

Zur Lehre von der Entstehung der koordinierten Augenbewegungen.

Von

RICHARD SIMON.

(Mit 11 Figuren im Text.)

I.

Gegenüber der von HERING verfochtenen Ansicht, daß die Koordination der Augenbewegungen nicht auf Einübung, sondern auf einem angeborenem Zwange beruht, vertritt HELMHOLTZ auch in der noch von ihm selbst bearbeiteten achten Lieferung der neuen Auflage seiner „*Physiologischen Optik*“ den empiristischen Standpunkt, daß, trotz des scheinbaren Zwanges, beim normalen Sehen beide Augen übereinstimmend zu bewegen und auch die Akkommodation damit in Übereinstimmung zu bringen, die Gesetzmäßigkeit dieser Verbindungen nur auf Einübung beruht. Allerdings hält es auch HELMHOLTZ für wahrscheinlich,¹ „daß das Wachstum der Muskeln und vielleicht selbst die Leitungsfähigkeit der Nervenbahnen sich den Forderungen, die an sie gemacht werden, im Laufe jedes individuellen Lebens und vielleicht selbst durch Vererbung im Laufe des Lebens der Gattung so anpaßt, daß die geforderten zweckmäßigsten Bewegungen auch die leichtesten werden“,² so daß der Gegensatz

¹ *Physiol. Optik.* 2. Aufl. S. 949.

² HERING (Zur Lehre vom Lichtsinne. *Sitzungsber. d. math.-naturwissenschaftl. Klasse d. Kaiserl. Akad. d. Wiss.* 1872. Bd. LXVI. 3. Abteil. S. 5) faßt den Gegensatz zwischen Empirismus und Nativismus dahin auf, daß „der nativistische Physiolog dasjenige, was der sog. Empirismus als einen Erwerb des individuellen Lebens ansieht, als einen Erwerb des Lebens aller jener zahllosen Wesen betrachtet, mit welchen das jetzt lebende Individuum in aufsteigender Linie verwandt ist, und von welchen es das ihm Angeborene geerbt hat“.

zwischen seiner und HERINGS Anschauung darin bestehen würde, daß nach ersterem der angeborene anatomische Mechanismus nur erleichternd, nach diesem zwingend wirkt. Für unser Verständnis der Augenbewegungen unter physiologischen wie pathologischen Verhältnissen ist diese Frage aber von der größten Bedeutung, daher auch jede Thatsache, die ihre Beantwortung zu fördern geeignet ist, von Wert erscheint; denn keine der bisher angeführten Beobachtungen kann die Richtigkeit der einen Theorie beweisen, da sich alle auch nach der anderen erklären lassen.

Wir können uns, wie bekannt, vorstellen, daß die die Augenbewegungen beherrschenden Innervationen in zweierlei Weise wirken. Entweder erhält jedes Auge seine eigene Innervation, die von der des anderen der Art und Stärke nach verschieden sein kann, oder beide Augen werden stets und unter allen Umständen gleichmäfsig innerviert.

Ist ersteres der Fall, so würde damit ohne weiteres der Beweis geliefert sein, daß die Koordination der Augenbewegungen auf Einübung beruht; denn es wäre ganz und gar nicht zu verstehen, wie die für jede einzelne Stellung verschiedene Innervation resp. die mit einer einzigen Stellung des einen Auges sich verbindenden unzähligen möglichen Stellungen des anderen Auges auf einem angeborenen Zwange beruhen sollten.

HERING hat nun zahlreiche Gründe dafür beigebracht, daß beide Augen fast stets eine gleiche Innervation empfangen, und es ist sein großes Verdienst, für die horizontalen Bewegungen gezeigt zu haben, daß die Möglichkeit, beide Augen gleichzeitigum verschiedene Winkel und mit verschiedener Geschwindigkeit nach links oder rechts, einwärts oder auswärts oder gar nur ein Auge zu bewegen, während das andere feststeht, nicht auf einer jedem Auge besonders erteilten Innervation zu beruhen braucht, sondern daß sie sich auch mit der Annahme einer stets gleichen Innervation beider Augen in Einklang bringen läßt. Es giebt nach ihm sechs Muskelgruppen, von denen zwei, die Heber und Senker, die Höhenbewegung besorgen, die übrigen vier die Bewegungen in der Horizontalebene vermitteln. Es sind dies die Gruppe der Rechtswender, rechter Externus und linker Internus, der Linkswender, linker Externus und rechter Internus, der Einwender oder Adduktoren, beide Interni, und der Auswender oder Abduktoren, beide Externi.

Daß die Drehung beider Augen um gleiche Winkel durch Innervation einer dieser Gruppen, also durch gleichmäßige Innervation beider Augen erzielt werden kann, ist ohne weiteres klar. Für die ungleichmäßige Bewegung ist die Innervation zweier dieser Muskelgruppen erforderlich, und es möge mir, zum leichteren Verständnis des Folgenden, erlaubt sein, die dabei nötigen Innervationen kurz zu rekapitulieren.

In den nachfolgenden Figuren sind die parallelen Gesichtslinien der Primärlage durch die Geraden λl und ϱr dargestellt (— · — · —); die seitlich parallel gestellten sind mit $\lambda l'$ und $\varrho r'$

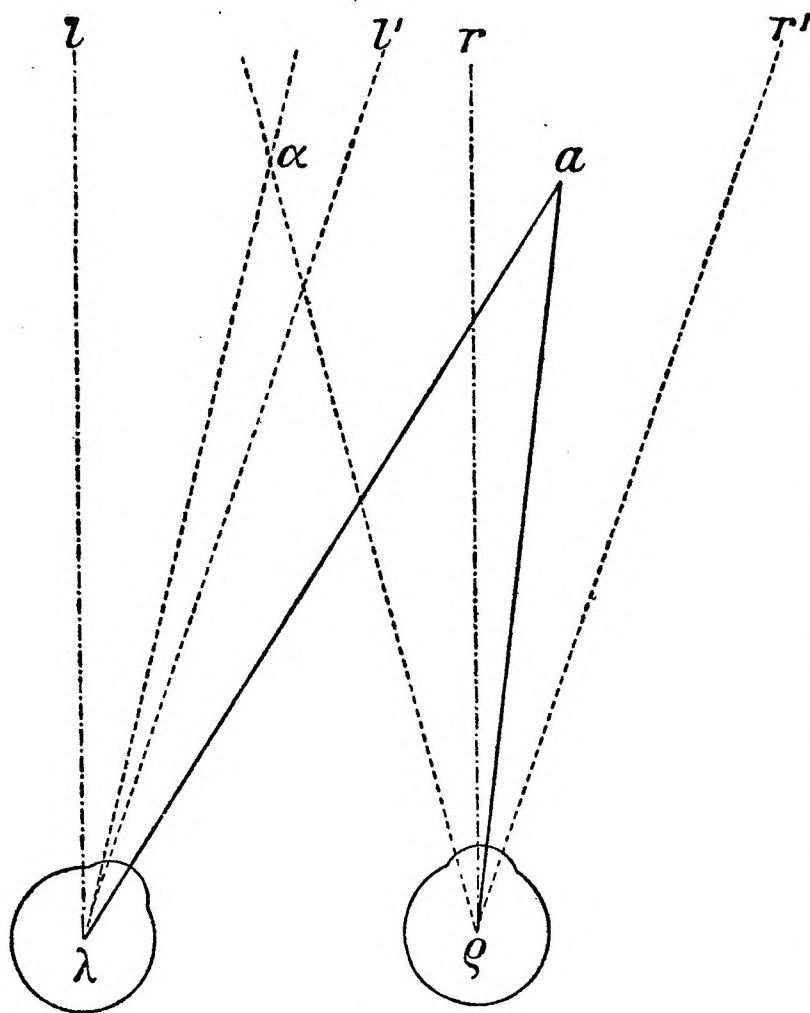


Fig. 1.

bezeichnet (— — —). Der Punkt, auf welchen durch bloße Konvergenzinnervation beide Augenachsen gerichtet würden, ist stets mit α bezeichnet. Die für die tatsächliche Fixation nötige Lage der Augenachsen ist durch ausgezogene Linien gekennzeichnet.

Soll z. B. bei vorerst parallelen Gesichtslinien der Punkt a (Fig. 1) fixiert werden, so wird zunächst eine Innervation der Rechtswender erfolgen, wodurch beide Augen um gleiche Winkel nach rechts gedreht werden, das rechte Auge nach r' , das linke nach l' .

Außerdem wird eine Konvergenzinnervation nach α erfolgen, welche dem linken Internus einen weiteren Antrieb verleiht und so das linke Auge nach a hinführt, während die Innervation des rechten Internus das rechte Auge wieder nach a zurückbringt. Da beide Innervationen gleichzeitig erfolgen und somit das linke Auge einen Antrieb zur Einwärts- und zur Rechtswendung, das rechte Auge ebenfalls einen Antrieb zur Einwärts- und zur Rechtswendung erhält, wird sich das linke Auge, auf dem sich beide Innervationen unterstützen, sogleich um den Winkel $l\lambda a$, das rechte, auf dem sich die Inner-

vationen gegenseitig hemmen, nur um den Winkel $r\varrho a$ bewegen, daher beide sich auf a einstellen und somit eine verschiedene Winkelstellung durch gleiche Innervation beider Augen bewirkt sein.

Wird (Fig. 2) bei parallelen Gesichtslinien ein Prisma mit der Basis temporalwärts vor das rechte Auge gehalten, so muß sich dieses Auge, damit das Bild eines in der Ferne fixierten Objektes auf die Fovea fällt, nach r'' hinrichten. Zu diesem Zweck wird zunächst eine Konvergenzinnervation stattfinden, die beide Augen nach α hinlenkt, außerdem eine Innervation der Linkswender, die die Innervation des linken Internus kompensiert und dieses Auge in seiner Primärstellung beläßt, die Innervation des rechten Internus steigert und das rechte Auge nach r'' hinführt.

Liegt die Basis des Prismas innen, so muß (Fig. 3) das rechte Auge nach r'' gedreht werden, um die Fovea auf das Fernobjekt einzustellen. Die dazu nötigen Innervationen sind erstens eine solche der Abduktoren, welche das rechte Auge nach a , das linke nach a' bewegen würde, zweitens eine solche der Rechtswender, welche das linke Auge nach l' stellen

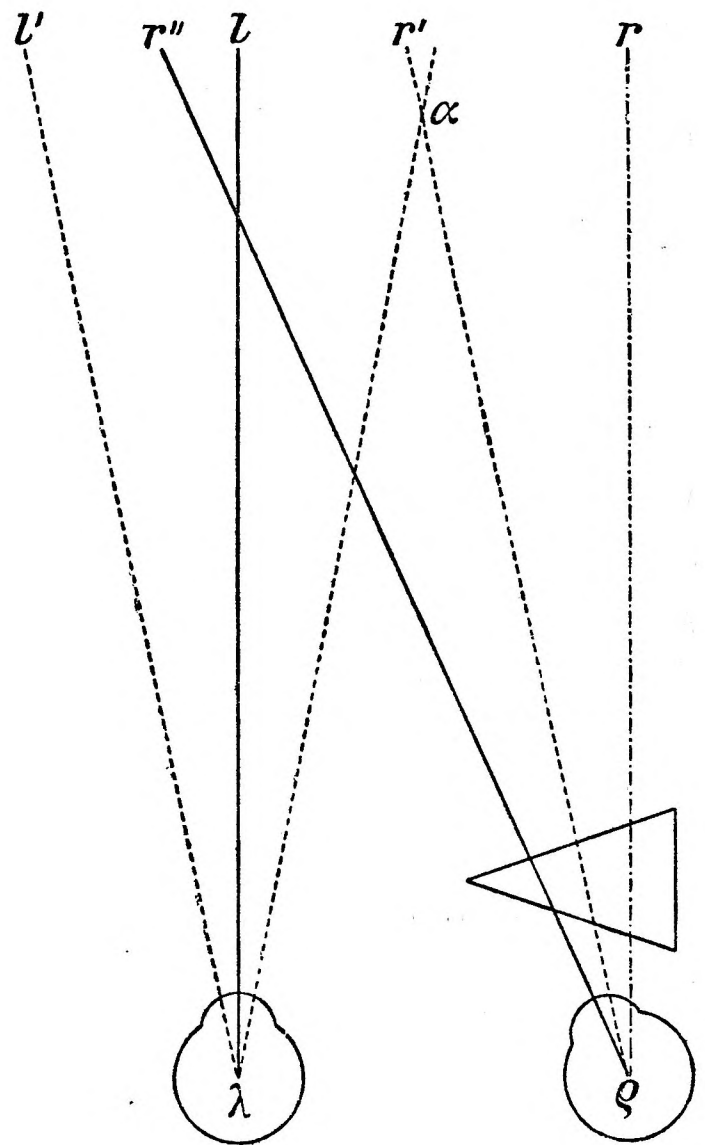


Fig. 2.

