* nicht ausnehmen kann. Wer wie ich 30 Jahre auf letzterem Gebiet gesammelt hat, sieht manche Zusammenhänge klarer und kann Anregungen zu Tierversuchen geben, die er selbst nicht ausführen kann. Ich will daher jetzt unter a) einige Schwierigkeiten erörtern, auf die ich bei *Muskens* und anderen Autoren gestoßen bin, und unter b) zu ihrer Lösung beizutragen versuchen, womit ich die Bemerkungen, die ich gegenüber *Spiegel* gemacht habe, vervollständige.

1. a) *Munk* hat festgestellt, daß bei Hunden und Affen für die Erzeugung von Augenbewegungen ein viel stärkerer und längerer Strom erforderlich ist als für die Reizung der Extremitätenmuskeln. Spätere Forscher sind zu demselben Ergebnis gekommen (*Vogt, Barany, Leyton* und *Sherrington*).

b) Bei den Skelettmuskeln muß der Strom 2 Neurone passieren. Wäre es bei den Augenmuskeln auch so, d. h. bestände die Ansicht vieler Autoren bezüglich der unmittelbaren Verbindung zwischen Hirnrinde und Augenmuskelkernen zu Recht, so wäre nicht einzusehen, warum die Augenmuskeln, die doch allgemein als „fink“ gelten, schlechter reagieren sollten. In Wirklichkeit sind aber mehr Neurone bei ihnen eingeschaltet, und zwar in der frontalen Blickbahn für die seitlichen Bewegungen der Vestibulariskern und vielleicht die *Formatio reticularis*. Bei der occipitalen Blickbahn kommt die Elektrodenlage in Betracht. Je nachdem sind alle Felder (OC, OB und OA) oder ein Teil zu passieren. Über den Aufbau des Vestibulariskerns will ich mich nicht äußern. Er ist kompliziert und besteht vielleicht

aus koordinatorischen und motorischen Zellen (Pyramidenzellen im Deiterskern!), die hintereinander geschaltet sind. Die Beobachtung am Ny. lehrt, daß der Vestibulariskern eine erhebliche Latenzzeit und eine große Selbständigkeit besitzt, weshalb er gegenüber neuen Einflüssen seinen Spannungszustand zuerst beizubehalten sucht.

2. a) *Mott* hat bemerkt, daß am Occipitalhirn eine größere Stromstärke erforderlich ist als am Frontalhirn.

b) Die Erklärung dafür ist bereits in I b) gegeben, da bei ersterem wahrscheinlich stets mehr Neurone im Spiele sind.

3. a) *Mott* fand bei Affen im Stirnhirn eine mittlere Zone, die konjugierte Deviation nach der anderen Seite ergab; darüber eine Stelle, die Deviation nach unten, darunter eine, die Deviation nach oben hervorrief. *Hughlings Jackson* konnte dieses Ergebnis bezüglich der senkrechten Bewegungen nicht bestätigen und meinte, die laterale Bewegung könnte die vertikale so verdrängen, daß die zugleich erfolgenden vertikalen Reizerfolge ganz verdeckt würden.

b) In letzterer Auffassung offenbart sich ein Denkfehler. Beim Menschen vollziehen sich waagerechte und senkrechte Bewegungen mit gleicher Leichtigkeit. Werden beide innerviert, so entsteht eine schräge Bewegung. Ich muß das auch gegenüber manchen Ergebnissen *Spiegels* hervorheben. Angesichts des bisherigen Heruntappens sei die Sache einmal klargestellt.

Die gleichsinnigen Augenbewegungen sind bezüglich des Gesichtsfeldes und auch wahrscheinlich bezüglich der Stirn- und Sehrinde nach dem Prinzip des „Gegenüber“ organisiert. Ziehen wir durch die Fovea des rechten Auges das Koordinatenkreuz und werfen wir auf die rechte Seite der Abszisse einen Lichtpunkt, so entsteht unter Mitwirkung der Aufmerksamkeit eine reine Linksbewegung wie auf Belichtung eines Punktes im oberen Teil der Ordinate eine reine Abwärtsbewegung. Liegt die gereizte Stelle oben außen, so kommt es zu einer schrägen Verschiebung, deren Winkel sich aus ihrer Abszisse und Ordinate ergibt.

