

Ueber parallele Rollbewegungen der Augen.

Von

Dr. M. E. Mulder.

Hierzu Tafel IV.

I. Rollbewegungen bei seitlicher Neigung des Kopfes.

Bekanntlich leitete Alexander Hueck*) aus der veränderten Richtung der Blutgefäße der Conjunctiva bulbi her, dass das Auge bei Neigung des Kopfes nach der rechten oder linken Schulter sich in entgegengesetzter Richtung um seine Längsaxe dreht, in der Weise, dass der verticale Meridian vertical bleibt. Donders**) zeigte, dass das Nachbild eines verticalen Bandes die Bewegung, selbst bei der geringsten Neigung des Kopfes mitmacht, worin der Beweis liegt, dass der verticale Meridian bei Neigung des Kopfes nach der rechten oder linken Schulter unverzüglich seine verticale Stellung

*) Alexander Hueck. Die Axendrehung des Auges. Dorpat, 1838.

**) Donders. Ned. Lancet 1846—47, pag. 110 ff. Holländische Beiträge zu den anat. und physiol. Wissenschaften 1846, pag. 117 ff.

verliert, und dass in Folge dessen die Behauptung von Hueck nicht richtig sein kann. Indessen fand Javal*), dass bei hochgradigen Astigmatikern die Haltung des Kopfes nicht ohne Einfluss auf die Correktion mittels Cylindergläser ist und schloss hieraus, dass Hueck in Wirklichkeit Recht hatte. Seine Versuche bewiesen jedoch nur, dass das Auge der Neigung nicht vollkommen folgt. In diesem Sinne fasste Helmholtz**) die Entdeckung von Javal denn auch sogleich auf und überzeugte sich durch Nachbilder, dass eine geringe Rollbewegung im Sinne von Hueck wirklich vorkommt.

Der Grad der Rollbewegung wurde nun ferner, unabhängig von einander, nach verschiedenen Methoden durch Alexander Skrebitzki***) und Nagel†) untersucht, durch den erstern im physiologischen Laboratorium zu Utrecht. Beide fanden sie proportional der Neigung, Skrebitzki in dem Verhältniss von 1:10, Nagel in dem von 1:6. Nagel fand ferner, dass die Art und Weise, wie die Neigung zu Stande gekommen war, ohne Einfluss war. Weiter experimentirte Donders††) mit parallelen Gesichtslinien und Woinow†††) bei verschiedenen Convergenzgraden, ohne dass ein Einfluss hier an den Tag trat.

*) *Traité théorique et pratique des maladies des yeux*, par L. Wecker. Paris 1866. Tome II, p. 815.

**) *Optique physiologique*. Traduite par Emile Javal et Klein, p. 671.

***) Ein Beitrag zur Lehre von den Augenbewegungen. A. f. Ophth., B. XVII, Abth. I, p. 107. Verslag v. h. Ned. Gasthuis v. Ooglijders 1870, p. 186.

†) Ueber das Vorkommen von wahren Rollungen des Auges um die Gesichtslinie. Arch. f. Ophth., B. XVII, Abth. 1, p. 237.

††) Klin. Monatsblätter 1871, pag. 389.

†††) Beiträge zur Lehre von den Augenbewegungen. Arch. f. Ophth. B. XVII, Abth. 2, p. 233 u. Klin. Monatsbl. 1871, pag. 387.

Unlängst trat nun Breuer*) mit der Behauptung auf, dass Hueck doch wohl Recht haben könnte, insofern, dass geringe Neigungen des Kopfes durch eine entgegengesetzte Drehung des Auges vollständig aufgewogen würden.

Mit wie viel Sorgfalt diese verschiedenen Untersuchungen auch angestellt worden waren, die Methoden waren nicht tadelfrei und die Ergebnisse mussten an Genauigkeit zu wünschen übrig lassen. Aus diesem Grunde ersuchte mich Prof. Donders, den Gegenstand nochmals in die Hand zu nehmen und zwar mit Anwendung eines von ihm angegebenen Apparates, dessen Beschreibung wir sogleich folgen lassen.

Unser Apparat besteht aus dem Bogen a b c (vgl. Tafel IV, Fig. 1), der mittels einer Hülse d um eine horizontale Axe drehbar ist, während die Grösse dieser Drehung abgelesen werden kann auf dem Gradbogen e e, mit Hilfe des Zeigers f, der sich gleichzeitig mit dem Bogen bewegt. Durch Drehung des Stiftes l nach rechts kann der Bogen in jeder Stellung festgehalten werden, um durch Drehung nach links seine Beweglichkeit wieder zu erlangen. Dies wird dadurch bewirkt, dass die Axe d (Fig. 2), um welche der Bogen sich dreht, nach vorn conisch zuläuft; hierdurch wird die Bewegung gehemmt, wenn der Bogen ein wenig nach hinten gedrückt wird. Dies geschieht nun, wie aus den Figuren deutlich zu ersehen ist, wenn man mittels des Stiftes l die Schraube n nach rechts dreht.

Die horizontale Axe d ist mit der eisernen Stange g verbunden, die wiederum mittels einer Klemmschraube

*) Ueber die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Med. Jahrbücher, I. Heft, 1874.

(Fig. 3 K) an einem feststehenden Tisch T befestigt ist, so dass der Apparat vollständig unbeweglich steht.

An dem Stab h h (Fig. 1) ist ein Mundhalter m befestigt, mit Abdruck des Gebisses des Untersuchers. Dieser Mundhalter kann auf verschiedene Weisen bewegt werden:

1) Kann er sich um den Stab h h als Axe drehen, und durch die Schrauben n und o festgestellt werden.

2) Kann er sich drehen nach rechts und links um eine lothrecht auf der vorigen stehende Axe und durch die Schraube p festgestellt werden.

3) Kann er nach rechts und links verschoben werden längs des Stabes h h.

Ferner kann derselbe zugleich mit dem Stabe h h durch die Schrauben q q nach oben und unten bewegt werden, während schliesslich dadurch, dass man das eine Paar Schrauben mehr versetzt, als das andere, der rechte Theil etwas höher gestellt werden kann, als der linke, und umgekehrt.

Der Zweck dieser verschiedenen Bewegungen ist der, dass der Untersucher, während er den Mundhalter zwischen den Zähnen geklemmt hält, den Kopf in die Primärstellung bringen und darnach zur Seite neigen kann um eine horizontale Axe, die senkrecht auf der Mitte der Grundlinie steht, d. h. derjenigen Linie, die die Drehpunkte der beiden Augen miteinander verbindet.

Um diesen verschiedenen Anforderungen zu genügen, muss zunächst der Apparat so gestellt werden, dass die Axe der Hülse d horizontal ist; dies ist erreicht, wenn sich der Bogen a c b beim Runddrehen in einer vertikalen Ebene bewegt. Darauf nimmt man den Mundhalter in den Mund und stellt den Kopf so, dass die Augen eben so hoch wie die Axe des Instruments liegen, und die Verlängerung dieser Axe die Grundlinie in der Mitte schneidet.

Um dies genau auszuführen, wurde auf ungefähr 1 Meter Abstand ein horizontaler und ein verticaler Faden ausgespannt, deren Kreuzungspunkt *k* (Fig. 3) gerade in der Verlängerung der Axe der Hülse *d* lag. In einem Abstände von 6 Meter wurden auf der Wand noch ein verticaler und ein horizontaler Faden ausgespannt, die einander ebenfalls in der Verlängerung der genannten Axe kreuzten. Wenn man nun den Mundhalter so lange nach oben oder unten bewegt, bis dass die beiden horizontalen Fäden, abwechselnd mit dem rechten und linken Auge visirt, sich decken, dann liegt erstens die Grundlinie horizontal und zweitens in derselben Höhe wie die Axe des Apparats. Diese wird zugleich die Grundlinie in der Mitte schneiden, wenn der erste Faden, mit dem rechten oder linken Auge visirt, in gleichem Abstände von der zweiten verticalen Linie gesehen wird, was man durch Verschiebung des Mundhalters nach rechts oder links erreichen kann.

Es kommt nun nur noch darauf an, dem Kopf die richtige Neigung nach vorn oder hinten zu geben und zu bewirken, dass das Gesicht nicht nach rechts oder links abweicht. Der ersten dieser Anforderungen ist genügt, wenn das Nachbild eines verticalen Bandes beim Blick vertical nach oben und unten, oder horizontal nach rechts und links, seine Richtung nicht ändert. Der Kopf steht dann in der Primärstellung.

Um Abweichungen des Gesichts nach rechts oder links auszuschliessen, genügt es, sich selbst in einem kleinen Spiegel zu sehen, der in einigem Abstände senkrecht auf die Axe des Apparates angebracht wird. Scheinbar genauere Methoden, die auf der Projection des Abstandes der Augen auf die Fläche des genannten Spiegels, oder auf der von Halbbildern beruhten, ergaben keine grössere Genauigkeit.

Wir beschränkten uns daher auf die Anordnung nach

dem Augenmaass; übrigens schien eine kleine Abweichung im genannten Sinne ohne Einfluss auf die Ergebnisse zu sein.

Jetzt hat man dem Kopf die beabsichtigte Stellung gegeben: er steht nämlich, wenn der Zeiger auf Null gestellt ist, in der Primärstellung und dreht sich bei Neigung nach rechts oder links um eine horizontale Axe, die lothrecht auf der Mitte der Grundlinie steht.

Es war nothwendig bei der Bestimmung der Rollbewegung von dieser richtig definirten Kopfstellung auszugehen, weil der Einfluss, den die eine oder andere Abweichung von dieser Stellung ausübt, noch nicht bekannt ist und erst darnach untersucht werden kann.

Die Untersuchung geschah im Uebrigen bei parallelem Stande der Gesichtslinien, nach der bereits früher von Donders angewandten Methode.

In einer Entfernung von etwa 6 Meter wurde ein grosser weisser Schirm aufgestellt von 1,5 Meter Durchmesser (Fig. 3), dessen in der Axe d gelegenes Centrum c als Fixationspunkt diente. In der Mitte dieses Schirmes wurde Anfangs ein gefärbtes Band vertical aufgehängt, das oben durch eine Klammer lose befestigt war, so dass es durch einen Gehilfen plötzlich weggezogen werden konnte, nachdem es lange genug fixirt worden war. Das Nachbild wurde dann durch Neigung des Kopfes einer Schnur parallel gestellt, die, ebenfalls durch das Centrum des Schirmes gehend, unter einem bekannten Winkel ausgespannt werden konnte. Da jedoch die auf diese Weise erhaltenen Nachbilder wegen des grossen Abstandes und der nicht allzeit gleich guten Beleuchtung ziemlich schwach waren und für die Versuche zu kurze Zeit anhielten, so wurde diesem Uebelstand in einer andern Weise abgeholfen, die viele wesentliche Vortheile ergab.