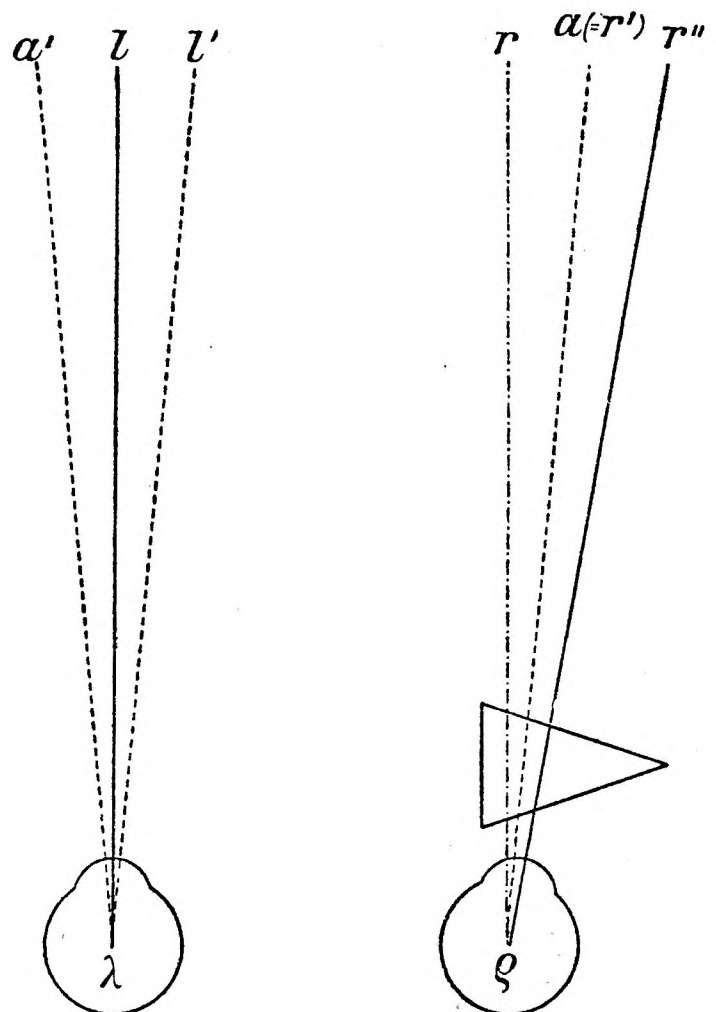


Fig. 3.

würde und daher die Divergenzinnervation kompensiert, die Kontraktion des rechten Externus dagegen verstärkt, so daß das rechte Auge sich um den Winkel $r_0 r''$ nach außen dreht.

So lassen sich sämtliche horizontalen Augenstellungen durch Innervation einer, resp. zweier der vier Gruppen, also durch eine beide Augen stets gleichmäÙig treffende Innervation erklären. Nun können wir aber mit Hilfe eines vertikal ablenkenden Prismas oder dergleichen das eine Auge ein wenig heben oder senken, während das andere unverrückt feststeht. Letzteres läÙt sich, wie HERING¹ zugiebt, mit der Annahme einer immer gleichmäÙigen Innervation beider Augen nicht in derselben Weise vereinbaren, wie die Ungleichheit der Bewegungen beider Augen nach rechts oder links, weil wir dort nicht, wie hier, eine Konkurrenz zweier verschiedener Innervationen des Doppelauges annehmen können. Darin darf man aber, wie er² HELMHOLTZ gegenüber hervorhebt, keinen Beweis für die gegenseitige motorische Unabhängigkeit beider Augen finden, da von den meisten angeborenen Mitbewegungen sich zeigen lasse, daß sie durch den Willen und durch Übung mehr oder weniger überwunden werden können. Ja, gerade in der Schwierigkeit, mit welcher selbst schwache, vertikal brechende Prismen überwunden werden, sieht er einen Beweis dafür, daß die gleichmäÙige Innervation auf einem angeborenen Zwange beruht. Denn, wenn auch³ „nichts der Annahme entgegensteht, daß es uns möglich sei, auch die Orientierung unseres Auges bei seinen Bewegungen einigermaßen zu beeinflussen und den in seinen Grundzügen durch die ganze Anordnung der Muskulatur vorgezeichneten Modus der Augenbewegung nach dieser oder jener Seite hin dem individuellen Bedürfnisse entsprechend weiter auszuarbeiten, so wird das doch selbst für den Neugeborenen notwendig seine engen Grenzen haben, wie viel mehr für den Erwachsenen, bei welchem überdies die Fälle von Paresen eines oder des anderen Muskels uns den schlagenden Beweis dafür geben, in wie enge Grenzen derartige Korrekturen eingeschränkt sind“.

Unter der Voraussetzung einer gleichmäÙigen Innervation ist somit die Annahme, daß die Koordination der Augen-

¹ *Die Lehre vom binokularen Sehen.* S. 8.

² *Ibid.* S. 19.

³ *Ibid.* S. 130.

bewegungen auf einem angeborenen Zwange beruht, wohl möglich, bisher aber noch nicht bewiesen. Die von HERING vorgebrachten Thatsachen¹ beweisen wohl den festen Zusammenhang in den Bewegungen beider Augen beim Erwachsenen, sprechen zum Teil auch für eine gleichmäßige Innervation, schließen aber keineswegs aus, daß beides auf Einübung beruht.² Daher sind die Beobachtungen an Erwachsenen mit normalem Augenmuskelsystem in keiner Weise geeignet, eine Entscheidung zwischen den beiden entgegenstehenden Ansichten

¹ *Lehre vom binokularen Sehen*, S. 7, und *Hermanns Handb. d. Physiol.* Bd. III (Physiol. d. Sinnesorgane). Teil I. S. 523.

² Der Hinweis HERINGS, daß die unwillkürlichen Bewegungen beim Nystagmus in beiden Augen gleichzeitig und in analoger Weise erfolgten, ist nicht allgemein gültig, da zahlreiche Fälle mitgeteilt worden sind, in denen die Bewegungen nur einseitig oder auf beiden Augen in verschiedener Art und verschiedener Stärke erfolgten. Z. B.:

1870. ZEHENDER. *Kl. Monatsbl. f. Augenheilkde.* VIII. S. 112.

1871. ARCOLEO. *Gazz. clin. dello spedale civico di Palermo.* F. II.

1874. SCHENKL. *Prag. Vierteljahrsschr. f. prakt. Heilkde.* Bd. 122. S. 97.

BERLIN. *Dtsch. Arch. f. klin. Med.* XIV. S. 103.

1878. RAEHLMANN. *Arch. f. Ophthalm.* XXIV. 4. S. 237.

BURNETT. *Arch. f. Augen- u. Ohrenheilkde.* VII. 2. S. 472.

1880. GRAEFE. *Graefe-Sämisch.* Bd. VI. S. 224.

REUSS. *Centralbl. f. prakt. Augenheilkde.* S. 337.

VAN DER LAAN. *Period. de oftalm. prat.* S. 33.

1881. BOUCHAUD. *Journ. des sc. méd. de Lille.* Mars.

NIEDEN. *Berl. klin. Wochenschr.* S. 681.

1882. BOUCHAUD. *Journ. des Séances de Lille.* 5. Nov.

NIEDEN. *Arch. f. Augenheilkde.* XII. S. 30.

1883. BOUCHAUD. *Journ. des sc. méd. de Lille.* IV. S. 491.

1884. EVERSBUCH. *Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde.* S. 94.

SCHIESS-GEMUSEUS. *21. Jahresber. d. Augenheilanst. i. Basel.* S. 74.

FREUD. *Wien. med. Wochenschr.* Nr. 9.

1885. STURM. *Inaug. Dissert.* Würzburg.

v. REUSS. *Ophthalm. Mitteil. a. d. II. Univ.-Augenklin. i. Wien. S.-A.* S. 78.

1886. NETTLESHIP. *Ophthalm. Hosp. Rep.* XI. S. 75.

NETTLESHIP. *Ibid.* S. 76.

1887. SCHOMERUS. *Inaug.-Dissert.* Göttingen.

GUNN. *Ophthalm. Rev.* S. 85.

1898. D'OENCH. *Arch. f. Augenheilkde.* XIX. S. 293.

GORDON-NORRIE. *Centralbl. f. prakt. Augenheilkde.* S. 229.

1889. LUDWIG. *Centralbl. f. prakt. Augenheilkde.* S. 33.

1890. GORDON-NORRIE. *Nord. ophth. Tidsskr.* S. 19.

GORDON-NORRIE. *Lancet.* II. S. 1264.

1894. SEALES. *Ophthalm. Rec.* Nashville. 1893.94. III. S. 403.

zu treffen. Und selbst die Untersuchungen der Augenbewegungen Neugeborener brachten nicht den gehofften Beweis für die eine oder andere Theorie, da jeder Beobachter die erhaltenen Resultate gerade im Sinne seiner Meinung glaubte auslegen zu können.¹

Auch die experimentelle Prüfung der Frage führte zu keinem sicheren Ergebnis. ADAMÜK² glaubte allerdings auf Grund seiner bekannten Versuche, die Richtigkeit der HERINGschen Anschauung bewiesen zu haben. Reizte er nämlich den vorderen rechten Hügel, so bewegten sich beide Augen nach links, die umgekehrte Bewegung fand statt bei Reizung des linken Vorderhügels. Bei Reizung in der Mitte zwischen beiden vorderen Hügeln etwas nach hinten erfolgte Bewegung beider Augen nach oben mit Erweiterung der Pupille, bei Reizung des hinteren unteren Teiles der vorderen Hügel starke Konvergenz mit Neigung nach unten und Verengung der Pupille. ADAMÜK betrachtete hiernach die Vierhügel als das Zentralorgan für die assoziierten Bewegungen und folgerte, daß beide Augen in betreff der Bewegungen ein unteilbares Ganzes darstellten. Auf Grund sorgfältiger Nachuntersuchungen bewies neuerdings BECHTEREW³ die Unhaltbarkeit der ADAMÜKschen Anschauung über die Funktion der Vierhügel, die nach ihm mit den Augenbewegungen überhaupt nichts zu thun haben.⁴ Schon vorher

¹ Z. B. DONDERS, Über angeborene und erworbene Assoziation. *Arch. f. Ophthalm.* XVIII. 2. — DONDERS, Versuch einer genetischen Erklärung der Augenbewegungen. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 1876. XIII. S. 373. — SCHOELER, Zur Identitätsfrage. *Arch. für Ophthalm.* XIX. 1. — RAEHLMANN und WITKOWSKY, Über atypische Augenbewegungen. *Arch. f. Anat. u. Physiol.* (Abt. Physiol.) I. S. 454. 1877. — HERING, Lehre vom binok. Sehen. S. 20, und *Hermanns Handb. d. Physiol.* Bd. III. Teil 1. S. 529.