Projizieren wir die Netzhaut auf die Sehrinde, so bleiben die Lagebeziehungen wahrscheinlich genau gewahrt (Abklatsch nach *Henschen-Wilbrand*). Das hintere Ende der rechten Fissura calcarina entspricht wahrscheinlich der Fovea. Auf der von ihr nach vorn verlaufenden Mittellinie der Fissura läßt sich der waagerechte Meridian der rechten Netzhauthälften abtragen, wobei der des rechten Auges 60° , der des linken 90° reicht. Kommt die optische Erregung auf dieser Linie an, so entsteht unter Teilnahme der Aufmerksamkeit eine rein waagerechte Einstellungsbewegung nach links. Sie kann bis zu einer Exzentrizität von etwa 50° vom Auge allein ausgeführt werden. Von 60° — 90° muß die Kopfbewegung zu Hilfe kommen, was meistens schon bei geringer Exzentrizität geschieht. Ferner hat jeder Punkt oberhalb und unterhalb der Fissur einen waagerechten Bewegungseffekt nach links mit Ausnahme der auf dem hinteren Pol senkrecht stehenden Linie, die dem senkrechten Netzhautmeridian entspricht. Weiter erzeugt die Reizung oberhalb dieser Linie eine Bewegung nach unten, unterhalb derselben eine solche nach oben.

Woran liegt es nun, daß im Tierversuch das Ergebnis dieser theoretischen Betrachtung so wenig entspricht? Das hat zwei Gründe. Einmal ist die faradische Reizung nicht adäquat, obgleich sie doch einem feinen Lichtpunkt an Energie weit überlegen ist. Wichtiger ist aber folgender Umstand. Ich nehme einstweilen an, daß in der rechten Sehrinde sowohl wie in der rechten Stirnrinde *nur* die Bewegung zur Gegenseite, d. h. nach links, aber *sowohl* die Hebung *wie* die Senkung vertreten ist. Nun ist die waagerechte Bewegung, wie die meisten Versuche zeigen, leichter auszulösen als die senkrechte. *Spiegel* z. B. konnte nur in 5,5% seiner Rindenreizungen senkrechte Bewegungen hervorrufen. Das kann nur daran liegen, daß bei vielen Reizungen beide zugleich gereizt werden, sei es in den Zellen der Rinde, sei es in den näher aneinander liegenden abwärtsführenden Bahnen, so daß sich beide Reizeffekte aufheben. Man kann Rinde und Bahnen sich unter dem Bilde eines Blattes mit seinem

Stiel vorstellen. Diese Schwierigkeit läßt sich durch die Versuchsanordnung ausräumen.

4. a) Die unter 3a) angeführten Überlegungen von *H. Jackson* veranlaßten *Russel*, alle lateralen Recti zu durchschneiden, worauf er die vertikalen Bewegungen nach Reizung der Stirnrinde besser beobachtet haben will, was aber von *Levinsohn* nicht bestätigt wurde.

b) Damit war der Denkfehler noch nicht überwunden. Es kommt darauf an, den Antagonisten zu beseitigen. Löst man z. B. am rechten Auge beide Heber ab und trifft man jetzt bei der Reizung den Fokus der Senker, so gehen beide Augen nach unten. Verschiebt sich das linke Auge nicht mit, so erstreckt sich die Reizung sowohl auf Hebung wie Senkung.

Noch vollkommener, aber auch schwieriger ist eine Versuchsanordnung, bei der alle Augenmuskeln völlig isoliert sind und mit Schreibhebeln verbunden werden, weil dann eine Neutralisierung des Effektes nicht mehr möglich ist. Dieses Prinzip ist auf anderen Gebieten von *Topolansky*, *Bartels*, *Blohmke* und *de Nó* mit Erfolg herangezogen. Wendet man es auf Frontal- und Hinterhauptsrinde an, so wird man keine Enttäuschung erleben* und vor allen Dingen auch ermitteln, ob außer der Bewegung zur Gegenseite auch eine solche zur gleichen Seite in ihr vertreten ist.