Aus dem Schirm wurde nämlich ein horizontaler 1 cm. breiter und 7 decim. langer Streifen ss' ausgeschnitten, der durch den Fixirpunkt lief, und dahinter eine Gasröhre mit etwa 20 Gasflammen angebracht. Der Grund, weshalb ein horizontaler und kein verticaler Streifen gewählt wurde, lag darin, dass die Beleuchtung auf diese Weise eine bessere war. Waren nämlich die Gasflammen über einander gestellt, so würden die obersten wegen der aufsteigenden erwärmten Luft stark hin und her bewegt, was eine Störung in der Lichtlinie hervorrief. Nach Belieben kann man nun noch, um gleichmässigere Beleuchtung zu erlangen, vor dem Spalt ein mattes Glas anbringen oder auch ein durchscheinendes gefärbtes Band. Es wurden nun stets scharfe, hinreichend anhaltende Nachbilder erzielt, die für die Versuche genügten.

Es verdient noch bemerkt zu werden, dass die Gasleitung so eingerichtet war, dass der Beobachter, nachdem er lange genug fixirt hatte, durch Druck auf einen im Bereiche seiner rechten Hand befindlichen Krahn die Gasflammen plötzlich auf ein Minimum reducirte, so dass allein das Nachbild übrig blieb und er nichts von dem erleuchteten Streifen gewahr wurde.

Um nun die Versuche anzustellen, geht man folgendermaassen zu Werke. Nachdem man den Zeiger des Apparats auf 0° gestellt hat, nimmt man den Mundhalter in den Mund und fixirt bei brennenden Gasflammen die Mitte des erleuchteten Streifens. Glaubt man lange genug fixirt zu haben (15—20 Secunden), so werden durch Druck auf den Krahn die Gasflammen beinahe ausgelöscht. Gleich darauf erscheint das Nachbild, welches man nun durch Neigung des Kopfes nach rechts oder links mit der Schnur, die unter einem bestimmten Winkel ausgespannt ist, zusammenfallen lässt und dann

den Bogen nach der beschriebenen Weise feststellt. Hiermit ist der Versuch beendet*).

Bis auf 50° wurden die Versuche in sitzender Haltung angestellt, von 50° bis 90° in stehender, da wir sitzend den Kopf nicht so stark neigen konnten. Die Ablesung geschah regelmässig 10 Sekunden nach vollbrachter Neigung des Kopfes zur Seite.

Unsere Ergebnisse weichen von denen früherer Forscher ab. Im Allgemeinen wurde gefunden, dass die Rollbewegung ungefähr proportional der Neigung des Kopfes zunahm: bei mir dagegen besteht diese Proportionalität nicht. Die folgende Tabelle giebt das Verhältniss an, wie es bei mir als Mittel aus 16 Beobachtungen für jeden Neigungsgrad gefunden wurde.

Rechts		Links.	
Neigung des Kopfes.	Bleibende Rollbewegung.	Neigung des Kopfes.	Bleibende Rollbewegung.
$12^\circ 35$	$2^\circ 35$	$11^\circ 93$	$1^\circ 93$
$24^\circ 03$	$4^\circ 03$	$23^\circ 61$	$3^\circ 61$
$35^\circ 07$	$5^\circ 07$	$34^\circ 72$	$4^\circ 72$
$45^\circ 82$	$5^\circ 82$	$45^\circ 67$	$5^\circ 67$
$56^\circ 16$	$6^\circ 16$	$55^\circ 72$	$5^\circ 72$
$66^\circ 13$	$6^\circ 13$	$65^\circ 93$	$5^\circ 93$
$76^\circ 62$	$6^\circ 62$	$76^\circ 15$	$6^\circ 15$
$86^\circ 52$	$6^\circ 52$	$86^\circ 04$	$6^\circ 04$
$96^\circ 62$	$6^\circ 62$	$96^\circ 15$	$6^\circ 15$

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die Rollbewegung bei mir nach einer Neigung des Kopfes von

*) Da es viel schwieriger ist zu beurtheilen, ob das Nachbild mit einer Linie zusammenfällt oder einer dicht dabei liegenden Linie parallel ist, so wurde stets die letzte Methode angewandt. Hierzu wurde auf 2 cm. Abstand vom Centrum des Schirmes, zugleich senkrecht auf die Richtung der Schnur, ein Fixirpunkt angebracht; dieser geringe Abstand konnte auf die Stellung der Nachbilder keinen Einfluss haben.

mehr als 50° fast nicht mehr zunimmt und auch bereits von Anfang an der Neigung des Kopfes nicht proportional ist.

Bei Dr. Küster, der die Güte hatte, diese Versuche gleichfalls anzustellen, war das Verhältniss, wie folgt:

Rechts.		Links.	
Neigung des Kopfes.	Bleibende Rollbewegung.	Neigung des Kopfes.	Bleibende Rollbewegung.
$14^\circ 62$	$4^\circ 62$	$14^\circ 45$	$4^\circ 45$
$26^\circ 89$	$6^\circ 89$	$26^\circ 58$	$6^\circ 58$
$38^\circ 06$	$8^\circ 06$	$37^\circ 23$	$7^\circ 23$
$48^\circ 81$	$8^\circ 81$	$48^\circ 72$	$8^\circ 72$
$58^\circ 59$	$8^\circ 59$	$59^\circ 29$	$9^\circ 29$
$69^\circ 48$	$9^\circ 48$	$69^\circ 95$	$9^\circ 95$
$80^\circ 69$	$10^\circ 69$	$80^\circ 91$	$10^\circ 91$
$90^\circ 45$	$10^\circ 45$	$90^\circ 60$	$10^\circ 60$
$101^\circ 22$	$11^\circ 22$	$101^\circ 02$	$11^\circ 02$

Bei der graphischen Darstellung erhalten wir die folgenden Curven, deren Abscissen die Neigung des Kopfes angeben, die Ordinaten die dieser Stellung entsprechende Rollbewegung.

Fig. 1.
Mulder.

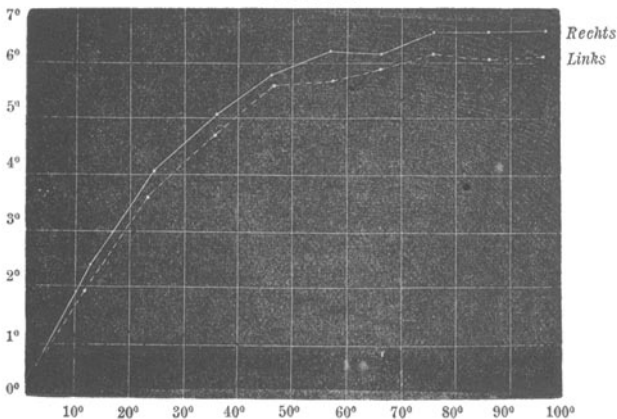
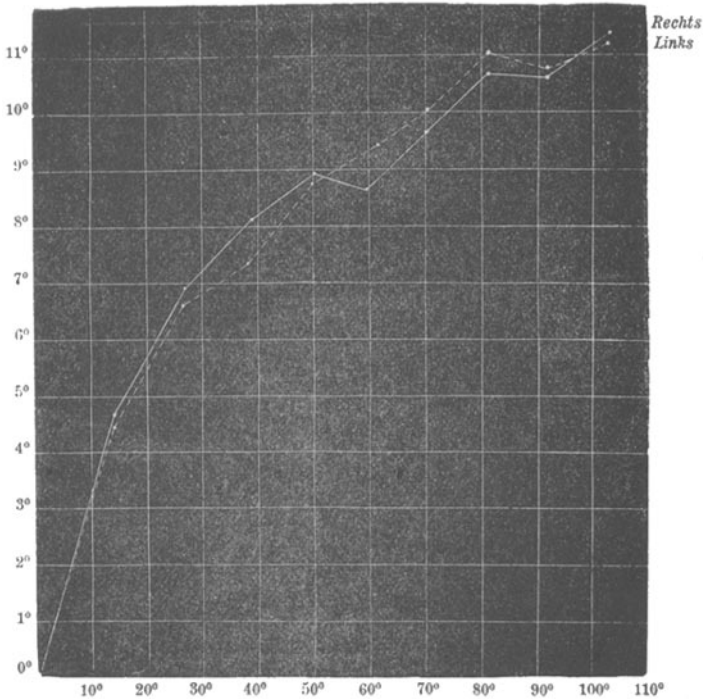


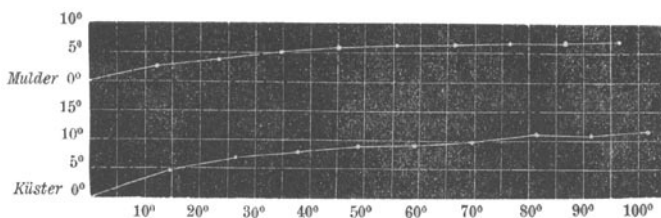
Fig. 2.

Küster.



Bei Dr. Küster scheint daher im Allgemeinen die Rollbewegung stärker zu sein, als bei mir, mit noch grösserer Abweichung von der Proportionalität. In Figur 1 und 2 sind, um den Gang genauer zeichnen zu können und anschaulicher zu machen, für die Ordinaten zehnmal grössere Maasse angenommen, als in Wirklichkeit vorkommen. Wir lassen nun als Fig. 3 die Abbildung der Curven folgen, wie sie wirklich sind, wo demnach die Längen der Abscissen die Neigungen des Kopfes, die Längen der Ordinaten die entsprechenden Rollbewegungen nach gleichem Maassstabe vorstellen.

Fig. 3.



Was die Umstände angeht, die auf die Grösse der Rollbewegung Einfluss haben, so können wir unsere Ergebnisse hierüber in wenigen Worten zusammenfassen.

Zunächst konnten wir keinen Unterschied finden zwischen den Versuchen, die in sitzender, und denen die in stehender Haltung angestellt wurden; im Mittel war die Grösse stets gleich, was auch aus dem gleichmässigen Gang der Curven hervorgeht, die aus, theils in sitzender, theils in stehender Haltung (nämlich von 50° bis 90°) angestellten Versuchen zusammengestellt wurden.

Ausserdem war kein Unterschied in der Grösse bei Beugung des Halses allein oder bei gleichzeitiger Beugung des Halses und Rumpfes, so dass wir den bereits früher aufgestellten Satz bekräftigen können, dass die Grösse der Rollbewegung lediglich abhängt von der Neigung des Kopfes, auf welche Weise sie auch zu Stande gekommen sein mag (Nagel).

Eine andere Frage ist die, ob die Rollbewegung bei derselben Kopfstellung unter gleichen Umständen unveränderlich dieselbe ist?

Unsere zu verschiedenen Tageszeiten und auch an verschiedenen Tagen angestellten Versuche führten als Mittel aus 20 Beobachtungen stets ungefähr zur selben Grösse. Dagegen konnten die Beobachtungen unter einander, jede für sich genommen, manchmal ziemlich verschieden sein. Der Unterschied stieg bei mir einige Male in derselben Reihe auf ungefähr 2°, meiner An-

sicht nach mehr, als der Ungenauigkeit in der Einstellung zugeschrieben werden mag.

Grösser noch als bei mir war der Unterschied bei Dr. Küster, bei dem er einige Male 3° 5 betrug, so dass wohl Grund vorhanden ist, anzunehmen, dass gewisse Schwankungen vorkommen.

Indessen muss bemerkt werden, dass bei langandauernder Uebung der Unterschied (zumal bei Dr. Küster) stets kleiner wurde, was deutlich aus 80 von Dr. Küster angestellten Beobachtungen mit gleicher Abweichung der Nachbilder (40° links) hervorging, zwischen welchen Beobachtungen insgesamt der Unterschied nicht mehr als 1° 4 betrug. Die folgenden Ziffern geben das Mittel an, jedesmal aus zehn Beobachtungen:

49° 7	48° 82	48° 96	48° 98
48° 85	48° 89	48° 91	48° 84.