² Über die Innervation der Augenbewegungen. *Centralbl. f. d. med. Wissensch.* 1870. S. 65—67.

³ Über die Funktion der Vierhügel. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* 1884. XXXIII. S. 413.

⁴ Wie vorsichtig man mit der Verwertung experimenteller Ergebnisse sein muß, beweist die von MAGENDIE gefundene und oft bestätigte Thatsache, daß sich bei Reizung eines gewissen Teiles des Kleinhirns das eine Auge nach oben, das andere nach unten stellt. Im Sinne ADAMÜKS wäre damit die Existenz eines Zentrums für dissoziierte Bewegungen beider Augen bewiesen.

Vergl. HITZIG, REICHERT und DU BOIS-REYMONDS *Arch. f. Anat. etc.* 1871. S. 771. BERNHARDT, *Berl. klin. Wochenschr.* 1872. S. 485. LABORDE,

war die Beweiskraft des betreffenden Experimentes von verschiedenen Seiten bestritten worden,¹ und speziell DONDERS, in dessen Laboratorium die Versuche vorgenommen worden waren, und der ihnen einen außerordentlich großen Wert beilegte, betonte,² daß, streng genommen, ADAMÜK seine Experimente an ganz jungen Hunden, deren Augen sich eben erst geöffnet hatten, hätte verrichten müssen.

Im Anschluß an die Besprechung dieser Versuche glaubte nun aber DONDERS, eine Möglichkeit gefunden zu haben, die Frage, ob die Koordination der Augenbewegungen angeboren sei oder auf Übung beruhe, zu entscheiden. „Es kommt“, sagt er,³ „nur darauf an, den Weg zu finden, um, durch künstlich erzwungene Übung, bei jungen Tieren an einer oder der anderen assoziierten Bewegung eine Modifikation einzuleiten und nachher das Experiment auf das motorische Zentrum, von dem sie ausgeht, in Anwendung zu bringen. Ein Beispiel wird meine Meinung deutlich machen. Könnte man eine Einrichtung treffen, derzufolge beim Blick nach oben die Muskeln des einen Auges sich zum Zweck des binokularen Sehens unverhältnismäßig zusammenziehen müßten, dann würde dies anfänglich unter dem Einflusse des Willens geschehen. Aber allmählich würde diese Bewegungsform im motorischen Zentralorgan seinen organischen Grund erhalten, und wir dürfen uns, glaube ich, vorstellen, daß jetzt, bei direkter Einwirkung auf das Zentrum, z. B. durch einen Irritationszustand, die durch Übung modifizierte Assoziation, kraft der modifizierten Struktur und Funktion, ebenso gesetzmäßig zum Vorschein kommen wird, als die assoziierten Bewegungen durch die künstlichen Reizungen der vorderen Hügel in den ADAMÜKSchen Versuchen. Den Weg also, um durch künstlich erzwungene Übung bei Tieren in die Assoziation gewisser Bewegungen einzugreifen, hat man, wie ich bemerkte, aufzusuchen. Aus dieser Betrachtungsweise würde folgen, daß

DUVAL, GRAUX, *Gaz. des hôp.* 1877. S. 142. SCHWAHN, *Eckhardts Beitr. zur Anat. u. Physiol.* VIII. 3. S. 149. 1878. DUVAL et LABORDE, *Journ. d'anat. et de physiol.* XVI. S. 65. 1880.

¹ Z. B. SAMELSOHN, Zur Frage von der Innervation der Augenbewegungen. *Arch. f. Ophthalm.* XVIII. 2. S. 142.

² Über angeborene und erworbene Assoziation. *Arch. f. Ophthalm.* XVIII. 2. S. 153.

³ Ibid. S. 162.

die in den erwähnten Experimenten durch Reizung des motorischen Zentrums erhaltenen Bewegungen nicht notwendig in einem angeborenen anatomischen Zustande ihren Grund haben.“

Obiger Vorschlag ist nun, soviel ich weiß, bisher noch nicht zur Ausführung gebracht worden. Auch würde das Resultat nicht ohne weiteres auf den Menschen zu übertragen sein. Einen Ersatz dafür scheinen mir aber gewisse angeborene Muskelanomalien, bei denen Binokularsehen besteht, zu bieten. An Stelle der äußeren Reizung tritt hier die Willensintention, und wir haben zu untersuchen, wie diese einwirken muß, um die koordinierten Bewegungen zu erzielen, ob sich diese überhaupt durch eine stets gleichmäßige Innervation beider Augen erklären lassen, oder ob wir sogar genötigt sind, eine verschiedene Innervation beider Augen zu vermuten. Es handelt sich hauptsächlich um die angeborenen Abducenslähmungen und um gewisse Insuffizienzen der Heber und Senker.

II.

Ich möchte mit der Besprechung der letzteren beginnen, obgleich ihnen insofern eine geringere Bedeutung zukommt, als HERING selbst ja bereits eine gewisse Unabhängigkeit der beiden Heber-, resp. Senkergruppen voneinander zugestanden, ihre Beweiskraft aber bestritten hat. Wenn er aber die Mühe, mit der vertikal ablenkende Prismen selbst nur innerhalb enger Grenzen überwunden werden können, als eine Stütze seiner Ansicht auffaßt, so ist dem entgegenzuhalten, daß schon bei normalen Muskelverhältnissen, wie SCHNELLER¹ neuerdings wieder gezeigt hat, eine ungleichmäßige Innervation der Senker ohne merkbare Anstrengung eintritt, wenn wir in der Nähe mit schiefer Kopfhaltung arbeiten. Bei den angeborenen Insuffizienzen einer Heber- oder Senkergruppe sind wir nun dauernd genötigt, eine verschieden starke Innervation auf beiden Augen

¹ Zur Lehre von den dem Zusammensehen mit beiden Augen dienenden Bewegungen. *Arch. f. Ophthalm.* XXXVIII. 1. S. 71. SCHNELLER führt darauf die Erscheinung zurück, daß im allgemeinen in der Nähe stärkere Prismen mit vertikaler Brechung überwunden werden, als auf Abstand, was nach seiner Ansicht darauf hinweist, daß beim Nahesehen die dazu nötige Dissoziation erlernt wird.

einzuweisen, ohne daß wir, wenigstens in der Regel, auch nur das geringste Unbehagen spüren.

Daß derartige Insuffizienzen nicht nur ein außergewöhnliches, sondern vielmehr ein außerordentlich häufiges Vorkommnis sind, geht z. B. aus einer Zusammenstellung von MARLOW¹ hervor, der bei Emmetropie und Myopie in je 20%, bei Hypermetropie in 14% eine aufwärts gerichtete Ruhestellung fand. Die zum Zwecke des Einfachsehens nötige ungleiche Innervation wird also mit Leichtigkeit erlernt und, solange erforderlich und durch andere Momente nicht behindert, auch festgehalten und widerlegt daher schlagend AUBERTS Meinung, daß „höchstens einmal ein Physiologe diese Assoziationen zu stören unternimmt und mit geringem Erfolge zu stören fertig bringt“.² Besonders schön sind diese einseitigen Bewegungen in solchen Fällen zu sehen, in denen früher Schielen nach auf- oder abwärts bestanden hat, wie z. B. in folgendem Falle: 29jähriges Fräulein; hat in der Jugend in wechselndem Grade, aber immer stark mit dem linken Auge gerade nach oben geschielt. Seit längerer Zeit stehen die Augen ein. Sehschärfe beiderseits $\frac{6}{6}$. Verdeckt man das rechte Auge, so geht es etwas nach unten, beim Verdecken des linken geht dieses, scheinbar etwas stärker, nach oben (ca. 5° Ablenkung). Läßt man das verdeckte Auge frei, so stellt es sich sofort oder nach kurzer Zeit auf das fixierte Objekt ein, wobei das andere Auge absolut ruhig zu bleiben scheint. Die einseitige stärkere Innervation des abgewichenen Auges findet ohne die geringste Anstrengung statt und wird, solange es zum Zwecke der Fixation erforderlich ist, beibehalten.

Offenbar hat auf einer solchen Insuffizienz der Heber oder Senker die von HELMHOLTZ vor vielen Jahren mitgeteilte, von HERING in Bezug auf ihre Genauigkeit wiederholt angezweifelte Beobachtung beruht, daß bei ihm im Zustande des Schläfrigseins übereinanderstehende Doppelbilder auftraten. Wahrscheinlich haben Viele die gleiche Erfahrung an sich selbst gemacht. Ich selbst kann oft ganz ähnliche Erscheinungen beobachten. Sowohl im Stereoskop wie am Fallapparat habe ich

¹ The position of rest as a cause of strabismus. *Ophthalm. Rev.* 1889. S. 362.

² *Graefe-Sämisch*. Bd. II. S. 669.

normales Binokularsehen; dabei leide ich aber schon seit früher Jugend an manchmal in kurzen, bisweilen nur in sehr langen Zwischenräumen auftretendem, nur wenige Minuten dauerndem Doppeltsehen, wobei das Bild des rechten Auges höher steht.¹ Die Ursache ist, wie die Untersuchung z. B. mit dem MADDOX-schen Stäbchen ergibt, eine aufwärts gerichtete Ruhelage, d. h. das rechte Auge steht dabei tiefer, das linke höher. Die genauere Prüfung des Muskelgleichgewichtes ergibt, daß ich auf dem rechten Auge ein nach oben ablenkendes Prisma von 6° überwinden kann, ein nach unten ablenkendes dagegen von höchstens 2° . Umgekehrt kann ich links ein Prisma mit der Basis oben von höchstens 2° überwinden, ein nach unten ablenkendes dagegen von 6° . Die Kraft jeder Hebergruppe entspricht also genau derjenigen der Senkergruppe des anderen Auges. Betrachte ich nun abends, wenn ich ermüdet bin, ein kleines schwach leuchtendes Glühlämpchen, so treten sehr leicht gekreuzte Doppelbilder mit Höherstand des linken, also dem rechten Auge angehörigen Bildes auf, sofort aber, auch bei der größten Anstrengung, Einfachsehen aufrecht zu erhalten, wenn ich vor ein Auge ein rotes Glas halte. Die Höhendifferenz wird dann durch ein Prisma von 3° bis $3\frac{1}{2}^{\circ}$ ausgeglichen. Diese Höhendifferenz kann ich selbst dann nicht überwinden, wenn ich den Seitenabstand durch ein Prisma ausgleiche. Dagegen ist es mir leicht möglich, durch stärkere Anspannung der Konvergenz die Bilder übereinanderzubringen, wenn auch nur für kurze Zeit. Erst nach Korrektion des Höhenabstandes durch ein Prisma vermag ich die zum Einfachsehen nötige Konvergenz dauernd aufrecht zu erhalten.²

¹ Eine ähnliche Beobachtung habe ich nur noch einmal gemacht. Es handelte sich um einen 18jährigen Patienten mit einer Myopie von 4,5 Dioptr. Derselbe gab an, daß er bisweilen beim Blick in die Ferne übereinanderstehende Doppelbilder habe. Normales Binokularsehen. Ziemlich starke Insuffizienz der Interni und einer Heber- oder Senkergruppe. Bei stärkerer Annäherung eines Objektes traten gekreuzte Doppelbilder mit Höherstand des linken auf. Es wurde für die Nähe — 1,75, für die Ferne — 4,0 verordnet. Seitdem ist das Doppeltsehen nicht wieder aufgetreten. Die größere Schärfe der Bilder genügte also, die zum Ausgleich der Muskelinsuffizienzen nötige ungleiche Innervation dauernd zu erhalten.