5. Dieses Prinzip muß vor allem auf das hintere L.B. angewandt werden. Hier ist man nach vielen Bemühungen endlich so weit, zu wissen, daß es konjugierte Bewegung zur gleichen Seite erzeugt (*Spitzer*). Ich kann nicht umhin zu sagen, daß wir damit erst auf der niedrigsten Stufe der Erkenntnis stehen. Aus dem Augenzittern der Bergleute lassen sich 60 verschiedene Schaltungen der Augenmuskeln ermitteln, die alle im hinteren Bündel durch Bahnen vertreten sein müssen. Es ist wohl nicht zu erwarten, daß die jetzt übliche Reizung auch nur einen kleinen Teil davon durch Bewegungseffekte am unversehrten Auge nachweisen könnte. Bis jetzt ist hier die Ny.analyse dem Tierversuch weit voraus.

6. a) Nach *Minkowski* (1911) ist man nicht berechtigt, die Occipitalwindungen als ein Zentrum der Augenbewegungen anzusehen, denn die Reizung beträfe, wie auch andere hervorgehoben haben, ein sensorisches Zentrum; die Augenablenkung sei bloß eine reflexartige Reaktion („als ob das Tier auf der anderen Seite etwas sehe“).

b) Normalerweise kann man auf dem occipitalen Reflexweg Sehen und Bewegung nicht voneinander trennen. Wenn man aber die Felder OC und OB entfernt und das Feld OA reizt, entsteht wohl eine Bewegung, aber keine Empfindung.

15. Schlußbemerkungen.

Es ist leicht, ganz geringe Grade von einseitiger Augenmuskellähmung zu ermitteln, wenn man die Fusion ausschaltet, aber schwer bzw. zur Zeit noch unmöglich, geringfügige Störungen im supravestibulären System zu erkennen. Zur Vermeidung von Fehlern bei der klinischen Untersuchung muß ich noch einige fundamentale Tatsachen erörtern.

1. Die supravestibulären Bahnen gleichen einem vielgliedrigen System von kommunizierenden Röhren. Druckänderungen, die hier an irgendeinem Punkte eintreten, machen sich an allen anderen Stellen geltend. So beeinflusst jede von den 18 aufgeführten supravestibulären Bahnen alle anderen durch Vermittlung der Vestibulariskerne. Alle verfolgen den gleichen Zweck, nämlich assoziierte gleichsinnige Augen-

* Dann wird der Ausspruch *Spillers*: „Die corticale Representation für vertikale Bewegungen ist noch gar nicht gefunden“ (1932) erledigt sein.

bewegungen zu erzeugen. Sie überlagern sich also, und es ist schwierig, sie zu isolieren. Wir sind fähig, künstlich zu reizen von den S. 42 aufgeführten Bahnen N 1—7, aber nicht 8 und 9. Unter manchen Bedingungen reizen wir mehrere zugleich, z. B. durch Kopfdrehung im Hellen N 1, 2, 5, 6, vielleicht auch 7 und 9; durch Belichtung der Augen von der Peripherie 1 und 2, vielleicht auch 7. Wollen wir N 5 durch Rotation des Körpers prüfen, so müssen wir 1 und 2 ausschalten. Das geschieht auf ungenügende Weise durch matte Gläser, die Bartels- oder Frenzelbrille, in vollkommener Form unter Beihilfe der Nystagmographie durch Verdunkelung. Durch letztere können wir auch N 1 isolieren, durch Wegdrehung des Körpers bei fixiertem Kopf und geschlossenen Augen auch N 6.

2. Weiter muß beachtet werden, daß alle supravestibulären Zentren auch in der „Ruhe“, d. h. ohne äußere Reize tätig sind (Ruhe- oder Eigentonus) und die Spannung der vestibulären Kerne beeinflussen.