Ob die Abnahme der Unterschiede grösserer Genauigkeit in der Einstellung oder grösserer Regelmässigkeit in der Rollbewegung selbst zugeschrieben werden muss, wage ich nicht zu entscheiden: vielleicht tragen beide Umstände dazu bei.

Weder bei Dr. Küster noch bei mir hatte eine Abweichung des Antlitzes nach rechts oder links (bis zu 20°) einen merklichen Einfluss, ebensowenig eine Abweichung des Kopfes nach vorn oder nach hinten. Da der Apparat jedoch keine grosse Abweichung von dieser Stellung zulies, wage ich nicht zu entscheiden, ob grössere Abweichungen einigen Einfluss haben würden.

Wir kommen jetzt zu der Frage, ob die Rollbewegung bestehen bleibt, wenn man lange Zeit hindurch den Kopf zur Seite hält, es sei in sitzender oder liegender Haltung. Von Nagel wird zwar angegeben, dass auch in liegender Haltung Rollbewegung vorkommt und er schreibt sogar das unangenehme Gefühl, welches einige Patienten nach einer Augenoperation bei lang-

andauerndem Liegen auf der Seite empfinden, der permanenten Contraction der beiden Obliqui zu, aber diese Ansicht hat er nicht bewiesen.

Es war uns bereits aufgefallen, dass während der Zeit, in der das Nachbild sichtbar bleibt (zuweilen eine Minute lang), keine Veränderung wahrzunehmen ist; doch da diese Zeit viel zu kurz ist, mussten wir uns nach einer andern Methode umsehen und es lag auf der Hand, nach dem Vorgange von Nagel, den Astigmatismus zu Hilfe zu nehmen.

Ein ziemlich intelligenter Patient mit einem Ash von $\frac{1}{8}$ schien dazu geeignet zu sein; die Ergebnisse waren jedoch nicht befriedigend. So viel ergab sich indessen, dass die Rollbewegung selbst nach 20 Minuten, wenn auch vermindert, doch sicherlich nicht verschwunden war. Um nun mehr Sicherheit zu erlangen, machten wir von Nachbildern Gebrauch, indem wir dabei von folgender Schlussfolgerung ausgingen:

Wenn man einige Zeit den Kopf zur Seite hält und in dieser Stellung ein Nachbild des horizontalen Streifens erzeugt, dann wird, wenn die Rollung um die Gesichtaxe schon verschwunden war, das Nachbild an einen Netzhautmeridian gebunden sein, der mit dem horizontalen Meridian einen Winkel bildet von derselben Grösse wie der Neigungswinkel des Kopfes. War jedoch die Rollung um die Gesichtslinie noch gänzlich oder theilweise vorhanden, dann wird der Winkel zwischen beiden Meridianen um eine gleiche Anzahl von Graden kleiner sein. Wenn man demnach den Kopf wieder gerade richtet, so wird das Nachbild, falls das Auge seine ursprüngliche Stellung in der Orbita wieder einnimmt, im ersten Falle ebensoweit im entgegengesetzten Sinne von der Horizontalen abweichen müssen, als der Kopf zur Seite gehalten war, im zweiten Falle einen kleinern Winkel damit bilden.

Nach dieser Methode lässt sich daher untersuchen, ob die Rollung um die Gesichtsxaxe durch fortgesetzte Neigung des Kopfes geändert wird.

Ich hielt meinen Kopf kürzere oder längere Zeit z. B. 35° nach rechts; bei dieser Stellung beträgt meine Rollbewegung ungefähr 5° und muss das Nachbild daher, wenn ich den Kopf wieder gerade richte, parallel der Schnur sein, die unter einem Winkel von 30° mit der Horizontalen im entgegengesetzten Sinne ausgespannt war. Es zeigte sich nun, dass dies auch wirklich der Fall war.

Dasselbe Ergebniss erhielten Dr. Küster und ich in stehender und sitzender Haltung auch bei andern Kopfstellungen und es war hierdurch also bewiesen, dass nach 15 Minuten die Rollung um die Gesichtslinie noch nicht merkbar abgenommen hatte.

Auch in liegender Haltung wiederholte ich mit Dr. Küster diese Versuche. Wir legten uns auf ein flaches Bett, das derartig vor den Apparat gestellt worden war, dass wir den Mundhalter in den Mund nehmen und genau die Neigung unseres Kopfes ablesen konnten. Nach Ablauf von 45 Minuten erzeugten wir ein Nachbild, schoben das Bett schnell zur Seite und stellten das Nachbild auf die ausgespannte Schnur ein.

Jetzt zeigte sich, dass die Rollung um die Gesichtsxaxe ein wenig vermindert war. Während dieselbe unter gewöhnlichen Verhältnissen bei einer Neigung von 86° bei mir 6° beträgt, zeigte sich, dass nach 45 Minuten die Rollung auf $5^\circ 2$ reducirt war. Bei Dr. Küster hatte sie um 2° abgenommen. Bei $90^\circ 6$ Kopfneigung beträgt seine Rollbewegung ungefähr $10^\circ 6$, nach 45 Minuten nur $8^\circ 5$.

Gegen diese Methode lässt sich allein das einwenden, dass das Auge beim Aufrichten des Körpers, vielleicht

nicht sogleich wieder seine correspondirende Stellung in der Orbita einnimmt. Wir erwidern darauf, dass die Nachbilder in unsern Versuchen noch geraume Zeit nach dem Uebergang zur aufrechten Stellung, in günstigen Fällen eine Minute, sichtbar bleiben und während dieser Zeit ihre Richtung nicht ändern, was sicherlich zu erwarten wäre, falls das Auge eine ungewohnte Stellung in der Orbita eingenommen hätte.

Alles Obenstehende hat Bezug auf die Rollbewegung, die einer bestimmten Kopfstellung bei seitlicher Neigung eigen ist. Ausser dieser bleibenden oder beständigen Rollbewegung entdeckten wir eine vorübergehende, die nicht mit der Kopfstellung verbunden ist, sondern sich der Bewegung zugesellt, um, nachdem diese abgelaufen, schnell zu verschwinden.

Ich hatte bereits viele Versuche angestellt, als ich bemerkte, dass die Ergebnisse ansehnlich verschieden waren, je nach der Schnelligkeit, mit der das Nachbild eingestellt wurde. Bei schnellem Einstellen, d. h. bei schneller Ausführung der Kopfneigung bis zu dem Grade, dass das Nachbild der Schnur parallel war, musste ich den Kopf mehr zur Seite neigen, als bei langsamem Einstellen, und dieser Unterschied wurde mir bei grösserer Uebung deutlicher und deutlicher. Es schien daher zuerst, als ob sich bei mir die Grösse der Rollbewegung bei geneigter Kopfstellung langsam verminderte, und man konnte an die Möglichkeit denken, dass sie bei langandauerndem Verbleiben in dieser Stellung gänzlich verschwinden würde.

Eine nähere Untersuchung lehrte in der That, dass das Auge, wenn der Kopf einigermassen schnell zur Seite geneigt wird, nicht sogleich folgt, sondern durch entgegengesetzte Drehung um die Gesichtsaxe ansehnlich zurückbleibt, um jedoch, sobald der Kopf still steht, so

weit zu folgen, dass nur die bleibende Rollbewegung, so wie sie oben angegeben wurde, zur Wahrnehmung kommt.

Wir haben daher eine vorübergehende und eine bleibende Rollbewegung zu unterscheiden. Die erstere hält nur einen Augenblick an und ist nach 1 bis 2 Sekunden bereits wieder gänzlich verschwunden. Dass diese Beobachtung früher noch nicht gemacht worden ist, braucht nicht Verwunderung zu erregen, wenn man bedenkt, dass man, um sie gut zu constatiren, Gelegenheit haben muss, schnell und sicher um eine bestimmte Axe die Drehung auszuführen und im Stande sein muss, in der erlangten Drehstellung den Kopf zu fixiren. Ausserdem muss man lange an den Gebrauch von Nachbildern gewöhnt sein. Anfangs verschwindet, ja doch meistens das Nachbild bei schneller Neigung des Kopfes und kommt erst wieder zum Vorschein, wenn man den Kopf einige Augenblicke still hält: dann ist jedoch die vorübergehende Rollbewegung bereits verschwunden und nur noch die bleibende vorhanden.

Die Grösse dieser vorübergehenden Rollbewegung betrug bei mässiger Neigung für mich zwischen 10° und 15° . Um ein Nachbild um 20° zu drehen, musste ich bei langsamer Bewegung meinen Kopf ungefähr 24° zur Seite neigen, was andeutet, dass die bleibende Rollbewegung in diesem Falle $24^\circ - 20^\circ = 4^\circ$ beträgt. Bei ziemlich schneller Bewegung hingegen ist mein Kopf bereits zwischen 35° und 40° zur Seite geneigt, bevor das Nachbild um 20° gedreht ist. Es folgt hieraus, dass das Nachbild beim Stillhalten des Kopfes in dieser Stellung einen Winkel von beziehungsweise 10° und 15° mit der auf 20° gestellten Schnur bildet.

Die Grösse dieser vorübergehenden Rollbewegung fand ich bei mir für verschieden grosse Bewegungen

ungefähr gleich, wenn die Schnelligkeit dieselbe war; der richtige Betrag liess sich jedoch begreiflicher Weise schwierig bestimmen.

Während es mir allmählig leichter und leichter wurde, mich von dem Bestehen der vorübergehenden Rollbewegung zu überzeugen, selbst bis zu dem Grade, dass ich jedes geradlinige Nachbild bei seitlicher Neigung des Kopfes noch einige Augenblicke nachdrehen sah, war es jedoch schwierig, sie auf diese Weise bei andern zu constatiren.

Selbst Dr. Küster, der alle übrigen Versuche in Betreff der bleibenden Rollbewegung wiederholt hat, hat die vorübergehende nie auf diese Weise wahrnehmen können. Im Gegentheil kam es ihm zuweilen vor, als ob das Auge bei schneller Bewegung des Kopfes eine kleinere Rollbewegung machte als bei langsamer.

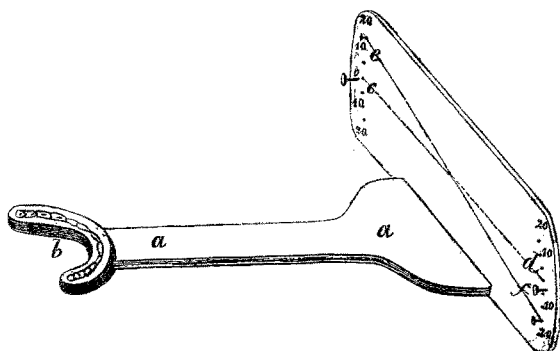
Auch Prof. Donders, der die Güte hatte, die Versuche zu wiederholen, war nur zum Theil überzeugt. Er erhielt zwar bei schnellem Einstellendurchgehends grössere Werthe als bei langsamem, selbst bis auf 10° Unterschied; aber es blieben ihm fast immer einige Zweifel, ob er den Kopf wohl stillgehalten und die Klemmschraube im richtigen Moment, als das Nachbild die Schnur erreichte, festgestellt hätte.