² Auf die starken Störungen der Adduktion durch Höhenabweichungen hat schon A. v. GRAEFKE hingewiesen.

Wenn also sonst keine Hindernisse vorliegen, findet die ungleiche Innervation der Heber oder Senker beider Augen mit Leichtigkeit dauernd statt, solange es im Interesse des Einfachsehens nötig ist. Es darf daher mit größter Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die Mühe, mit der bei normalem Muskelsystem, besonders beim Fernsehen, eine entsprechende einseitige Innervation eingeleitet wird, keineswegs auf einem schon beim Neugeborenen vorhandenen Zwange zu gleichmäßiger Innervation beruht, sondern lediglich eine Folge der allein geübten gleichmäßigen Innervation ist.

Die Untersuchung mit höhenablenkenden Prismen ergibt noch eine wichtige Thatsache. Wie oben erwähnt, sind die Senker meines rechten Auges einerseits, die Heber des linken andererseits im stande, ein Prisma von 6° zu überwinden. Da, wie auch HERING zugiebt, diese stärkere Hebung resp. Senkung nur durch eine rein einseitige Innervation zu erklären ist, also insoweit scheinbar eine Unabhängigkeit des einen Auges vom anderen besteht, konnte als wahrscheinlich vorausgesetzt werden, daß bei gleichzeitigem Vorhalten von Prismen vor beide Augen, auf dem rechten mit der Basis oben, auf dem linken unten, jedes Auge ebenfalls noch 6° Prisma überwinden würde. Es zeigt sich aber, daß beide Prismen zusammen nur eine Stärke von 6° haben dürfen. Habe ich also rechts ein Prisma von 6° überwunden, so ist es mir nicht mehr möglich, ein vor das linke Auge gehaltenes Prisma von nur 1° zu überwinden; bei 5° rechts wird links 1° , aber nicht 2° korrigiert, bei 4° rechts links nur 2° ausgeglichen und bei rechts 3° links ebenfalls 3° . In umgekehrter Richtung überwinde ich auf jedem Auge 2° , auf beiden Augen zu gleicher Zeit nur je 1° . Wir finden also ein ganz gesetzmäßiges Verhältnis. Daß dieses auch bei vollkommen normaler Muskulatur besteht, zeigte z. B. eine Untersuchung bei Herrn Professor A. KÖNIG, dessen Heber wie Senker auf beiden Augen je 16° gut, 17° für Augenblicke überwinden können. Legt man vor das eine Auge ein Prisma mit der Basis oben, vor das andere ein solches mit der Basis unten, so darf jedes dieser auch nur die halbe Stärke des auf einem Auge allein überwundenen Prismas haben.¹

¹ Wenn die Korrektion eines vor ein Auge gehaltenen Prismas bei Überschreitung einer gewissen Stärke nicht mehr dadurch erfolgte, daß dieses Auge eine weitere Innervation erhält, sondern dadurch, daß das

Es liegt also hier das gleiche Verhältniß vor, wie bei den horizontal wirkenden Muskeln. Auch hier können Prismen vor beiden Augen mit der Basis nach außen oder innen nur in der gleichen Stärke überwunden werden, als der Internus oder Externus jedes Auges allein vermag. Nach der HERINGSchen Erklärung der stets gleichen Innervation beider Augen war diese Erscheinung — für die horizontal wirkenden Muskeln — natürlich nicht nur verständlich, sondern sie mußte sogar gefordert werden, so daß die Bestätigung durch das Experiment eine starke Stütze für die Richtigkeit der Theorie war.

Auch nach SCHWEIGGER, der auf vollkommen empiristischem Standpunkte steht, spricht diese Erfahrung dafür,¹ „daß auch die durch Prismen erreichbare einseitige Bewegung (in der Horizontalen) mit beiderseitiger Innervation verbunden ist, auf dem unbeweglich in Fixation stehen bleibenden Auge natürlich mit Innervationsimpulsen, welche sich gegenseitig aufheben“.

Wollten wir für die vertikal wirkenden Muskeln eine ebensolche gleichmäßige Innervation, also auf dem einen Auge zwei einander entgegengewirkende Innervationen annehmen, so müßten wir außer den Innervationen, welche beide Augen nach oben resp. unten bewegen, noch zwei weitere Gruppen supponieren, welche das rechte Auge nach oben, das linke nach unten und umgekehrt stellen, womit sich ja die bei den Prismenversuchen erhaltenen Resultate leicht erklären ließen. Bei Zurückweisung einer solchen Hypothese können wir nur aussprechen, daß die Hebergruppe je eines mit der Senkergruppe des anderen Auges — mithin alle nach entgegengesetzten Seiten wirkenden Muskeln resp. Muskelgruppen beider Augen — in einem derartigen Abhängigkeitsverhältnis steht, daß die für beide Gruppen gleichzeitig mögliche Innervationsstärke gerade derjenigen gleich ist, die für den einen Teil allein aufgebracht werden kann. Damit würde aber diese Erscheinung bei den Adduktoren und Abduktoren ihre Beweiskraft verlieren, so sehr sie auch für

andere unbewaffnete Auge in entgegengesetzter Richtung abgelenkt wird, so daß die Bilder zwar auf etwas exzentrische, aber dafür korrespondierende Netzhautpunkte fielen, wäre die erwähnte Thatsache sofort klar. Es läßt sich aber mit Leichtigkeit zeigen, daß auch das stärkste Prisma vor einem Auge durch rein einseitige Bewegung ausgeglichen wird.

¹ SCHWEIGGER, *Klinische Untersuchungen über das Schielen*. S. 53. Berlin. 1881.

die gleichmäßige Innervation bei den horizontalen Bewegungen zu sprechen scheint.

III.

Von weit größerer Bedeutung für die Theorie des Entstehens der koordinierten Augenbewegungen scheinen mir die Überlegungen zu sein, in welcher Weise diese bei den angeborenen Abducenslähmungen zu stande kommen können. Daß bei solchen Lähmungen, besonders bei einseitigen, Binokularsehen vorhanden sein kann und es wohl auch in der Regel ist, ist eine bekannte Thatsache. GRAEFE¹ und später auch MAUTHNER² haben derartige Fälle mitgeteilt, und in neuerer Zeit hat besonders KUNN³ in einer sehr eingehenden und das gesamte vorliegende Material kritisch verwertenden Arbeit dies mit besonderem Nachdruck betont und gezeigt, daß entgegenstehende Mitteilungen oft nur einer ungenügenden Untersuchungsmethode zur Last fallen.

Ich selbst habe in den letzten Jahren zwei Fälle einseitiger angeborener Abducenslähmung gesehen, von denen ich den einen allerdings nur sehr flüchtig untersuchen konnte. Die Augen standen beim Blick in die Ferne parallel und schienen sich bei Konvergenz genau auf den vorgehaltenen Gegenstand einzustellen.

Im anderen Falle handelte es sich um ein 10jähriges Mädchen, welches wegen angeblichen Schielens des linken Auges, das von frühester Jugend an bestehen soll, zur Untersuchung kam. Die Sehschärfe beträgt rechts fast $\frac{6}{6}$, links etwas über $\frac{6}{6}$; Rechts Hypermetropie = 0,75 Dioptr., links = 0,5 Dioptr. Die Pupillenreaktion ist in jeder Beziehung normal. Beim Blick in die Ferne stehen beide Augen parallel, nur manchmal stellt sich das linke Auge für einen Augenblick in den inneren Winkel. Beim Blick nach links gehen die Augen vollkommen gut bis in den inneren resp. äußeren Winkel, beim Blick nach rechts hingegen nur das linke Auge in den inneren Winkel, während das rechte Auge die Mitte der Lidspalte höchstens um eine gerade wahrnehmbare Spur überschreitet. Monokulare Prüfung

¹ GRAEFE-SÄMISCH. Bd. VI. S. 33 u. 34.

² Vorträge. Bd. 2. S. 464.

³ Die angeborenen Beweglichkeitsdefekte der Augen. *Deutschmanns Beitr. z. Augenheilkde.* Bd. 2. Heft 19.

ergiebt den gleichen Befund. Einem fernen, von rechts nach links bewegten Objekte folgt das linke Auge von Anfang an ganz exakt, während das rechte zunächst bewegungslos in der Mitte der Lidspalte verharret; sowie das Objekt sich dem rechten Auge gegenüber befindet und weiter nach links verschoben wird, nimmt das rechte Auge die Fixation ebenfalls auf und folgt in vollkommen normaler Weise.

Die Konvergenz ist vorzüglich. Ein medial vorgehaltenes Objekt wird ohne sichtbare Anstrengung bis $2\frac{1}{2}$ cm vor der Nasenwurzel fixiert; beide Augen stehen gleichmäfsig ein. Geht man mit dem nahe vorgehaltenen Objekte nach links, so stellen sich stets beide Augen auf dasselbe; ebenso, wenn man die Mittellinie nach rechts überschreitet, bis das fixierte Objekt genau vor dem rechten Auge steht. Geht man noch weiter nach rechts, so folgt natürlich nur das linke Auge. Selbst bei ziemlich starker Akkommodation auf einen feinen Gegenstand, den man möglichst nahe vor das linke Auge nach rechts hält, weicht das rechte Auge nicht aus seiner Mittelstellung nach innen ab.

Dafs in allen jenen Stellungen, in denen das rechte Auge überhaupt im stande ist, zugleich mit dem linken zu fixieren, wirkliches Binokularsehen, also genaueste Einstellung beider Augen, vorhanden ist, liefs sich mittelst des HERINGSchen Fallversuches zeigen. Es wurden nicht nur vollkommen gute Angaben gemacht, wenn die fixierte Kugel gerade in der Mitte vor beiden Augen oder etwas nach links sich befand, sondern auch bei der Stellung zwischen der Medianebene und dem rechten Auge, und auch noch, wenn sie sich diesem genau gegenüber befand. Wurde aber diese Lage nur um das geringste nach rechts hin überschritten, so wurden sofort sehr fehlerhafte Angaben gemacht.

Dem entsprechend werden Doppelbilder — sowohl mit rotem Glas vor einem Auge wie ohne ein solches — erst dann angegeben, wenn das vorgehaltene Licht oder auch ein feineres Objekt die Mitte des rechten Auges nach rechts überschreitet, und zwar steht dann das linke, dem linken Auge entsprechende Bild etwas höher. Nach allen anderen Richtungen besteht Einfachsehen. Spontan wird über Doppeltsehen nicht geklagt, weil offenbar die Augenbewegung nach rechts stets durch eine Kopfdrehung ersetzt wird. Bei dem v. GRAEFESchen Gleichgewichtsversuch stehen beide Bilder meistens genau übereinander. Körperliches

Sehen ist selbstverständlich auch bei der Prüfung mit dem Stereoskop vorhanden.

Eine Prüfung bezüglich der Überwindung ab- und adduzierender Prismen ergab¹:

a) Adduzierende Prismen werden für 5 m und ebenso für 25 cm Objektentfernung in Stärke von mindestens 30° überwunden, wahrscheinlich auch noch darüber. Es scheint zwischen rechts und links kein Unterschied zu sein.

b) Abduzierende Prismen:

1. in 5 m Entfernung rechts 1° noch Einfachsehen, 2° Doppeltsehen; links 8° Einfachsehen, 9° Doppeltsehen;
2. in 25 cm Entfernung rechts 10° Einfachsehen, 11° Doppeltsehen; links 16°, manchmal auch noch 18° Einfachsehen, darüber Doppeltsehen.