3. Wir können Sehschärfe und Gesichtsfeld durch Zahlen, die Wirkung der Augenmuskeln durch Grade kurz und allgemeingültig kennzeichnen. Für den klinisch wichtigen vestibulären und o. Ny. fehlt uns die Norm. Die Formel $E = F \cdot A$ wäre in Krankheitsfällen ideal, wenn die „physiologische“ Formel zur Hand wäre. Hier müssen wir uns mit Durchschnittswerten behelfen und gelangen bisweilen nur durch Beobachtung des Verlaufs bzw. der Änderungen zu einer richtigen Beurteilung.

4. Wurde mir früher von der Inneren- oder Nervenabteilung ein Kranker zur Untersuchung der Augen überwiesen und stieß ich auf eine Abweichung im Verhalten des o. Ny., so nahm ich — normale Verhältnisse in der aufsteigenden Sehbahn vorausgesetzt — mit *Cords* eine Störung in der occipitalen Blickbahn (46—49—8) an, z. B. bei Herabsetzung des Rechtsny., auf der linken Seite. Das war ein schwerer Irrtum, wie an zwei Beispielen dargelegt werden soll. a) Ich habe einen Fall mit Sprachstörung und Pyramidenzeichen auf der rechten Seite beobachtet, bei dem der o. Linksny. sehr lebhaft, der o. Rechtsny. geschwächt war. Nun ist das eine Zentrum der willkürlichen Augenbewegungen, die in diesem Falle bei der damals üblichen Untersuchung keine Störung zeigten, dem motorischen Sprachzentrum unmittelbar benachbart, was auch für die abführenden Bahnen gelten dürfte. Es wäre also durchaus verständlich, wenn auch die Bahn 53—54 l mitgelitten hätte. Dann fällt die Spannung im rechten Vestibulariskern, worauf seine Erregbarkeit für *alle* Reize, auch optokinetische, sinkt, während die des linken Kerns steigt.

b) Bei einem 50jährigen Mann verfiel die Sehkraft schnell unter dem Bilde der bitemporalen Halbblindheit ohne Stauungspapille. Dabei war der o. Rechtsny. im Zylinder auffallend groß, der Linksny. klein und zeitweise fehlend. Nach dem bald eingetretenen Tode fand sich eine wallnußgroße Geschwulst am Boden des 3. Ventrikels, die auf Chiasma und Sehnerven übergriff, also an der Gehirnbasis. Die Sehstrahlungen

waren nicht beteiligt. Nehmen wir an, daß hier die rechte frontale Blickbahn und die rechte striäre Bahn geschädigt waren, so können wir uns das Verhalten des o. Ny. durch Herabsetzung der Erregbarkeit im linken und Steigerung derselben im rechten Vestibulariskern erklären.

c) Ich hatte bisher keine Gelegenheit, einen Fall von frischer Lähmung des linken Vestibularnerven zu analysieren. Zunächst wird lebhafter Rechtsny. bestehen, der allmählich abklingt und dann verschwindet. Ich erwarte, daß in diesem Stadium der vestibulären Kompensation der o. Rechtsny. noch gesteigert, der o. Linksny. noch geschwächt ist. Im ersten Stadium ist der o. Linksny. wahrscheinlich gar nicht auslösbar. In ähnlicher Weise können wir einen o. Rechtsny. durch Kaltspülung des linken Ohres verstärken, durch die des rechten Ohres schwächen bzw. aufheben. Umgekehrt wird wahrscheinlich auch ein normales vestibuläres System durch Störungen in der occipitalen und auch in den übrigen supravestibulären Bahnen in Unordnung gebracht.

Augen-, Ohren- und Nervenarzt müssen also zunächst ihre besonderen Prüfungen anwenden und können dann in gemeinsamer Beratung versuchen, ein Urteil über den okulomotorischen Apparat zu gewinnen.

Möge dieser „Grundplan“ die weitere Forschung anregen!