Da demnach diese Methode so schwer zur Ueberzeugung führte, sah ich mich nach einer andern um. Im Anfang setzte ich einige Hoffnung auf entoptische Bilder der Linse, die bereits von Prof. Donders beim Studium der Augenbewegungen in Anwendung gezogen waren. In meinen Erwartungen, an diesen noch eine Drehung zu bemerken, wenn der Kopf nach einer schnellen Bewegung bereits stille stand, wurde ich jedoch getäuscht.

Ich kehrte nun zu den Nachbildern zurück, folgte jedoch einer andern Methode.

Den kleinen angewandten Apparat giebt die folgende Figur wieder.

Fig. 4.



Er besteht aus einem Stab, *a a*, ungefähr 25 cm. lang, mit einer Vorrichtung an dem einen Ende zum Fassen mit den Zähnen, während an dem andern Ende und zwar senkrecht darauf ein kleiner Schirm befestigt ist. Nimmt man den Apparat bei *b* zwischen die Zähne, so wird das Nachbild eines farbigen Papierstreifens, der parallel der Linie *c d* befestigt werden und entfernt werden kann, bei Neigung des Kopfes nach rechts oder links mit dieser Linie einen Winkel bilden, dessen Grösse sich mittels der Schnur *e f*, die unter verschiedenen Winkeln mit *c d* ausgespannt werden kann, bestimmen lässt.

Man kann auf diese Weise leicht das Maximum der Abweichung finden, und ist nun diese grösser als bei ruhiger Stellung des Kopfes, so ist die Differenz der vorübergehenden Rollbewegung zuzuschreiben.

Der Unterschied zwischen dieser und der vorigen Methode ist leicht ersichtlich: — dort musste man schnell den Kopf stillhalten im Augenblick, wo man glaubte

das Nachbild der Schnur parallel zu sehen; hier hat man nichts Anderes zu thun als sich zu überzeugen, dass beide noch zusammenfallen können. Auf diese Weise konnte ich bei mir selbst deutlich sehen, dass das Nachbild zuweilen mehr als 20° (Maximum 22°) zurückblieb, um beim Stillstande einen Winkel von nicht mehr als 6° zu bilden.

Auch Prof. Donders konnte deutlich eine Abweichung zwischen 15° und 20° wahrnehmen und sehen, dass das Nachbild beim Stillhalten des Kopfes langsam sich anschickte einen kleinern Winkel zu bilden.

Es musste nun unser Streben sein, uns auch objectiv an Anderen von der vorübergehenden Rollbewegung zu überzeugen und dies gelang uns auch an denjenigen, die subjektiv mit Hilfe von Nachbildern schwer zum Ziel gelangt wären. Wir dürfen daher annehmen, dass die Erscheinung der vorübergehenden Rollbewegung allgemein ist. Der Kopf der untersuchten Person kann sich dabei activ oder passiv bewegen. Die passive Bewegung geschieht am besten in der Weise, dass man seine beiden Hände an die Schläfen derjenigen Person legt, die man zu untersuchen wünscht. Falls diese keinen Widerstand leistet, kann man dabei die Bewegungen so schnell ausführen und so weit ausdehnen, als man wünscht, und die untersuchte Person hat auf weiter nichts zu achten, als auf die ununterbrochene Fixation eines entfernten Punktes. Diese passive Bewegung liefert dem Beobachter den Vortheil, dass er auf den Augenblick des Stillhaltens des Kopfes vorbereitet, dem bewegten Auge bereits folgen und im Augenblick des Stillstehens mit voller Aufmerksamkeit die Erscheinung beobachten kann. Man überzeugt sich auf diese Weise leicht, dass das Auge, bei jeder einigermaßen schnellen Neigung, zeitweilig mehr zurück geblieben war als in seiner bleibenden Stellung; es folgt,

auch bei ziemlich geringer Neigung, um eine grössere oder kleinere Anzahl von Graden, indem es sich um die Gesichtssachse in der Richtung dreht, in der der Kopf zur Seite geneigt worden war. Es giebt kaum Personen, bei denen das eine oder andere Auge nicht eine Arteria ciliaris anterior darbietet, deren Verhalten zum Augenspiegel nicht einen passenden Beobachtungsgegenstand bildet, wenige, bei denen die Rollbewegung nicht auch an dem eigenartigen Netzwerk der Iris deutlich zu erkennen ist.

Dieselbe Beobachtung kann man machen, wenn man eine willkürliche Neigung ausführen lässt. Zuweilen wird man dann jedoch seinen Zweck verfehlen, weil der Blick nicht unmittelbar auf den richtigen Punkt gerichtet, die Aufmerksamkeit nicht auf den richtigen Moment concentrirt ist.

Am sichersten überzeugt man sich daher objektiv von dem Vorkommen der vorübergehenden Rollbewegung durch Selbstbeobachtung in einem Spiegelchen, das sich zwischen die Zähne gefasst, zugleich mit dem Kopfe bewegt. Diese Beobachtung kann bei parallelen und bei convergenten Gesichtslinien angestellt werden.

Bei parallelen Gesichtslinien sieht nur ein Auge sich selbst in einem kleinen Spiegel, während das andere neben dem Spiegel auf eine entfernte Wand von ziemlich gleichmässigem Aussehen gerichtet ist. Hierbei kann sich ein starker Myop eines gewöhnlichen ebenen Spiegelglases bedienen, das in halbem Abstände des Fernpunktes angebracht, dem Auge ein scharfes Bild von sich selbst darbietet.

Bei geringgradiger Myopie, sowie bei Emmetropie und Hypermetropie genügt der Planspiegel nicht mehr und man muss eine positive Linse vor den Spiegel kleben oder lieber, wie mir Prof. Donders rieth, eine biconvexe Linse (ein gewöhnliches, nicht abgeschliffenes

Brillenglas), die auf einer Seite versilbert ist, als Spiegel gebrauchen. Auf diese Weise kostete es mich nicht die mindeste Mühe, mich von der vorübergehenden Rollbewegung bei parallelen Gesichtslinien wiederholt und mit Sicherheit zu überzeugen. Bei einer seitlichen Neigung von 25° ist sie bereits deutlich, noch deutlicher bei einer von 45° und mehr. Auf diese Weise hatte ich mich zuerst objektiv von dem Bestehen der vorübergehenden Rollbewegung überzeugt. Man braucht die Bewegung nicht schnell auszuführen. Man kann eine Sekunde Zeit zur Neigung verwenden; die vorübergehende Rollbewegung verschwindet dann ziemlich vollständig im Laufe der folgenden Sekunde, mit fast gleichmässiger Geschwindigkeit.

Prof. Donders wiederholte den Versuch bei sich selbst. „Ich neigte den Kopf zur Seite“ so drückte er sich aus „bis eine arteria ciliaris gerade hinter dem Augenlide verschwand, und stillhaltend sah ich sie mehr als 0,5 mm. zurücktreten; wenn ich nun aus der geneigten Stellung wieder in die senkrechte überging, kam das Gefäss weit über dem Augenlide zum Vorschein, um wieder 0,5 bis 1 mm. zu sinken“.

Dies letzte ist sehr wichtig. In der That ist das Zurückbleiben des Auges, wenn man aus der geneigten Stellung in die vertikale übergeht, oft noch deutlicher festzustellen, als bei umgekehrter Bewegung. Und dies geschieht trotzdem dass das Auge in Folge der Neigung bleibend in der entgegengesetzten Richtung abgewichen war. Es ist daher klar, dass das Auge das Streben hat, bei jeder Veränderung der Kopfneigung die erlangte Stellung, wobei es sich im Raume orientirt hat, zu behaupten.

Was wir hier objektiv beobachteten, hatte sich uns auch bereits bei der subjektiven Untersuchung mit Nachbildern offenbart.

Man kann ferner an sich selbst eines seiner Augen

bei Convergenz im Spiegel beobachten. Bringt man den Spiegel in der Mitte senkrecht auf der Medianebene an, dann sind bei symmetrischer Convergenz die beiden Augen einander zugekehrt, was Verwirrung hervorruft und die Erkennung von Einzelheiten unmöglich macht. Man muss daher den Spiegel so anbringen, dass z. B. das rechte Auge sich selbst wahrnehmen kann, das linke weder sich selbst noch das rechte. Das rechte sieht dann sich selbst im doppelten Abstände des (Plan-) Spiegels und das linke wird, hierfür accommodirend, eine hinreichend entsprechende Convergenz annehmen. Bei seitlicher Neigung bleibt die Richtung der Gesichtslinie in Bezug zum Kopf unverändert und es besteht kein Grund, eine Veränderung der Richtung der linken anzunehmen. — Hierbei zeigt sich nun ebensowohl, wie bei den Versuchen mit parallelen Gesichtslinien, dass ausser der bleibenden Rollbewegung eine vorübergehende vorkommt, die daher durch Convergenz nicht ausgeschlossen wird.

Eine andere Erscheinung, die uns mit der vorübergehenden Rollbewegung in enger Verbindung zu stehen scheint, hat besonders unsere Aufmerksamkeit auf sich gelenkt; wir meinen die kleinen zuckenden nystagmischen Bewegungen, die dem Herüberneigen des Kopfes sich zugesellen. Bei Hueck ist, wie man weiss, bereits die Rede von einer oder mehreren zuckenden Bewegungen, denen er eine colossale Ausdehnung zuerkennt, so dass das um 25° bis 27° gedrehte Auge durch eine derartige Zuckung plötzlich seine Stellung in der Orbita wieder einnehmen soll. Unsere Beobachtung weicht hiervon so sehr ab, dass wir zweifeln möchten, ob Hueck dieselbe Erscheinung vor sich gehabt hat, da an eine andere gedacht werden könnte. Auch Nagel spricht von kleinen nystagmischen Zuckungen, die bei Ungeübten sich zur seitlichen Neigung gesellen sollen. Nach unserer Er-

fahrung kommen sie bei Allen vor ohne Unterschied, bei Geübten und Ungeübten. Ich habe zwanzig Personen darauf hin untersucht und fand sie bei Prof. Donders und bei mir, die zu den Geübten gehören, wohl etwas weniger entwickelt, aber doch auch deutlich vorhanden. Am deutlichsten wahrzunehmen und auch wohl am stärksten entwickelt sind sie bei langsamer Neigung. Jeder Ruck hat den Charakter einer Rollbewegung nach der Seite der Neigung. Augenscheinlich war daher das Auge mehr nach der entgegengesetzten Seite um seine Axe gedreht und man kann sich schwerlich eine andere Vorstellung bilden, als dass das Auge die Neigung hatte, seine Stellung dem Raum gegenüber durch Rollbewegung so viel wie möglich aufrecht zu erhalten, aber mit der zunehmenden Rollbewegung insufficient wurde und ruckweise sich der normalen Stellung in der Orbita anbequeme. Beim Schluss jeder Zuckung scheint es, als ob es in entgegengesetzter Richtung zurückspränge, so schwach jedoch, dass wir darin nichts Anderes sehen, als die schnelle Wiederaufnahme der gewöhnlichen Rollbewegung, entsprechend der unterdessen zunehmenden Neigung. Die Anzahl Stösse für eine seitliche Neigung von 40° bis 50° schwankt von zwei und drei bis zu sechs, acht und mehr. Ueberhaupt sind die Zuckungen um so grösser, je weniger zahlreich sie sind. Trotz der partiellen Mitbewegung und der ruckweisen Herstellung der Rollbewegung constatirten wir am Ende der Neigung stets noch eine ziemlich ansehnliche Rollbewegung, die zum Theil schnell als vorübergehende verschwindet, zum Theil als beständige Rollbewegung andauert.