Die monokulare Prüfung, bei Verdeckung des einen Auges, ergibt zunächst eine ganz gleiche Bewegung resp. Bewegungsbeschränkung, wie die binokulare Prüfung. Wird ein nicht zu nahes Objekt in der Medianebene fixiert, so stellt sich auch das verdeckte, rechte wie linke, Auge darauf ein, und zwar, wie es scheint, ziemlich genau. Nähert man jedoch das Objekt bis ca. 15 cm, so geht das verdeckte linke Auge etwas in Konvergenz, während das verdeckte rechte Auge scheinbar genau eingestellt bleibt. Läßt man in derselben Entfernung mit dem mit einem Konkavglas von 8,0 Dioptr. bewaffneten rechten Auge lesen, so stellt sich das verdeckte linke Auge stets in starke Konvergenz. Beim Lesen mit dem linken Auge, wenn es mit — 8,0 versehen ist, bleibt das verdeckte rechte Auge bisweilen scheinbar in seiner Stellung, öfters weicht es ebenfalls nach innen ab, in wechselndem Grade, jedoch nie so stark, wie vorher das verdeckte linke Auge.

Bei seitlicher Konvergenz zeigt das rechte Auge ein ähnliches Verhalten. Es bleibt, wie schon erwähnt, in seiner geradeaus gerichteten Stellung stehen, wenn mit dem linken Auge nach rechts in ca. 15 cm Entfernung gelesen wird und weicht auch dann, wenn vor das linke Auge — 8,0 gehalten wird, nur ganz wenig nach innen ab, mag es offen oder ver-

¹ Prüfungen an verschiedenen Tagen ergaben kleine Schwankungen in den Angaben; doch sind diese so gering, daß sie für die nachfolgenden Betrachtungen belanglos sind.

deckt sein. Wird dagegen nach links mit dem mit $-8,0$ bewaffneten rechten Auge gelesen, so stellt sich das verdeckte linke Auge in starke Konvergenz.

Die Akkommodation scheint in allen Stellungen eine gleichmäßige zu sein. Wird mit dem linken Auge nach rechts hin eine ca. 30 cm davon entfernte feine Schrift gelesen, so ergibt die skioskopische Messung auch auf dem rechten, in seiner Stellung verharrenden Auge eine Myopie von ca. 3 Dioptrien. Wird dann vor das linke Auge $-8,0$ gehalten, so wird sofort auch die Refraktion des rechten Auges eine bedeutend höhere; eine genaue Messung war dann aber nicht mehr möglich.

Die im Vorstehenden mitgeteilten, wiederholt geprüften Thatsachen scheinen allerdings dann eine Änderung zu erleiden, wenn das Kind stark ermüdet ist. Bei einer ziemlich kurz nach Beendigung der Schule vorgenommenen Untersuchung gab das sichtbar sehr angegriffene Kind nach rechts von der Medianebene stets Doppelbilder an; ja selbst in der Medianebene wurden die beiden Bilder nicht immer vereinigt, während sie nach links stets verschmolzen wurden. Einfachsehen liefs sich bei Haltung des Objektes vor dem rechten, geradeaussehenden Auge nur dann erzielen, wenn man es demselben bis ca. 8 cm näherte. In gröfserer Entfernung bestanden gleichnamige Doppelbilder mit Höherstand des dem linken Auge entsprechenden Bildes. Die Höhendifferenz wurde durch ein Prisma von 4° bis 5° ausgeglichen. Merkwürdigerweise wird das Doppeltsehen nicht durch Abweichen des rechten, sondern vielmehr des sich in stärkere Konvergenz stellenden linken Auges verursacht, während das rechte die Fixation übernimmt.

Es ist nun zu untersuchen, ob und wie sich die mitgeteilten Ergebnisse vereinigen lassen mit einer stets gleichmäßigen Innervation beider Augen. Die Verbindung der Akkommodation mit den Augenbewegungen, sowie die Befunde bei Verdecken eines Auges sollen zunächst unberücksichtigt bleiben und nur jene Innervationen der äufseren Augenmuskeln betrachtet werden, welche bei gewöhnlicher Fixation eines Objektes und bei Überwindung von Prismen stattfinden müssen.

Beim Blick geradeaus und nach links ist ohne weiteres klar, dafs die HERINGSche Konstruktionsweise, wie sie oben dargelegt wurde, vollkommen zu Recht bestehen kann. Nehmen wir (Fig. 4) Fixation eines zwischen Medianebene und linkes

Auge gehaltenen Gegenstandes a an, so ergibt eine assoziierte Linkswendung, kombiniert mit der entsprechenden Konvergenzbewegung, die genaue Einstellung beider Augen. Anders bei entsprechender Lage des Objektes nach rechts. Es ist (Fig. 5) nur dann möglich, eine gleichmäßige Innervation anzunehmen, wenn die Konvergenz nicht nach α , sondern nach α' erfolgt. Dadurch wird das rechte Auge nach a hingelerichtet. Kommt dazu noch eine assoziierte Rechtswendung, so wird auch das linke Auge auf a eingestellt, die Stellung des rechten Auges natürlich nicht geändert infolge der Wirkungslosigkeit des rechten Externus. Befindet sich (Fig. 6) das Objekt genau vor dem rechten Auge, so kann eine Konvergenzbewegung überhaupt nicht in Frage kommen, da eine Korrektur durch den Rechtswender für das rechte Auge nicht eintreten kann und es sich daher nach innen stellen würde; die Einstellung könnte nur durch eine assoziierte Rechtswendung erfolgen, die das linke Auge auf das Objekt a richtet, das rechte natürlich nicht aus seiner richtigen Lage zu entfernen vermag. Auch die Fixation eines noch weiter nach rechts liegenden, fernen oder nahen, Gegenstandes kann aus demselben Grunde allein durch Innervation der Rechtswender unter Ausschluß einer Konvergenzinnervation erklärt werden.

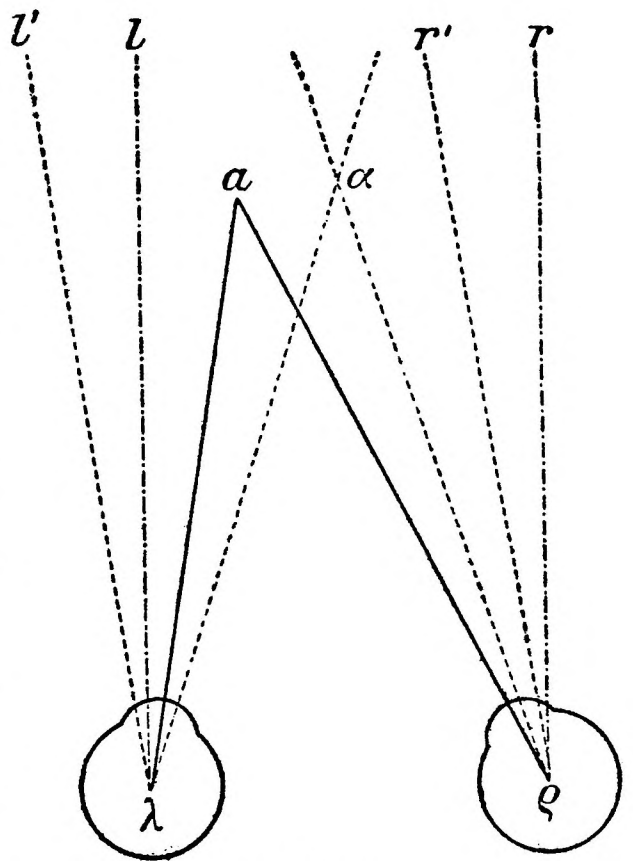


Fig. 4.

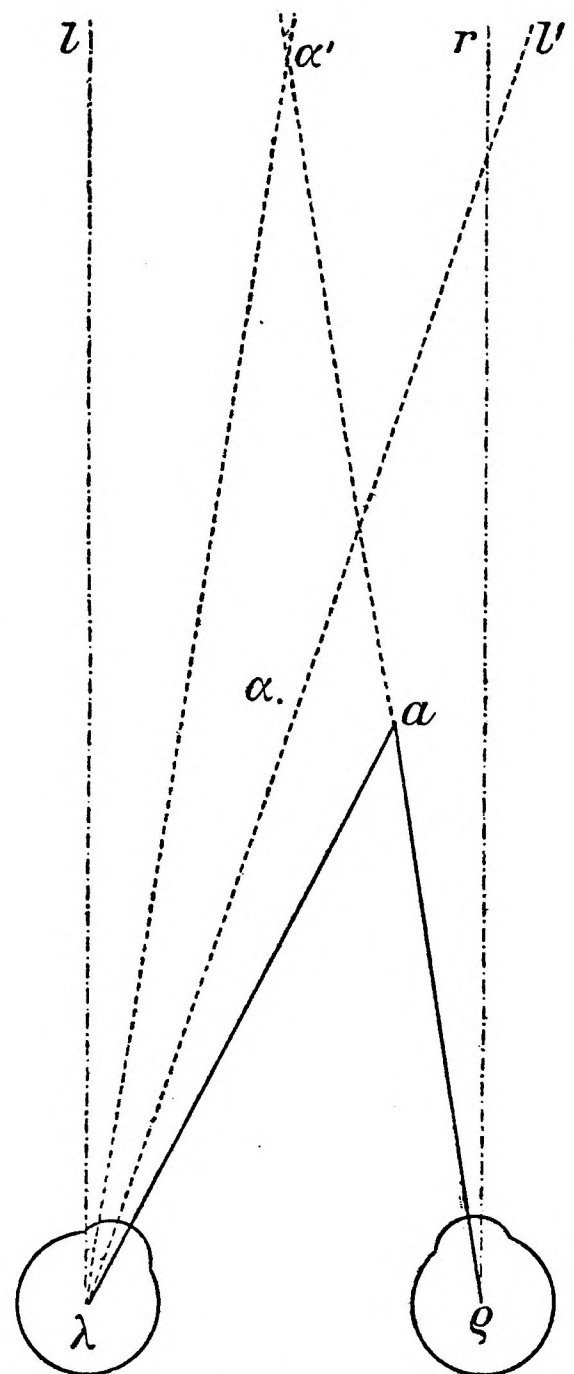


Fig. 5.

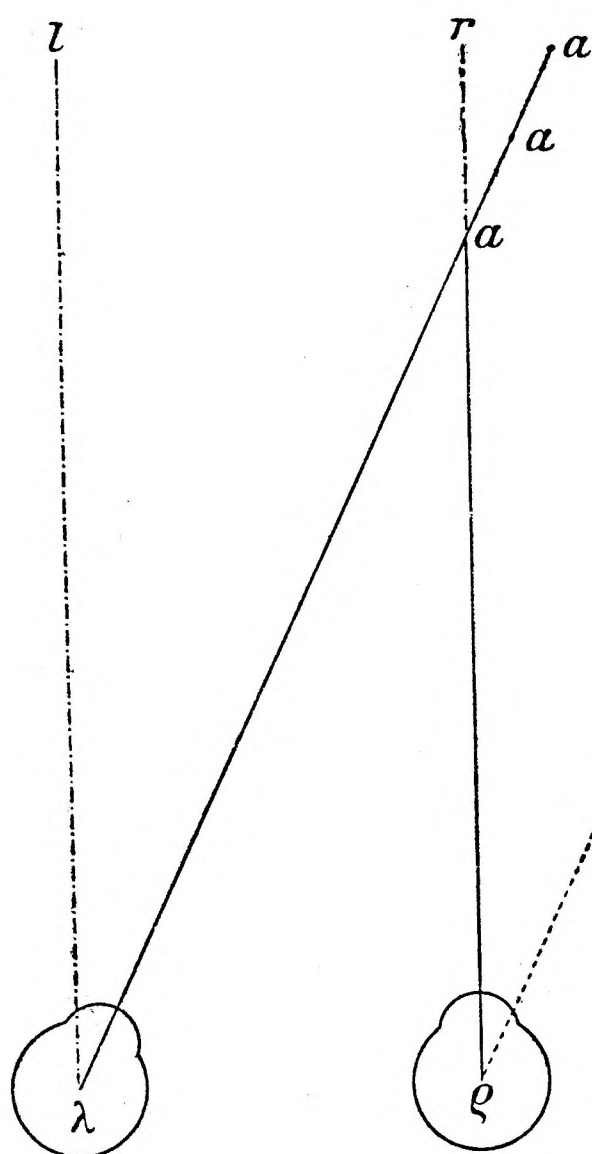


Fig. 6.