Schrifttum.

- ¹ *Barany*: Handbuch der Neurologie, 1910. — ² *Barany*: Arch. Augenheilk. 88 (1921). — ³ *Bartels*: Klin. Mbl. Augenheilk. 62, 673 (1919). — ⁴ *Bartels*: Klin. Mbl. Augenheilk. 75, 66 (1925). — ⁵ *Bartels*: Graefes Arch. 117, 539 (1926). — ⁶ *Bartels*: Handbuch für Ophthalmologie, 1930. S. 688. — ⁷ *Berger*: Münch. med. Wschr. 1932 II, 1636 und viele spätere Arbeiten. — ⁸ *Bielschowsky*: Handbuch der Neurologie, Bd. 4. 1936. — ⁹ *Biemond*: Z. Neur. 129 (1930). — ¹⁰ *Blohmke*: Z. Hals- usw. Heilk. 23, 24 (1929). — ¹¹ *Brecher*: Z. vgl. Physiol. 23 (1936). — ¹² *Cords*: Graefes Arch. 117 (1926). — ¹³ *Dodge and Fox*: Arch. of Neur. 22, 55 (1929). — ¹⁴ *Dodge, Travis and Fox*: Arch. of Neur. 24, 21 (1930). — ¹⁵ *Fox and Holmes*: Brain 49, 333 (1926). — ¹⁶ *Godlowski*: Krakau 1936. — ¹⁷ *Icamoto*: Physiol. Inst. Nagasaki, 1935. — ¹⁸ *Kestenbaum*: Graefes Arch. 105 (1921). — ¹⁹ *Kleyn, de u. Schenk*: Acta otolaryng. (Stockh.) 15, 439 (1931). — ²⁰ *Kleyn, de u. Broers*: Acta brevia neerl. Physiol. 4, 61 (1934). — ²¹ *Mourer*: Psych. Mon. 47 (1936). — ²² *Muskens*: Das supra-vestibuläre System. Amsterdam 1935. — ²³ *Nó, de*: Labyrinthreflexe auf die Augenmuskeln. Berlin 1928. — ²⁴ *Ohm*: Klin. Mbl. Augenheilk. 1919. — ²⁵ *Ohm*: Klin. Mbl. Augenheilk. 1922. — ²⁶ *Ohm*: Z. Hals- usw. Heilk. 37, 122 (1934). — ²⁷ *Ohm*: Z. Hals- usw. Heilk. 39, 136 (1935). — ²⁸ *Ohm*: Z. usw. Heilk. 41, 260 (1937). — ²⁹ *Ohm*: Dtsch. Z. Nervenheilk. 137, 197; 138, 43 (1935). — ³⁰ *Ohm*: Graefes Arch. 135, 200 (1936); 136, 341 (1936). — ³¹ *Rejtó*: Z. Hals- usw. Heilk. 18, 425. — ³² *Spence and Fulton*: Poljak u. Hayashi: Brain 59, 35, 51 (1936). — ³³ *Spiegel u. Teschler*: Arch. f. Physiol. 222, 359 (1929). — ³⁴ *Spiegel u. Sommer*: Ophthalmo-Oto-Neurologie, 1931. — ³⁵ *Spiegel and Scala*: Arch. of Ophthalm. 16, 967 (1936). — ³⁶ *Stenvers*: Schweiz. Arch. Neur. 14 (1924). — ³⁷ *Stenvers*: Psychiatr. Bl. (holl.) 1925. — ³⁸ *Stenvers*: Acta oto-laryng. (Stockh.) 8 (1926). — ³⁹ *Ten Cate*: Arch. néerl. Physiol. 20, 467 (1935). — ⁴⁰ *Braak, Ter*: Arch. néerl. Physiol. 21, 309 (1936). — ⁴¹ *Travis*: J. gen. Psychol. 7, 311 (1932). — ⁴² *Visser et Rademaker*: Arch. néerl. Physiol. 19, 482 (1934); 20, 103, 284 (1935).