Bei der entgegengesetzten Bewegung des Kopfes, aus der geneigten in die aufrechte Stellung wurden dieselben Zuckungen, oft sogar kräftiger und deutlicher wahrgenommen, stets wieder in der Richtung der Kopfbewegung. Und doch bleibt, wie wir oben gesehen haben,

beim Stillhalten in der aufrechten Stellung eine ziemlich grosse vorübergehende Rollbewegung übrig, so dass das Streben des Auges, seine Stellung gegenüber der Aussenwelt zu behaupten, bei der Rückkehr zur aufrechten Stellung besonders stark zu Tage tritt.

Wir gaben bereits zu erkennen, dass wir glaubten, eine Verbindung annehmen zu dürfen zwischen der vorübergehenden Rollbewegung, die am Schluss der Kopfbewegung übrig bleibt und den während dieser Bewegung wahrgenommenen Zuckungen. Nach der gegebenen Beschreibung scheint diese Verbindung kaum mehr einer Erklärung zu bedürfen. In der That stellt sich heraus, dass beim Herüberneigen jedes Mal eine derartige vorübergehende Rollbewegung bestehen bleibt, die dann ruckweise aufgehoben wird und am Schlusse bleibt eine letzte zurück, die noch nicht reif war für die Zuckung und nun langsamer verschwindet. Wir wollen hiermit nicht behaupten, dass jeder Ruck die vorübergehende Rollbewegung für die erreichte Stellung ganz aufheben soll. Wir glauben viel eher das Gegentheil und finden dies durch die unterdessen regelmässig zunehmende Neigung grossentheils erklärt. Aber wohl glauben wir, dass bei jeder Person eine nähere Verbindung besteht zwischen den Zuckungen und der vorübergehenden Rollbewegung, dass z. B. bei mir selbst die schwache Entwicklung der Zuckungen in Verbindung steht mit der grossen vorübergehenden Rollbewegung, die im Augenblick des Stillstandes des Kopfes vorhanden ist. Von der letzteren haben wir gesehen, dass sie sich an den Nachbildern erkennen lässt, wo ich sie selbst zuerst angetroffen habe.

Wie verhalten sich in letzterer Hinsicht die nystagmischen Zuckungen?

Hinreichend deutlich bemerkt man davon an den Nachbildern nichts.

Einige erklärten die ruckenden Bewegungen zu fühlen; Prof. Donders gab sie sogar an und glaubte im Augenblick des Ruckes ein Schwanken in dem ununterbrochenen Fixiren desselben Punktes zu verspüren, was er bei aufrecht stehendem Kopf ohne Anstrengung minutenlang, auch ohne zu zwinkern, aushalten kann. Aber weder in den Nachbildern noch an den thatsächlich vorhandenen Gegenständen wurden die ruckenden Bewegungen erkannt. Es ist ja freilich ebenso bei krankhaftem Nystagmus. Dieser stört die Wahrnehmung und bei der Stellung der Augen, die ihn auf ein Minimum reducirt, nimmt die Sehschärfe zu*); aber Bewegungen des fixirten Objectes und des Raumes im Allgemeinen werden nicht gesehen.

Oben beschrieben wir die nystagmischen Zuckungen, so wie man sie bei hinreichend parallelen Gesichtslinien wahrnimmt. Untersucht man sie nun bei Convergenz der Gesichtslinien, so findet man sie äusserst schwach. Die Convergenz, die sich uns auf die vorübergehende Rollibewegung ohne Einfluss zeigte, wirkt deutlich unterdrückend auf die ruckweisen Bewegungen. Ich glaube mich überzeugt zu haben, dass auch bei gewöhnlichem Nystagmus unter dem Einflusse der Convergenz die Zuckungen gewöhnlich abnehmen. Man kann diesen Einfluss der Convergenz nun auch bei Andern deutlich nachweisen. Bei willkürlich im Raum Convergirenden kann man den Kopf nach einander nach links und rechts neigen lassen, ohne dass sich deutliche Zuckungen entwickeln. Auch überzeugt man sich ohne Mühe, dass die Zuckungen, wenn man das fixirte Object in der Medianebene mehr und mehr nähert, während unablässig nach rechts und links neigende Bewegungen abwechseln, bei Annäherung des Objectes sich vermindern, um schliesslich gänzlich zu

*) Vergl. Baumeister, Arch. f. Opth. Bd. XIX. 1, p. 261.

verschwinden. Schliesslich kann man einen an dem Mundstück befestigten Punkt bei grosser oder geringer Convergenz fixiren lassen und sieht nun wie die Zuckungen ausbleiben, beziehungsweise sich vermindern.

Kann man nun, sowie die vorübergehenden Rollbewegungen, auch die Zuckungen nach der oben beschriebenen Methode an sich selbst im Spiegel wahrnehmen?

Dies glückt in keinem Falle. Auch bei parallelen Gesichtslinien sind sie im Spiegel nicht zu sehen.

Anfänglich vermutheten wir, dass während der Zuckungen die Fixation, und damit die Wahrnehmung aufgehoben sei. Aber auch bei Andern überzeugten wir uns, dass sie während der Fixation im Spiegel fast gänzlich ausbleiben. Es folgt demnach hieraus, dass das ununterbrochene Ansehen des auch ohne Convergenz sich spiegelnden Auges die Zuckungen aufhebt. Die oben beschriebenen Versuche lehrten jedoch, dass auch die Convergenz allein im Stande ist, diese Bewegungen, wenn sie vorhanden sind, zu unterdrücken.

II. Analoge Bewegungen des Auges.

Jedem Versuch, eine Einsicht in die Bedeutung der Rollbewegung zu erlangen, muss eine Betrachtung analoger Bewegungen, strenger, unter übereinstimmenden Bedingungen stattfindender Bewegungen vorausgehen.

Rollbewegungen kommen unter sehr verschiedenen Verhältnissen vor. Convergenz geht mit Rollbewegung einher, die auch an dem Auge sichtbar ist, dessen Gesichtslinie dabei ihre Richtung nicht ändert. Bei Bewegung um die horizontale Querachse nach oben findet regelmässig eine geringe Rollbewegung nach aussen, bei der nach unten eine geringe Rollbewegung nach innen Statt. Zum

Zwecke der stereoskopischen Combination werden, wenn die Bilder für das rechte und linke Auge nicht parallel sind, unwillkürlich Rollbewegungen von einigen Graden ausgeführt. — In all diesen Fällen ist die Rollbewegung indessen von ganz anderer Art, als die in dem vorigem Abschnitt beschriebene. Sie ist nämlich eine symmetrische, d. h. für das eine Auge eine entgegengesetzte als für das andere, beiderseits nach innen oder beiderseits nach aussen. Bei der Rollbewegung, von der früher die Rede war, ist dagegen die Richtung eine parallele, für beide Augen findet eine Drehung nach rechts oder links statt.

Augenscheinlich liegen diesen beiden Formen sehr verschiedene Innervationen zu Grunde. Die Rollbewegung nach innen geschieht durch den musculus rectus superior und obliquus superior, die nach aussen durch den musculus rectus inferior und obliquus inferior. Die genannten Muskeln wirken mit Spannkraften, die einander in der Queraxe aufheben und einander in der Gesichtsaxe unterstützen. Bei der symmetrischen Rollbewegung ist nun die Innervation bei beiden Augen dieselbe, bei der parallelen hingegen eine entgegengesetzte. Wir finden hier demnach denselben Unterschied wieder, wie er zwischen einer symmetrischen Convergenz der Augen besteht und einer Wendung derselben nach der rechten oder linken Seite. Der Unterschied ist sehr wesentlich. Er schliesst jeden Gedanken aus, die symmetrische Rollbewegung in Analogie mit der parallelen zu bringen.

Wie in dem ersten Abschnitte erwähnt wurde, hat Nagel gefunden, dass beim Liegen auf dem Rücken eine Drehung um die vertikale Körperaxe Raddrehung hervorruft. Sein Astigmatismus lieferte ihm das Mittel zu dieser Untersuchung. Wir wiederholten dieselbe mit Nachbildern, indem wir uns des beschriebenen Mund-

stückes bedienten und bestätigten ohne Mühe sein Resultat.

Hierbei ist die Rollbewegung in der That eine für beide Augen parallele.

Aber ist sie der früher beschriebenen analog, die der Neigung des Kopfes nach der Schulter hin eigen ist? — Sie ist ihr nicht analog, sondern sie ist dieselbe oder lieber noch ein direkter Ausfluss davon. Man wird dies auf der Stelle einsehen.

Der aufrechtstehende Körper kann, beispielsweise auf einem Brette, nach hinten über geneigt werden, bis er horizontal auf dem Boden liegt und jede Rollbewegung bleibt hierbei aus. Er kann ebenso zur Seite geneigt werden, bis er gleichfalls horizontal auf dem Boden liegt, aber nun auf der einen oder andern Seite, wobei der Kopf demnach auf einem der Ohren ruht, und hierbei kommt die früher beschriebene Rollbewegung vor, die mit seitlicher Neigung verbunden ist. Jetzt hat man nichts Anderes zu thun, als sich um die Längsaxe seines Körpers zu drehen, bis man flach auf dem Rücken liegt, um die vorhandene Rollbewegung zum Weichen zu bringen, und umgekehrt sich wieder zur Seite zu drehen, um sie wieder hervorzurufen. Man sieht daher, dass sie ein einfacher Ausfluss ist der mit der seitlichen Kopfneigung verbundenen. Aber unwichtig ist sie nicht, insofern, als sie uns lehrt, dass auch bei einer Bewegung der Augen in der Ebene der Netzhaut-Horizonte eine Rollbewegung vorkommen kann, kraft des Verbandes zwischen der Körperstellung und der Lage der Augen in der Orbita. Diese Erklärung schliesst ein, dass bei der Drehung um die vertikale Axe in liegender Haltung keine stärkere — vorübergehende — Rollbewegung vorkommen kann, und wir konnten eine derartige auch nicht constatiren.