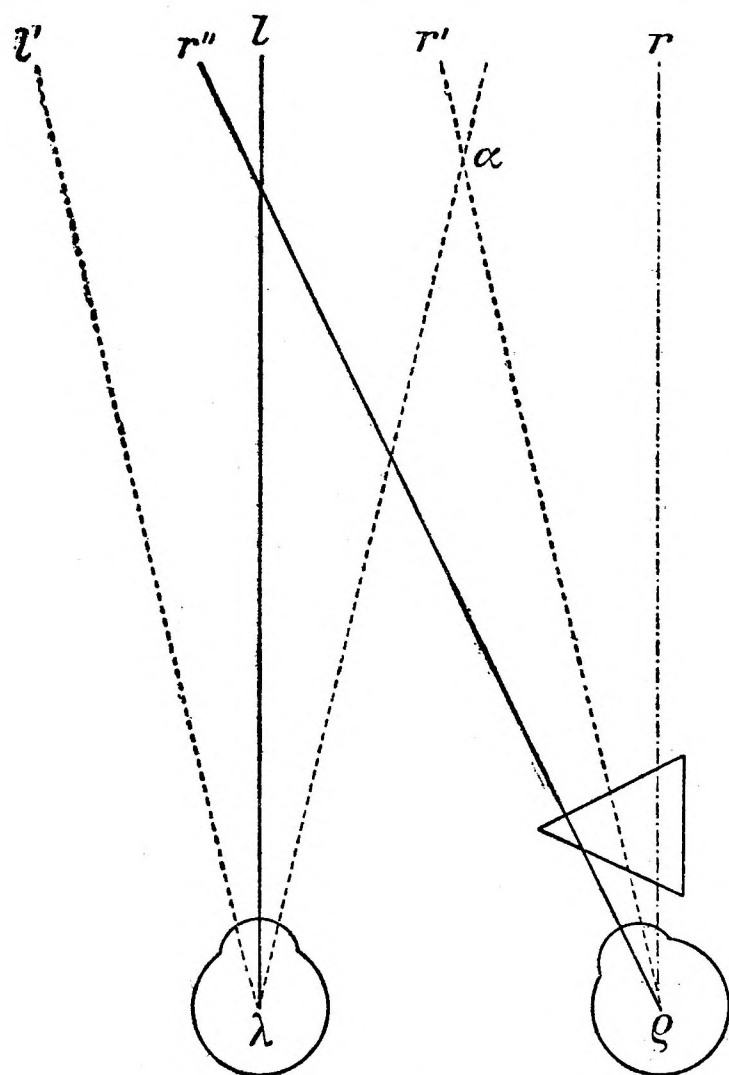


Fig. 7.

Ähnliche Verhältnisse ergeben sich für die Überwindung von Prismen. Bei einem adduzierenden Prisma vor dem rechten Auge (Fig. 7) findet eine Konvergenzinnervation nach a statt; damit verbindet sich eine assoziierte Linkswendung, die das linke Auge wieder in seine Ausgangsstellung zurück-, das rechte nach r'' hinführt, wie es die HERINGSche Erklärung verlangt. Das adduzierende Prisma vor dem linken Auge (Fig. 8) kann hingegen lediglich durch die Innervation der

Rechtswender überwunden werden. Denn eine Konvergenzinnervation müßte das rechte Auge aus seiner richtigen Stellung nach innen drehen, ohne daß die Möglichkeit vorliegt, es durch die entsprechende Anspannung des Externus wieder zurückzubringen.

Die Überwindung von adduzierenden Prismen in der Nähe verlangt rechts und links ganz dieselben Innervationen, wie in der Ferne.

Die Ausgleichung von abduzierenden Prismen würde in folgender Weise erklärt werden können. In 5 m Ent-

fernung überwindet das linke Auge 8° Prisma, was sich leicht auf eine Divergenzinnervation im Sinne HERINGS zurückführen läßt, da eine solche nur das linke Auge aus seiner fixierenden Stellung nach außen bewegen würde. Die Überwindung eines Prismas von 1° durch das rechte Auge kann nur in der gleichen Weise, wie die sofort zu besprechende eines stärkeren Prismas in der Nähe erklärt werden. Dafs das Prisma etwas stärker ist, als der Innenwendung des Auges in 5 m (bei 55 mm Pupillardistanz ca. $0^\circ 19'$) entspricht, beruht entweder darauf, dafs sich das rechte Auge, offenbar seiner Ruhestellung entsprechend, eine Spur über die Mittelstellung nach außen bewegen kann, oder auf einer minimalen Verschiebung des Objektes aus der Medianebene nach links. Jedenfalls geht so viel hervor, dafs bei wirklicher Parallelstellung der Gesichtslinien auch das schwächste Prisma nicht mehr korrigiert werden könnte.

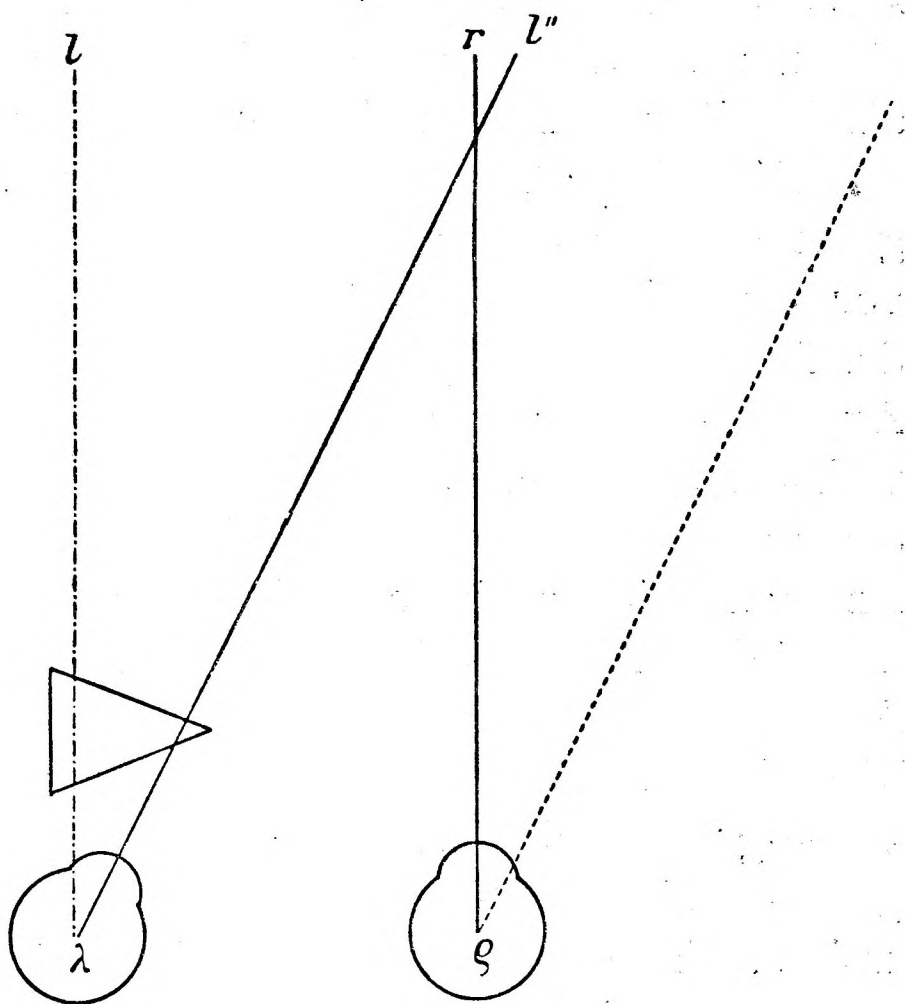


Fig. 8.

In der Nähe werden rechts 10° , links 16° bis 18° überwunden. Links können wir auch in diesem Falle eine — natürlich stärkere — Innervation der Außenwender annehmen. Die Überwindung des Prismas vor dem rechten Auge kann aber nur durch ein alleiniges Nachlassen der Konvergenzinnervation erklärt werden. Die für den linken Internus notwendige Innervation müßte dann durch eine solche der Rechtswender ersetzt werden.

Für das rechte Auge ergibt sich also das bemerkenswerte Resultat, dafs allein durch ein Nachlassen der Internuswirkung dieser Ausgleich erfolgen kann, und zwar scheint ein fast vollkommenes Aufgeben der Innervation stattfinden zu können. Denn der Winkel, um den sich jedes Auge auf ein in 25 cm

vor der Nasenwurzel befindliches Objekt drehen muß, beträgt weniger als 6° . Gewöhnlich wird angenommen, daß die Zurückführung des Auges aus der Innenstellung bis zur Mitte nicht allein durch Nachlassen der Innervation des Internus, sondern durch eine gleichzeitige aktive Thätigkeit des Externus zu stande kommt. Das ist für das rechte Auge hier unmöglich anzunehmen, beweist aber natürlich nichts für normale Augen. Doch glaube ich, ein gleiches Verhalten in unserem Falle auch für das normale linke Auge annehmen zu dürfen. Wenigstens scheint mir der Umstand dafür zu sprechen, daß hier gerade ein um so viel stärkeres Prisma überwunden wird, als rechts, als der linke Externus in der Ferne zu überwinden vermag.

Mit dieser Annahme wird allerdings auch die oben gegebene Erklärung für die Korrektur des abduzierenden Prismas vor dem linken Auge hinfällig. Denn wenn die Innervation der Adduktorengruppe nachläßt, so stellt sich auch das rechte Auge geradeaus, und es muß daher die notwendige Kontraktion des Internus durch eine Innervation der Linkswender ersetzt werden, welche durch ihre Wirkung auf den linken Externus die durch das Prisma erzwungene Divergenzstellung des linken Auges erklären würde. Ein Zusammenwirken der Abduktoren und der Linkswender, wie wir sie bei normalen Muskeln (s. oben) angenommen haben, ist — unter Voraussetzung eines ziemlich vollkommenen Nachlassens der Konvergenz — nicht wahrscheinlich, da sonst wohl das linke Auge weit stärkere Prismen überwinden würde.

Am leichtesten verständlich sind alle diese Thatsachen, wenn wir ein rein einseitiges Nachlassen der Internuskontraktion annehmen. Auf dem rechten Auge käme dadurch die fast geradeaus gerichtete Stellung zu stande, wie sie der Stärke des überwundenen Prismas entspricht; auf dem linken Auge verbindet sich damit noch die für die Ferne allein wirkende Innervation des Externus, woraus sich als ganz natürliche Folge ergibt, daß die Differenz zwischen den rechts und links überwundenen Prismen für die Ferne und für die Nähe dieselbe ist. Damit würde aber das Prinzip der stets gleichen Innervation aufgegeben sein.

So lassen sich zwar sämtliche möglichen Augenstellungen durch eine stets gleichmäßige Innervation beider Augen allenfalls erklären; aber die für die entsprechenden Stellungen

rechts und links notwendigen Innervationen sind so verschieden, daß wir sie nicht gut einem angeborenen, zwingend wirkenden anatomischen Mechanismus zuschreiben können, sondern sie mit größter Wahrscheinlichkeit auf Erlernung und Einübung zurückführen müssen. Es ist dabei ganz gleichgültig, ob wir einen primären Schwund des Muskels oder eine Affektion des Nerven oder seines Kernes annehmen wollen, da in den Innervationsverhältnissen nichts geändert würde. Daß eine Anomalie des sonstigen Nervensystems vorliegt, erscheint für den vorliegenden Fall ausgeschlossen.

Die veränderten Befunde bei Ermüdung des Kindes sind nicht leicht zu erklären. Möglicherweise wirkt dabei die Insuffizienz der einen Heber- oder Senkergruppe mit, deren Überwindung, wie oben bereits erwähnt, bei Ermüdung eine viel schwierigere wird. Wird das Binokularsehen aber überhaupt einmal aufgegeben, so überlassen sich auch die übrigen Muskeln ihren elastischen Spannungen, eventuell auch anderen Einflüssen, und so wird sich das linke Auge, welches an und für sich etwas Neigung zur Konvergenz hat, sofort in stärkere Innenstellung begeben. Daß bei starker Annäherung des Objektes Einfachsehen auftrat, mag darauf beruhen, daß dabei, wie oben bereits mitgeteilt wurde, Höhendifferenzen weit leichter überwunden werden und nach deren Ausgleich auch in den Innervationen der Ein- und Auswender entsprechende Änderungen eintreten können. Daß nach links auch bei Ermüdung normale Stellung beider Augen erfolgt, beweist wohl eine größere Festigkeit in der Assoziation der Augen bei Bewegungen nach links, ändert aber nichts an den obigen Darlegungen.

Die meisten der bisher beobachteten Fälle einseitiger angeborener Abducenslähmung scheinen ein ähnliches Verhalten gezeigt zu haben. Sowohl in den von GRAEFE,¹ wie in den von MAUTHNER,² HARLAN,³ LAGRANGE,⁴ KUNN,⁵ FEILCHENFELD⁶ mitgeteilten Fällen standen die Augen parallel, die Konvergenz war normal, die Bewegung des Internus des nicht gelähmten Auges

¹ Graefe-Sämisch. Bd. VI. S. 33 u. 34.

² Vorträge. Bd. II. S. 464.

³ *Transact. of the Americ. Ophthalm. Soc.* 1885. S. 48.

⁴ *Ann. de la polyclin. de Bordeaux.* Juillet 1893.

⁵ *Deutschmanns Beitr. z. Augenheilkde.* Bd. II. Heft 19.

⁶ *Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde.* 1896. April.

auch bei einfacher Seitenwendung erhalten. Es bestand keine Sekundärkontraktur, im Gegensatz zu den erworbenen Muskel-lähmungen, ein äußerst wichtiger Umstand, der bereits von GRAEFKE und MAUTHNER und neuerdings besonders von KUNN hervorgehoben wurde.

Von Wert würde es sein, bei angeborener doppelseitiger Abducenslähmung mit erhaltener Konvergenz und Binokularsehen, aber fehlender Wirkung der Interni als Seitenwender, zu konstatieren, ob eine ungleichmäßige Aktion der Interni bei der Konvergenz möglich ist oder sich die Augen nur auf ein ganz medial gehaltenes Objekt genau einstellen können. Ich selbst habe einen solchen Fall noch nicht zur Beobachtung bekommen, in den veröffentlichten findet sich darüber nichts angegeben. Wenn nur ganz gleichmäßige Innervation möglich wäre, so würde das für ein angeborenes, die Interni lediglich als Adduktoren innervierendes Konvergenzzentrum und mithin für eine zwangsweise Verbindung beider Augen sprechen können, aber auch mit der empiristischen Theorie in Einklang zu bringen sein, da wohl angenommen werden kann, daß bei den beschränkten Augenbewegungen das zu fixierende Objekt stets genau medial zwischen beide Augen gestellt und somit nur die gleichmäßige Innervation erlernt wird. Eine mögliche ungleichmäßige Stellung würde mit großer Wahrscheinlichkeit gegen ein angeborenes, beide Augen stets gleich innervierendes Konvergenzzentrum sprechen. Die Thatsache, daß bei den doppelseitigen Lähmungen in fast allen Fällen auch die assoziierten Seitenwendungen der Interni geschädigt oder ganz aufgehoben waren, kann für eine doppelte Innervation der Interni nicht mit Sicherheit verwertet werden. MOEBIUS¹ glaubt allerdings aus diesem Grunde, die doppelseitige angeborene Abducenslähmung von der einseitigen als gänzlich verschieden trennen zu müssen, eine Annahme, die bereits KUNN entschieden zurückweist. Denn daß die Interni in den betreffenden Fällen als Seitenwender wirklich „gelähmt“ waren, erscheint nach den Versuchen A. GRAEFES doch recht unwahrscheinlich. GRAEFKE konnte, allerdings nur bei sehr sorgsam angestellten Versuchen resp. nach langer Einübung, eine Thätigkeit eines jeden Inter-

¹ Über angeborene doppelseitige Abducens-Facialislähmung. *Münch. med. Wochenschr.* XXXV. No. 6. 7. 1888. — Auch *Neurol. Beitr.* Heft 4. S. 115.

nus für sich, wenn auch in abgeschwächtem Maße, erzielen, also Innenwendung eines Auges ohne die des anderen. Er erklärte¹ das Verhalten der Interni bei angeborener doppelseitiger Abducenslähmung damit, daß „beim Linkssehen sozusagen der linke Externus, beim Rechtssehen der rechte Externus die Initiative zu ergreifen pflegt. Sind diese beiden Muskeln paralytisch, so folgt Patient oft ohne weiteres nicht der Aufforderung, nach links oder rechts zu sehen, auch wenn er dies mit dem normal innervierten, assoziiert wirkenden Rectus internus vermag“.

MOEBIUS warf ein, daß man nach dieser Auffassung doch eigentlich erwarten müsse, daß bei den gewöhnlichen angeborenen Abducenslähmungen einer Seite der Internus der anderen Seite beim Seitwärtssehen geschwächt erschiene. Dieser Einwurf, welchen auch KUNN zurückweist, erscheint mir nicht gerechtfertigt. Die fehlende resp. mangelhafte Thätigkeit der Interni als Seitenwender bei angeborener doppelseitiger Abducenslähmung rührt nicht davon her, daß die entsprechende Innervation überhaupt unmöglich ist, sondern nur daher, daß sie infolge des Nichtgebrauches mangelhaft oder gar nicht geübt wird, also nur eine Folge der Nichtausbildung der entsprechenden Willensintention ist. Da, wie KUNN überzeugend nachweist, in den meisten einschlägigen Fällen wahrscheinlich Binokularsehen bestand, mußten bei einseitiger Seitenwendung sofort Doppelbilder auftreten. Infolge der dadurch gesetzten Störungen wurde sie eben stets unterdrückt und durch eine Kopfdrehung ersetzt. Bei einseitiger Abducenslähmung wird die assoziierte Bewegung des Internus nach der Seite des wirksamen Externus geübt und damit auch die Fähigkeit der entsprechenden gegenseitigen Innervation gegeben, auch wenn diese in der Regel nicht angewandt wird. Einübung einer Seite überträgt sich ja fast stets auch auf die andere Seite. Sehen wir doch sogar bei der komplizierten Bewegung des Schreibens, daß wir ohne weiteres im stande sind, mit der linken Hand Spiegelschrift zu schreiben, also die der rechten Hand entsprechende Innervation der linken zu finden. Wie viel eher muß bei den einfachen Seitenbewegungen des Auges die Innervation für die eine Seite sich auf die andere übertragen. Für

¹ S. MOEBIUS l. c. S. 127.

diese Auffassung spricht ja auch, daß GRAEFÉ nach Einübung eine ziemlich ausgiebige einseitige Bewegung der Augen nach innen erzielen konnte, und ferner der Umstand, daß in den meisten Fällen diese Bewegungen bei Verdecken des einen Auges leichter und ausgiebiger erfolgten. Die bei Offenstehen beider Augen auftretenden Doppelbilder bilden natürlich ein Gegengewicht gegen die ohnehin nicht kräftige Intention zum

Seitwärtssehen und paralysieren diese gleichsam. Fällt dieses Hindernis bei Verdecken des einen Auges fort, so wird die Willensintention zur einfachen Seitenwendung sozusagen reiner und mithin kräftiger einwirken können.

Bezüglich des oben mitgeteilten Falles erübrigt es noch, auf die eigentlichen Verhältnisse der Akkommodation und Konvergenz und ihrer gegenseitigen Verbindung näher einzugehen. Wenn die Augen auf ein nahes Objekt eingestellt sind, muß man, wie oben gezeigt, unter Voraussetzung der gleichmäßigen Innervation eine Innervation der Adduktorengruppe annehmen und kann es hier auch innerhalb des Bereiches des Binokularsehens, ausgenommen, wenn das fixierte Objekt sich genau vor dem rechten Auge befindet. Während diese Innervation aber in der Medianebene und nach links davon genau

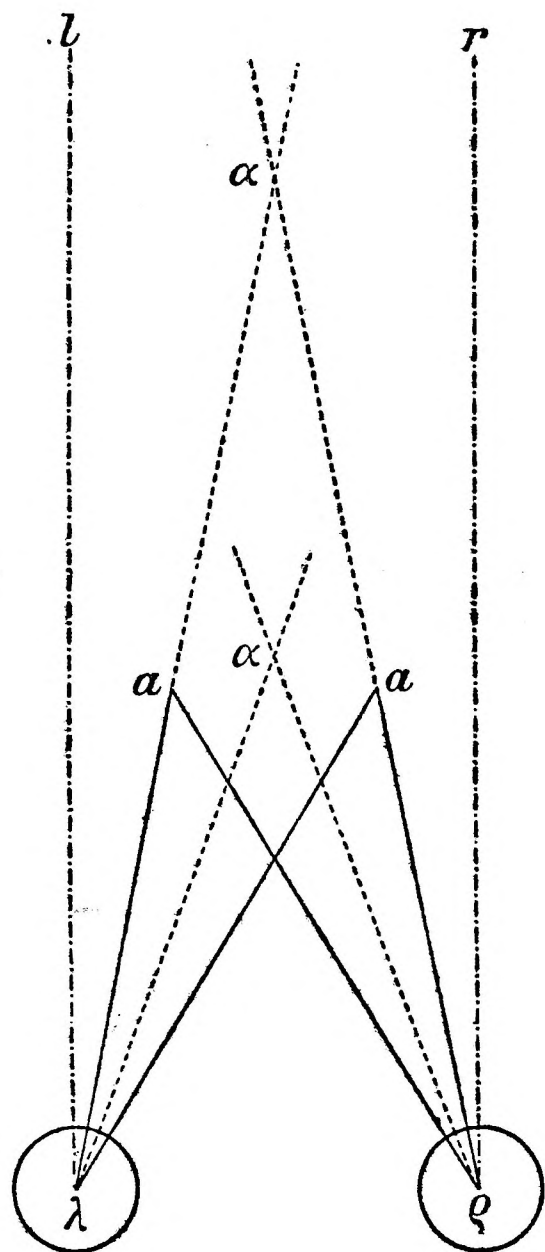


Fig. 9.

den normalen Verhältnissen entsprechen würde, müßte bei einem rechts von der Medianebene befindlichen Objekte trotz gleicher Akkommodation eine andere Konvergenzinnervation stattfinden, als bei dem symmetrisch gelegenen Punkte links, nämlich links nach αl , rechts aber nach αr (Fig. 9). Ferner müßten sich rechts mit der gleichen Konvergenzinnervation die verschiedensten Akkommodationsgrade verknüpfen können. Denn (Fig. 10) die Konvergenzinnervation muß aus den oben (Seite 119) dargelegten Gründen dieselbe sein, mag der Punkt

a oder der Punkt a' fixiert werden. Wenn sich nun gar das Objekt vor dem rechten Auge oder noch weiter rechts befindet (Fig. 11), so verknüpft sich die Akkommodation überhaupt nicht mehr mit der Konvergenz, sondern mit der reinen Seitenwendung, und zwar können mit einer und derselben Innervation der Rechtswender die verschiedensten Akkommodationswerte sich verbinden.