Wirklich analog der durch uns im ersten Abschnitt beschriebenen ist

1. die Rollbewegung, die entsteht, wenn bei horizontal nach unten gerichteter Gesichtsfäche der Kopf in einer horizontalen Ebene hin und her bewegt wird. Diese Rollbewegung wurde von Breuer*) untersucht. Er stellte den Versuch in der Weise an, dass der Kopf bei nach unten gerichteter Gesichtsfäche sich um eine Axe dreht, die, senkrecht auf der Grundlinie stehend, von der Nasenwurzel nach dem Hinterkopf geht. Um dies zu erreichen, fixirte er auf der drehbaren Platte eines Tischchens ein Visirbrettchen von Helmholtz, in der Weise, dass das Mundstück senkrecht stand. Fasste er dies nun zwischen die Zähne, so war seine Gesichtsfäche der Tischplatte parallel und drehte er nun diese Platte nach rechts oder links um, so bewegte sich natürlich sein Kopf um die genannte Axe. „Wenn ich nun“, sagt er, „auf dem Tischchen ein liniirtes Papier befestige, mir ein lebhaftes und scharfes Nachbild verschaffe, etwa die Trennungslinie zwischen blau und orange, roth und grün, und dann die oben beschriebene Drehung mache, so sehe ich, dass dabei das auf das Papier projecirte Nachbild sich ausgiebig gegen die Linien dreht. Nach einer gewissen Drehung schwindet mir das Nachbild, dann finde ich es wieder in der Anfangsstellung, wenn es gelang die Fixation festzuhalten (was nicht immer leicht ist) u. s. w. Steht man still, so stellt sich das Nachbild in die Lage, wie vor der Drehung“. Um die Stärke dieser Rollbewegung zu bestimmen, befestigte er mit einem Stift, der gleichzeitig als Fixirpunkt diente, auf der Tischplatte eine Scheibe von ziemlich dunkelm Papier, worauf eine breite schwarze Linie gezogen war,

*) Ueber die Funktion der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Medicin. Jahrbüch. I. Heft 1874.

die durch den Stift lief. Hierüber wurde nun noch eine zur Hälfte mit roth, zur Hälfte mit grün bekleidete Scheibe gelegt; die Grenzlinie der Farben lief gleichfalls durch den im Mittelpunkt der Scheibe stehenden Stift. Er konnte nun durch Verschiebung der obern Scheibe die Grenzlinie und die schwarze Linie unter verschiedene Winkel bringen, und war sehr wohl im Stande, wenn nach langem Fixiren die obere Scheibe entfernt wurde, wahrzunehmen, ob beim Runddrehen das Nachbild die Linie erreichte. Er glaubt auf diese Weise Drehungen von beinahe 20° sicher constatirt zu haben.

Diese Versuche sind von uns sorgfältig wiederholt worden. Zuerst mit der oben beschriebenen drehbaren Tischplatte. Später änderten wir die Methode insofern, als wir den früher (s. S. 85) beschriebenen kleinen Apparat in den Mund fassten und den Kopf dermassen auf die Brust senkten, dass die Gesichtsfäche eine horizontale Lage annahm. Man kann dann, indem man die Füße in einem kleinen Kreise um den Fixirpunkt auf dem Boden verschiebt, eine Drehung des Kopfes um die gewünschte Axe erhalten, und ohne irgend ein Hinderniss selbst einige Male den Körper ganz umdrehen. Wir fanden nun bestätigt, dass die Drehung sogleich Rollbewegung hervorruft. Indem wir den Körper einige Male im Kreise drehten, erhielten wir als Maximum eine Rollbewegung von 22° . Was wir hingegen nicht sahen, ist das Verschwinden des Nachbildes: so lange als die Bewegung andauert, bleibt es, wie es scheint, mit langsamen Schwankungen unverändert abgewichen. Von einer vollständig compensirenden, wie Breuer sich vorzustellen scheint, stets ruckweise aufgehobenen Drehung konnten wir nichts wahrnehmen. Er scheint, wie sich noch näher zeigen wird, sich hierbei einen Vorgang vorzustellen, nach dem Muster der Schilderung von Hueck für seit-

liche Kopfneigungen, den wir oben glauben genügend widerlegt zu haben.

Nach Breuer kehrt das Nachbild beim Stillstehen zu seiner ursprünglichen Stellung zurück. So einfach fanden wir diese Rückkehr nicht. Hat man nach langer Drehung eine ansehnliche Abweichung erhalten, dann sieht man, wie sich unmittelbar beim Stillstehen das Nachbild ziemlich schnell der primitiven Stellung nähert, aber zugleich diese Stellung beträchtlich überschreitet, so dass eine sekundäre Rollbewegung in entgegengesetztem Sinne, beinahe von gleicher Stärke, wie die primäre, zu Stande kommt, worin das Auge einige Sekunden unverändert beharrt, um langsam, anfänglich mit zunehmender, später mit abnehmender Schnelligkeit zu der primären Stellung zurückzukehren, die dann nicht mehr überschritten wird. Bei starker Abweichung dauert der ganze Vorgang nicht weniger als 25 Sekunden. Im Anfang oder während des Vorganges kann man den Kopf aufrichten und gerade stellen, ohne den Vorgang zu stören: die sekundäre Abweichung tritt in gleicher Weise ein, um auch in gleicher Weise zu verschwinden.

Wie wir sagten, ist uns bei der zuletzt beschriebenen Drehung von zuckender Rollbewegung nichts aufgefallen. Aber auch bei seitlicher Neigung des Kopfes sind Zuckungen am Nachbild nicht wahrzunehmen. Sie möchten demnach auch hier vorkommen, ohne von uns bemerkt worden zu sein. Die Möglichkeit, sie an Andern zu untersuchen, wird durch die horizontale Stellung des Gesichts einigermaßen erschwert. Wir untersuchten unsere eigenen Augen mit der spiegelnden Linse. Das Resultat war, dass eigentliche Zuckungen nicht gesehen wurden, aber dass langsame Schwankungen vorkommen, so wie wir sie bereits an den Nachbildern bemerkt zu haben glaubten, sowohl während des Umdrehens, als nach dem Stillstehen, selbst noch bis in die Periode der

Rückkehr aus der sekundären Abweichung. Indessen kann diese Methode, wie wir sahen, die Zuckungen unterdrücken; in wie weit sie vorkommen, bleibt demnach unentschieden.

Eine bleibende Abweichung kommt bei der hier behandelten Drehung mit horizontaler Gesichtsfläche nicht vor. Dies ist sehr begreiflich, weil der Körper in seiner Gesamtheit, ohne relative Ortsveränderung seiner Theile, dem Raum gegenüber stehen bleibt und in Bezug zum Raum orientirt ist. Einen Grund zu bleibender Abweichung kann man sich daher nach der einen Seite so wenig denken, als nach der andern. Hiergegen ist die sekundäre Abweichung, bevor das Auge zur Ruhe kommt, als ein Ausfluss des Plateau'schen Gesetzes besser zu verstehen.

Wenn jedoch die Drehung nicht genau um die Axe zwischen Nasenwurzel und Hinterhauptsbein geschieht, sondern der Kopf zugleich hin und her bewegt wird, so dass die bezüglichliche Stellung der Körpertheile zu einander verändert wird, so darf man, ebenso wie bei seitlicher Neigung nach der Schulter, eine bleibende Rollbewegung erwarten, und sie ist in diesem Falle auch wirklich vorhanden.

Die Ergebnisse der beschriebenen Drehung unterscheiden sich von denen Breuer's: erstens, durch das Sichtbarbleiben des Nachbildes und durch das Ausbleiben von Zuckungen, wodurch es jedesmal wieder die ursprüngliche Stellung einnehmen soll; zweitens durch die sekundäre Abweichung. Jedoch giebt es noch einen dritten Unterscheidungspunkt. Breuer suchte auch das Verhältniss zwischen der compensirenden Rollbewegung und der Frontaldrehung zu bestimmen, was ihm jedoch nicht gelingen wollte. „Doch möchte ich *für sicher* halten“, sagt er, „dass das Verhältniss viel grösser ist als 1:6“. Wir widersprechen

dem nicht, aber betonen, dass das Verhältniss 1:6 das Maximum ist der *bleibenden* Abweichung, die bei seitlicher Neigung des Kopfes gefunden wird; und die *vorübergehende* Abweichung, von der hier die Rede ist, ist von ganz anderer Art, so dass eine Beziehung zwischen Drehung und Rollbewegung hier nicht denselben Sinn hat. Breuer fährt fort: „ich meine, dass kleine Kopfdrehungen *so gut als vollständig* corrigirt werden“. Und um die Climax zu vollenden: „*ich muss* somit Hueck *vollständig Recht* geben, wenn ich auch Drehungen von 28° nicht gesehen habe“. So ist aus „möchte“ und „grösser als 1:6“ nach ein paar Zeilen „muss“ und „vollständig“ geworden. Die Wahrheit ist die, dass bei seitlicher Neigung des Kopfes, sei sie gross oder klein, schnell oder langsam, das Nachbild unmittelbar der Neigung folgt und dass auch bei der zuletzt beschriebenen Drehung mit horizontaler Gesichtsfäche das Nachbild unter keinen Umständen seine absolute Stellung im Raume behält, so dass es feststeht, dass auch die vorübergehende Rollbewegung stets nur einen Theil compensirt. Nach Hueck soll selbst die Compensation der bleibenden, die nur den Bruchtheil von 10 bis 15 pCt. ausmacht, bis 28° vollständig sein. Wie kann da von einer Vertheidigung der Hueck'schen Behauptung die Rede sein?

2. In Verbindung mit der Rollbewegung in Folge von Drehung um eine Axe, die bei horizontaler Gesichtsfäche vertikal von der Nasenwurzel zum Hinterhauptbein läuft, müssen wir jetzt den Einfluss der Drehung um die vertikale Axe des Kopfes, bei aufrechter Stellung, verfolgen. Hierbei kann allein von einer Drehung des Auges um eine vertikale Axe nach dem innern oder äussern Winkel die Rede sein, und da diese Drehung in absoluterem Grade vom Willen beherrscht wird, wird jeder andere Drang zu dieser Bewegung sich weniger

deutlich offenbaren. Doch wird sich in genügender Weise zeigen, dass die bezweckten Bewegungen des Auges hier in allen Theilen ein analoges Verhalten darbieten, wie die Rollbewegung bei horizontaler Gesichtsfäche.

Ersucht man Jemand, den Kopf abwechselnd nach links und rechts zu drehen (die Geberde der Verneinung), so wird man beinahe ohne Ausnahme finden, dass das Auge diesen Bewegungen nicht vollkommen folgt. Es wird hin und her gehen, aber in geringerem Maasse und demnach durch Drehung in der Orbita die Kopfbewegung theilweise compensiren. Ein gleiches Resultat erhält man, wenn man sich hinter Jemand stellt und mit den auf die Schläfe gelegten Händen den Kopf eine derartige passive Bewegung ausführen lässt.

Wenn man mit dem starken Nachbilde einer direkt gesehenen Flamme vor Augen den Kopf, sei es mit geöffneten, sei es mit geschlossenen Lidern, hin und her bewegt, so überzeugt man sich auch ohne Mühe, dass die Augen weniger ausgedehnte Bewegungen zu machen pflegen, als der Kopf. Es ist nothwendig, dass man sich bei der Anstellung dieser Versuche bestimmt vorstellt, den Kopf zu bewegen, und durchaus nicht den einen oder andern in der Peripherie gelegenen und indirekt gesehenen Punkt zu fixiren. Im letztern Falle erhält man die umgekehrte Wirkung, dass nämlich die Augen in derselben Richtung, worin der Kopf sich bewegt, noch weiter gedreht werden. Um sich von dem hier Gesagten an sich selbst zu überzeugen und selbst auch das Verhältniss zwischen Kopf- und Augenbewegung zu bestimmen, kann man ein einfaches dünnes Stäbchen (z. B. einen Bleistift) zwischen die Zähne fassen, so dass er nach oben gerichtet ist und in der primären Stellung mit seinem Aussenende den Visirpunkt für das eine Auge abgiebt. Sucht man sodann einen peripher ge-

legenen Punkt zu fixiren, dann bleibt der Visirpunkt, der die Bewegungen des Kopfes mitmacht, deutlich hinter der Gesichtslinie zurück; nimmt man sich dagegen vor, den Kopf zu bewegen, so bleibt die Gesichtslinie hinter dem Fixirpunkt zurück (vergl. Ritzmann's Arbeit in diesem Heft).

Wenn man sich nun ferner einige Male nach einander durch Bewegung auf seinen Füßen um seine Längsaxe dreht, so sind die Bewegungen der Augen auch wieder analog der Drehung bei horizontaler Gesichtsfäche. Purkinje*) beschreibt bereits, wie dabei die Gegenstände anfänglich in relativer Ruhe verharren, „indem das Auge durch seine Bewegungen die sich vermöge der Drehung des Körpers immerfort ändernden Raumverhältnisse ausgleicht“. Jedoch ist die Compensation weniger vollkommen, „nur absatzweise, indem die Gegenstände jetzt bewegt, jetzt ruhend erscheinen“. Endlich hört auch dieser Streit auf; aber das Auge bleibt doch von Zeit zu Zeit an einigen Gegenständen schwach haften, so dass die Neigung zur Ausgleichung nicht gänzlich gewichen ist. Breuer nahm bei einer einzigen Umdrehung seines Körpers mittels der auf seine geschlossenen Augenlider aufgelegten Finger ungefähr 10 Stösse des Bulbus wahr. Mach**) wiederholte diese Versuche mit einem starken Nachbilde vor den Augen und constatirte dabei dasselbe. Er stellte sie auch bei passiver Umdrehung in einem geschlossenen Raume an: seine Finger nahmen dann die Zuckungen der geschlossenen Augen deutlich wahr. Weniger stark waren hingegen die eines Nachbildes bei geöffneten Augen.

Steht man nun still, so entwickelt sich das Gefühl,

*) Medic. Jahrbücher 1823.

**) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig 1875.

dass man in entgegengesetzter Richtung um seine Axe gedreht wird. Am deutlichsten zeigt sich dieses, wie Mach bemerkt, bei passiven Umdrehungen. Aber auch nach aktiven nimmt man es wahr, wenn man sich, wie Breuer rät, sogleich darauf in einen gut anschliessenden Lehnstuhl wirft. Dies Gefühl geht mit einer Neigung des Kopfes und vor allen Dingen der Augen einher, sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen, demnach in der Richtung, wohin die ursprüngliche Drehung des Körpers stattfand. Die Folge hiervon ist, dass bei einem gewöhnlichen Versuch, einen Gegenstand zu fixiren, die Blicklinien stets im Sinne der primitiven Drehung davon abweichen, was dann auch stets eine schnelle (zuckende) willkürliche Bewegung hervorruft, um ihn auf's Neue zu fixiren — Erscheinungen, die man an einem Andern wahrnehmen, und, wenn man den Versuch selbst anstellt, leicht analysiren kann*).

*) In dem jedesmaligen Abweichen des Auges von dem fixirten Punkt und dem willkürlichen, ruckweisen Zurückkehren wird im Allgemeinen der Grund des Gesichtsschwindels gesucht, den man nach wiederholtem Umdrehen um die Längsaxe empfindet. Mach glaubt indessen auch ohne Bewegung der Augen diesen Schwindel wahrzunehmen und beschreibt ihn nach dem, was er vor allem im geschlossenen Raum sah, mit folgenden Worten: „Es sieht so aus, als ob der ganze sichtbare Raum sich in einem zweiten Raum drehen würde, den man für unverrückt fest hält, obgleich letzteren nicht das mindeste Sichtbare kennzeichnet. Man möchte glauben“, so fährt er fort, „dass hinter dem Sehraum ein zweiter Raum steht, auf welchen ersterer bezogen wird“. Prof. Donders kann auch durch etwas fester gehandhabte Fixation die Abweichung und die zuckenden Bewegungen unterdrücken und behält dann doch die Vorstellung, dass der sichtbare Raum die Bewegung, wie während der Drehung um die vertikale Axe, fortsetzt — in gewissem Sinne, wie auf einem ausserhalb gelegenen Raume, denn er stellt sich nicht die ganze Welt als drehend vor. Als Hauptgrund für die Annahme der Augenbewegungen als Ursache des Gesichtsschwindels hat man angeführt, dass, wenn man unmittelbar nach dem Runddrehen einen naheliegenden Punkt unter starker

Die Neigung, die Augen nach dem Aufhören der Drehung in dem Sinne zu bewegen, in dem ursprünglich die Drehung stattfand, im entgegengesetzten Sinne demnach von dem, worin man glaubt, umgedreht zu werden, ist in Beziehung zu unserer Untersuchung vor allen Dingen von Wichtigkeit. Wir suchten daher nach einem Mittel, um sie deutlich und sicher zu constatiren und fanden ein solches in der scheinbaren Bewegung des Nachbildes einer starken Flamme, welches wir bereits vor dem Umdrehen als ein Merkmal im gelben Flecke angebracht hatten.

Werfen wir uns nun, nachdem wir uns einige Male schnell rundgedreht haben, mit geschlossenen Augen in einen Stuhl, so wird durch einen innern Drang das Nachbild, welches zurückgeblieben war, in wenigen Sekunden stark nach der Seite bewegt, wohin wir uns ursprünglich gedreht haben, bleibt hier einige Sekunden unbeweglich stehen und kehrt nun sehr langsam zur Mitte zurück, um erst nach ungefähr 30 Sekunden den neutralen primären Stand wieder einzunehmen. Die scheinbaren Richtungen, worin wir das Nachbild sehen, sind hierbei diejenigen, welche die Blicklinien wirklich annehmen. Die Bewegungen geschehen nicht unbewusst und machen sich nun gleich stark bei der Projection geltend,

Convergenz fixirt, die scheinbare Drehung der Gegenstände sofort aufhört. Von der Richtigkeit dieser Thatsache habe ich mich wiederholt überzeugt und auch Professor Donders konnte sie bestätigen. Selbst das starke Convergiere in den Raum fanden wir ausreichend. Indessen liegt hierin nicht der absolute Beweis, dass die scheinbare Bewegung der Gegenstände ausschliesslich von den Augenbewegungen abhängt. Die Aktion einer starken Convergenz kann auch sehr wohl noch etwas Anderes unterdrücken als allein die Augenbewegungen. Es kam uns vor, dass das Gefühl, in entgegengesetzter Richtung gedreht zu werden, hierdurch auch gänzlich oder grossentheils weicht, und viel leichter kann man dabei die sogenannten compensirenden Bewegungen der Gliedmassen vermeiden und sich vor Umfallen schützen.

sie mögen durch direkte Willkür, oder, wie durch Association von gewissen Vorstellungen, durch innern Drang hervorgerufen werden. Wir haben uns übrigens durch plötzliches Oeffnen der Lider während des Hin- und Hergehens von der der Projektion entsprechenden Stellung der Augen überzeugt.

In der Bewegung des Nachbildes sehen wir an erster Stelle das gewöhnliche Zurückbleiben während der Drehung, und bei dem Stillstehn, in der Bewegung nach der andern Seite den Ausdruck eines Bewegungsdranges, entgegengesetzt demjenigen, worin wir uns vorstellen, gedreht zu werden, woraus dann allmählig sich die gewöhnliche Gleichgewichtsstellung wieder entwickelt. — In allen Theilen ist der Vorgang, auch in Betreff der Schnelligkeit des Verlaufs, so mit dem Verlauf der oben (S. 97) beschriebenen, bei Drehung mit horizontaler Gesichtsfäche entstehenden Rollbewegung übereinstimmend, dass die Analogie der Erscheinungen überzeugend in die Augen springt.

3. Von den Drehungen des Kopfes um die Queraxe, durch Beugung nach vorn oder hinten über, scheint wohl in allen Theilen dasselbe, wie von der Drehung um die vertikale Axe zu gelten. Mag der Kopf die Bewegungen aktiv, mag er sie passiv ausführen, die Augen zeigen die Neigung, mehr oder weniger am Gegenstande haften zu bleiben, und ihre Bewegungen sind weniger ausgiebig als die des Kopfes. Es kommt nur darauf an, dass es nicht in unserer Absicht liege, einen peripherisch gelegenen Punkt zu fixiren, sondern nur den Kopf zu bewegen. Der Versuch mit dem zwischen den Zähnen gefassten Stäbchen ist auch hier wieder entscheidend. Könnte man nun leicht mit dem Körper um eine Queraxe taumeln, dann würden sich höchst wahrscheinlich Bewegungen zeigen, analog den bei Drehung um eine vertikale Axe entstehenden. Auf einer Schaukel sitzend,

kann man derartige Bewegungen ganz gut ausführen und geübte Gymnastiker würden uns ihre Beobachtungen darüber mittheilen können. Aber etwas Analoges haben wir bereits, wenn wir mit stark gebeugtem Kopf, so dass das Gesicht horizontal liegt, den Blick auf den Boden geheftet, uns nach vorn und hinten bewegen.

Zunächst bemerken wir dann, wieder mit dem zwischen den Zähnen gefassten Stäbchen, dass bei einer starken Beugung des Kopfes die Augen nicht vollständig gefolgt, sondern etwas mehr nach vorn auf den Boden gerichtet, demnach nach oben gedreht sind. Ferner, dass sowohl bei der Bewegung des Körpers nach vorn über als hinten über die Augen die Neigung haben, der vorbeiziehenden Fläche zu folgen, um jedes Mal ruckweise zu ihrer ursprünglichen Stellung in der Orbita zurückzukehren.

Wenn man schliesslich z. B. in einem Wagen passiv nach vorwärts oder rückwärts bewegt wird und den Blick zur Seite gerichtet hat, hat man Mühe durch Abstraktion von allen Gegenständen die Augen bewegungslos in der Orbita zu fixiren: stets bleiben sie an den Gegenständen haften, um dann wieder einen kleinen Sprung zu thun. Bei geschlossenen Augen dauern alle die Erscheinungen mehr oder weniger an und wahrscheinlich wird man sie auch bei Blinden antreffen, bei denen sie Breuer für die Drehung in der horizontalen und sagittalen Ebene constatirt hat.

Das allgemeine Resultat ist, dass die Augen die Neigung haben, die Verschiebung der Bilder über die Netzhaut in Folge der Bewegungen des Kopfes oder des Körpers, durch eigene Bewegungen zum Theil zu compensiren.

III. Bedeutung der Rollbewegungen.

Als Hueck die Rollbewegungen wahrgenommen zu haben glaubte — eine totale Compensation bis zu 28° — musste er zu der Vorstellung kommen, dass zur richtigen Orientirung eine unveränderte Richtung der Meridiane bei geringer Neigung des Kopfes nothwendige Bedingung sei. Bei John Hunter hatte sich denn auch bereits dieselbe Idee entwickelt. Auffallend war nur, dass nun bei 28° auf einmal eine andere Ordnung der Dinge auftrat, wobei die Vorstellung in Bezug auf die Richtung in der Aussenwelt — dies konnte Hueck sich nicht verhehlen — doch auch nicht so mangelhaft war. Aber wir wissen nun, dass die Thatsachen, worauf Hueck seine Theorie gründete, unrichtig sind, und damit stürzt natürlich die Theorie selbst.