Nun konnte aber HERING, seiner ganzen Auffassung entsprechend, nur einen Zusammenhang zwischen Akkommodation und Konvergenz, also Innervation der beiden Adduktoren, annehmen, mußte aber einen Zusammenhang zwischen Akkommodation und einfacher Seitenwendung ausschließen. „Nur dann also“, sagte er,¹ „wenn zum Zwecke der Näherung des Blickpunktes beide Interni gleichzeitig innerviert werden, erfolgt auch die Innervation zur Akkommodation der Augen, während mit der Innervation der Seitwärtswender sich keinerlei Akkommodationsänderung desjenigen Auges verknüpft, dessen Internus dabei innerviert ist“, und ferner²: „Es besteht also kein Zusammenhang zwischen der Kontraktion des inneren Geraden eines Auges und seiner Akkom-

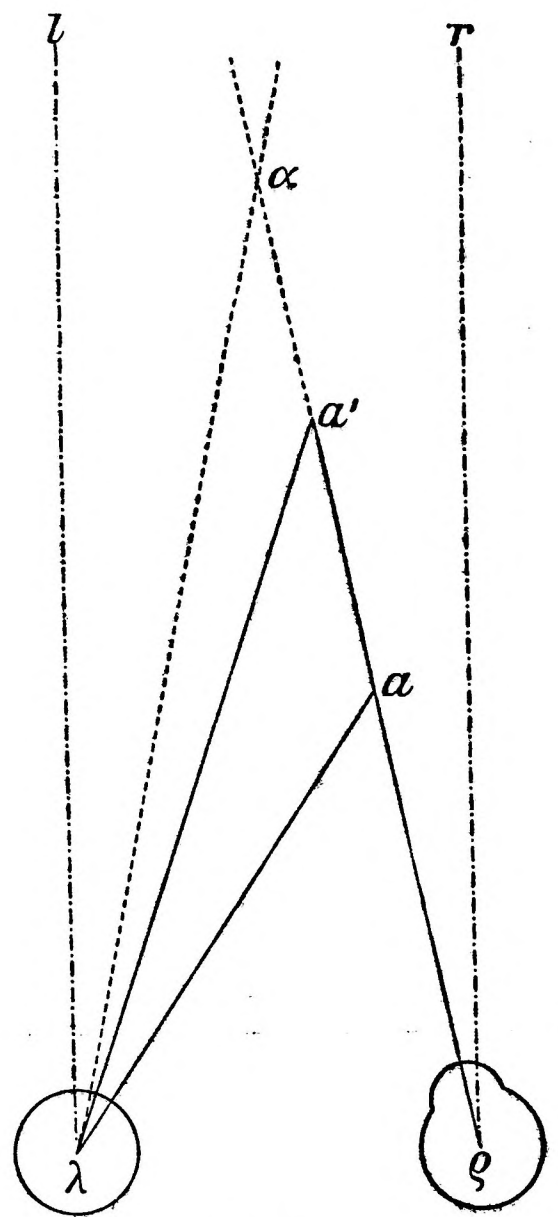


Fig. 10.

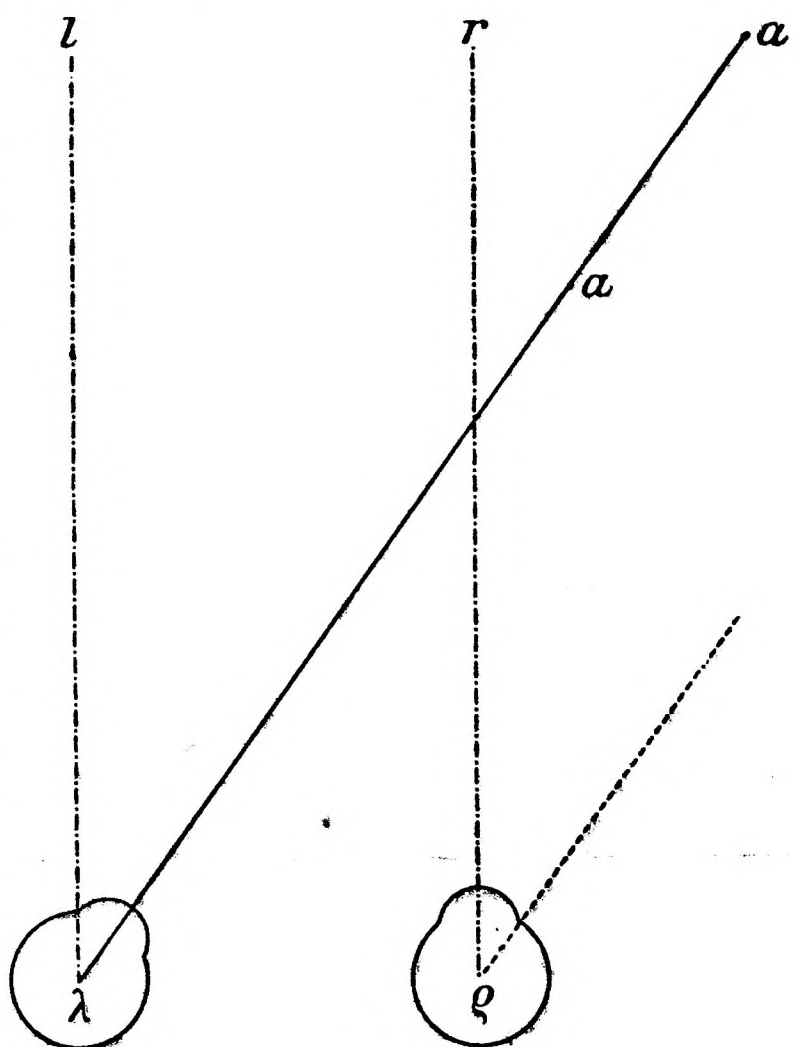


Fig. 11.

¹ *Lehre vom binokularen Sehen.* S. 135.

² *Ibid.* S. 136.

modation, wohl aber zwischen der Innervation der Adduktorengruppe und der Innervation der Akkommodationsmuskeln des Doppelauges.“

Die obige Betrachtung zeigt, wie wenig Allgemeingültigkeit dieser Behauptung zukommt, und sie legt ferner sehr nahe, daß, wenn diese Lehre für ein normales Muskelsystem zutreffend ist, dies lediglich eine Folge der Übung ist, aber nicht in einer angeborenen Einrichtung seinen zwingenden Grund haben kann.

Nun kann aber eine festere Verbindung zwischen Akkommodation und Rechtswendern nicht gut bestehen, da mit jedem Grade der Rechtswendung jeder Grad von Akkommodation sich verknüpfen kann. Andererseits läßt sich zeigen, daß ebensowenig eine festere Verbindung zwischen Akkommodation und Adduktorengruppe vorhanden ist. Dagegen spricht ja schon, daß bei Fixation eines nahen, nach rechts gelegenen Gegenstandes das rechte Auge nicht nach innen abweicht; dann mit absoluter Sicherheit das Abweichen des verdeckten linken Auges bei stärkerer Akkommodation. Denn würde dessen Innenstellung durch eine Innervation der Adduktorengruppe bewirkt, so müßte ja auch das rechte Auge aus seiner fixierenden Stellung nach innen abweichen, da eine Korrektion durch den Externus, wie bei normalem Muskelsystem, nicht möglich ist. Wollen wir durchaus eine gleichmäßige Innervation beider Augen aufrecht erhalten, so müßten wir für diese Konvergenzstellung des linken Auges eine Einwirkung der Akkommodation auf die Rechtswender in Anspruch nehmen. Die häufige, aber stets viel schwächere Innenstellung des verdeckten rechten Auges, wenn das fixierende linke zu starker Akkommodation gezwungen wird, läßt sich natürlich unmöglich durch eine Einwirkung auf die Linkswender erklären. Denn abgesehen davon, daß es höchst merkwürdig wäre, wenn die — auf beiden Augen unter allen Umständen gleichmäßige — Akkommodation das eine Mal die Rechtswender, das andere Mal die Linkswender beeinflussen würde, ist diese Annahme schon darum unmöglich, weil durch die Innervation der Linkswender auch das linke Auge aus seiner fixierenden Stellung nach außen abgelenkt würde. Will man nicht eine gleichzeitig stattfindende Innervation der Rechtswender annehmen, welche das linke Auge in seiner Stellung erhalten, das rechte jedoch nicht wieder zurückführen würde, so müßte eine gleichzeitige Thätigkeit der Ad-

duktorengruppe stattfinden. Diese ist aber nicht allein aus den vorher dargelegten Gründen nicht anzunehmen; es dürfte wohl auch erwartet werden, daß bei der gleichzeitigen Wirkung der Linkswender und der Adduktorengruppe, also einer doppelten Innervation des rechten Internus, das rechte Auge sich in viel hochgradigere Konvergenz stellen würde, jedenfalls in stärkere, als das verdeckte linke, auf welches nur die Rechtswender einwirken können, während doch gerade das Gegenteil der Fall ist.

Wie wir oben für die Überwindung der abducierenden Prismen als annehmbarste Erklärung ein einseitiges Aufgeben der Internusinnervation fanden, so können wir hier fast nicht umhin, eine Wirkung der Akkommodation auf jeden Internus für sich, nicht aber auf eine Adduktorengruppe, anzunehmen. Daß diese Einwirkung auf einer oder auf beiden Seiten gehemmt werden kann, ist begreiflich. Bei Fixation mit beiden Augen wird also die Anspannung der Interni nur durch die Einstellung der Fovea auf das Objekt bestimmt. Wird ein Auge verdeckt, so kann sich auf seinen Internus die Einwirkung der Akkommodation geltend machen, während sie für den Internus des offenen Auges durch den Fixationszwang paralysiert wird, sodaß dann also eine rein einseitige Innervation stattfindet.

Die eigentümliche Erscheinung, daß das verdeckte linke Auge weit mehr abweicht, als das verdeckte rechte, ist so auch eher verständlich, als bei Annahme eines von der Akkommodation beeinflussten, beide Interni gleich stark innervierenden Konvergenzzentrums. Die minimale Differenz in der Hypermetropie beider Augen (ca. 0,25 Dioptr.) kann wohl kaum dafür in Anspruch genommen* werden. Vielleicht hängt die stärkere Einwirkung der Akkommodation auf den linken Internus mit der an und für sich schon bestehenden Neigung des linken Auges zur Innenstellung zusammen.

Müssen wir eine Adduktorengruppe resp. ein von Anfang an bestehendes, beide Interni stets gleichmäÙig innervierendes Konvergenzzentrum ausschließen, so ist auch die oben aufgestellte Behauptung, daß die Augenbewegungen in der Medianebene und nach links nach der von HERING gegebenen Darstellung erfolgen, fraglich. Viel leichter verständlich werden alle beobachteten Erscheinungen, wenn wir jedem Auge seine eigene Innervation zuschreiben, die natürlich von derjenigen des

anderen Auges nicht ganz unabhängig ist, vielmehr durch sie beeinflusst wird, mit der sie aber nicht in zwangsmäßiger Weise verbunden ist.

Sollte aber, so unwahrscheinlich es ist, auch hier eine stets gleichmäßige Innervation beider Augen stattfinden, so könnten wir doch nicht umhin, die für jede Stellung erforderliche Innervation als erlernt zu betrachten. Und da nichts für sonstige Anomalien spricht, vielmehr anzunehmen ist, daß, mit Ausnahme der Abducenslähmung, das mit den Augen in Verbindung stehende Muskel- und Nervensystem einem vollkommen normalen ganz gleich ist, so scheint mir der besprochene Fall eine wertvolle Stütze der HELMHOLTZschen Ansicht auch für normale Verhältnisse zu sein, daß den anatomischen Einrichtungen keine zwingende Wirkung innewohnt.