Aber kann nicht in der Hueck'schen Theorie im Princip etwas Richtiges verborgen liegen? Und steht die partielle Rollbewegung nicht in wirklicher Verbindung mit der sich entwickelnden Vorstellung der Richtung? Dies bedarf näherer Untersuchung.

Nagel, der die Rollbewegung als eine partielle erkannt hatte — als eine, die lediglich einen Bruchtheil der Kopfneigung compensirt — dabei jedoch allein die bleibende, nicht die vorübergehende beobachtet hatte, schrieb der Rollbewegung eine ganz andere Bedeutung zu. Sie soll nämlich dazu dienen, uns die Stellung des Kopfes und sekundär die des gesammten Körpers zum Bewusstsein zu bringen, und auf diese Weise uns nicht allein die Richtung der uns umgebenden Gegenstände richtig beurtheilen lassen, sondern zugleich ein gewichtiger Faktor zur Unterstützung des Gleichgewichtsgefühls sein. „Führt z. B.“, sagt Nagel, „das Auge bei jeder

nach der rechten Schulter hin um 6° stattfindenden Kopfneigung allemal eine Raddrehung nach links um 1° aus, so ist aus dem Betrage der stattgefundenen Raddrehung in jedem Moment ein Schluss auf die Stellung des Kopfes zu machen und darnach die Lokalisation des Geschehenen zu vollziehen." Die Rollbewegungen würden nun durch dasselbe Centrum geregelt werden können, das auch die übrigen Bewegungen, welche die Behauptung des Gleichgewichts zum Zweck haben, beherrscht.

Diese Hypothese zeugt von vieler Erfindungsgabe, aber sie scheint uns doch nicht gerechtfertigt. Abgesehen davon, dass sie keine Rücksicht nimmt auf die vorübergehende Rollbewegung, begreifen wir nicht, wie das Centrum eine der Neigung des Kopfes proportionale Bewegung ausführen soll, ohne auf die eine oder andere Weise genau über die Kopfneigung unterrichtet zu sein und die Rollbewegung kann dann nur die Aeusserung einer Kenntniss sein, die uns schon auf eine andere Weise offenbart worden war. Oder auch, fasst man die Rollbewegung als ganz unbewusst und unwillkürlich auf, so wird sie auch unserer Vorstellung nichts kund thun, da doch nicht der Akt der Contraction, sondern nur der willkürliche Impuls dazu uns zum Bewusstsein kommt. Aber ausserdem wird, und dieser Einwand liegt ausserhalb aller Theorie, der Zweck, den Nagel sich vorstellt, höchst unvollkommen erreicht. Dies beweisen die Versuche von Aubert*). Dieser entdeckte zufällig, dass man bei Neigung des Kopfes die Richtung eines Lichtstreifens, in einem sonst dunkelen Raum, sehr unrichtig beurtheilt. Was vertikal ist, scheint im Allgemeinen sich nach der entgegengesetzten Seite zu neigen und eine Linie muss ziemlich ansehnlich nach derselben Seite neigen, wie der Kopf, um für vertikal

*) Virchow's Archiv, B. XX, 1861, S. 381.

gehalten zu werden. Aubert fand die Abweichung um so grösser, je mehr der Kopf zur Seite neigte, um sich bei einer Neigung von über 135° wieder zu vermindern.

Zur Erklärung dieser Abweichung hat man die beiden Faktoren in Betracht gezogen, die die Vorstellung bestimmen: das Urtheil über die angenommene Kopfneigung und das über den getroffenen Netzhautmeridian. Aubert nimmt an, man erinnere sich seiner Stellung nicht genau; Helmholtz*), man schätze seine Neigung zu gering. Ich kam dagegen zu dem Schluss, dass man sich seiner Neigung sehr wohl bewusst sein kann, aber dass der dabei getroffene Meridian eine sehr unzuverlässige Belehrung liefert. Freilich hatte sich auch Aubert schon vor dem Spiegel überzeugt, dass er ungefähr die Neigung einzunehmen vermochte, die er sich vorstellte; und um nun dennoch auf die Neigung die Schuld des unrichtigen Urtheils schieben zu können, musste er annehmen, dass man seine Neigung langsam vergisst. Ich habe mich geraume Zeit mit Versuchen über diesen wichtigen Gegenstand beschäftigt, woran auch Prof. Donders und Dr. Böckmann Theil nahmen. Wir bedienten uns einer aus einer Reihe von Induktionsfunken zusammengesetzten Lichtlinie, der, längs eines um ihren Mittelpunkt drehbaren Gradbogens, von dem Beobachter durch Zug an ein paar Schnüren eine Stellung gegeben werden konnte, die er für vertikal oder horizontal halten zu müssen glaubte. Hiermit experimentirten wir, in einem sonst dunkeln Zimmer, vorzüglich in horizontaler Lage. Wir waren uns dieser Lage vollkommen bewusst, stellten sie uns deutlich vor und suchten sie auch zuweilen absichtlich in Betracht zu ziehen. Aber trotzdem gaben wir der Linie, um sie vertikal erscheinen zu lassen, stets eine Neigung von

*) *Physiol. Optik*, S. 618.

20° bis 50° nach der Seite hin, wohin wir neigten. Es ist daher klar, dass uns die Netzhaut im Stiche liess. Dies ging auch ferner aus dem schwankenden Urtheil hervor, so dass wir häufig nicht recht wussten, wie wir stellen sollten, und noch mehr aus den Schwankungen, die die Linie oft machte, von so trügerischer Art, dass wir manchmal glaubten, wahre Drehungen der Linie zu sehen und geneigt waren, unsere assistirenden Freunde zu fragen, ob sie uns auf die Probe stellen wollten. In wie weit hierbei schwankende Rollbewegung im Spiele ist, wage ich nicht zu entscheiden. — Andere Versuche stellten wir in stehender oder sitzender Haltung mit einer breiten Röhre vor den Augen bei Tageslicht an, den Blick auf eine gleichmässige Fläche gerichtet. Hierbei kam das Schwankende insofern noch stärker zum Vorschein, als anfänglich die vertikale Linie der Neigung des Kopfes um einige Grade zu folgen schien, um dann erst sich nach der entgegengesetzten Seite herüber zu neigen, so dass dieselbe, um vertikal zu erscheinen, nun auch nach derselben Seite neigend eingestellt werden musste.

Endlich überzeugten wir uns auch, dass man in der Beurtheilung der Neigung des Kopfes keine Fehler macht, die im Stande wären, von der grossen Abweichung in der Stellung der vertikalen Linie Rechenschaft zu geben. Die beste Methode, das Urtheil über unsere Neigung zu prüfen, ist die, dass man eine Linie zeichnet, und dann aufgibt, sei es im Dunkeln, sei es sehend, dem Kopf die Neigung dieser Linie zu ertheilen, oder umgekehrt, dass man einer drehbaren Linie eine Neigung geben lässt, gleich der vorausgegangenen Kopfneigung: die Neigung des Kopfes wird hierbei mit einem Bleiloth an einem in den Mund gefassten Gradbogen abgelesen. Wir wiederholen, dass die hierbei gemachten Fehler in keinen Vergleich kommen zu den in der

Beurtheilung der vertikalen Stellung einer Lichtlinie im Dunkeln. — Wir entdeckten noch manche Eigenthümlichkeit, unter Anderm, dass nach Aufhören der Neigung die Annahme einer vertikalen Stellung im Dunkeln einen ziemlich grossen Fehler einschliessen kann, wobei dann zugleich das Urtheil über die vertikale Richtung der Lichtlinie zu wünschen übrig lässt. Ueber diese und andere Thatsachen gehen wir mit Stillschweigen hinweg, weil wir die Untersuchung noch fortzusetzen und als nicht in seinem ganzen Umfange zu dem hier behandelten Gegenstande gehörig, später besonders mitzutheilen wünschen. Hier genügt es uns, deutlich hervortreten zu lassen, dass während in aufrechter Stellung unsere Vorstellung von vertikal und horizontal ziemlich genau, die von andern Richtungen, wenn auch nicht in absolutem Sinn, so doch in Beziehung zu jenen, durchaus genügend ist, der getroffene Meridian, wenigstens im Dunkeln, wo bekannte Gegenstände unserm Urtheil nicht länger als Richtschnur dienen, eine höchst unvollkommene Vorstellung verleiht von der Richtung, die ihm in aufrechter Stellung, beim normalen Sehen, zukam*).

Blicken wir auf die von Nagel gegebene Erklärung zurück, so dürfen wir jetzt wohl constatiren, dass, falls die Rollbewegung des Auges uns auch eine gewisse Vorstellung über die Neigung des Körpers geben sollte (ich möchte sagen als Wiederholung im Kleinen), was wir

*) Tausende haben sich in den letzten Jahren überzeugen können, dass bei passiver Bewegung längs einer schiefen Ebene in der freien Natur, wir meinen auf der Rigibahn, die den Wagen entlehnte Vorstellung von vertikal uns Häuser und selbst Bäume und Menschen schief erscheinen lässt, als drohten sie umzufallen. Hier sind die Gesichtseindrücke im Wagen in Uebereinstimmung mit der Neigung des Körpers und tragen sicher dazu bei, die Vorstellung von der Neigung des Kopfes auszulöschen.

principiell bestritten, in jedem Falle uns der Hinweis im absoluten Sinne (im Dunkeln) wenig nützen könnte, und beim gewöhnlichen Sehen wenig zu nützen brauchte, um uns eine richtige Vorstellung von dem Gesehenen beizubringen.

Die Erklärung, die wir von der Erscheinung der Rollbewegung glauben geben zu können, und die Entwicklung, die wir hier darüber folgen lassen, ist das Resultat wiederholter Unterhaltung mit meinem verehrten Lehrer, Prof. Donders, dessen Gedanken ich also auch damit auszudrücken glaube. Im zweiten Abschnitt liessen wir die Erklärung schon durchschimmern. Alle dort zusammengestellten Thatsachen weisen darauf hin, dass bei den Bewegungen des Kopfes und Körpers eine Neigung besteht, die letzteren durch Augenbewegungen zu compensiren, eine Neigung also, Gegenstände, die wirklich in Ruhe sind, an dieselben Punkte unserer Netzhaut gebunden zu halten, so lange es uns nicht darum zu thun ist, andere Gegenstände zu sehen. Bei den gewöhnlichen Bewegungen des Kopfes kommt diese Neigung stark zum Vorschein. Lebhaftere Personen, mit denen wir in Unterhaltung begriffen sind, machen fortwährend allerlei Gestikulationen mit dem Kopf und halten dabei meistens den Blick unverändert auf uns geheftet, — lassen ihn höchstens, unabhängig von der Kopfbewegung, abwechselnd von einem auf das andere Auge überspringen. Vielerlei mechanische Arbeiten erfordern Bewegungen des Kopfes, während der Blick fortdauernd auf denselben Punkt gerichtet bleiben muss: auch hier sind die compensirenden Augenbewegungen unmittelbar und gleichzeitig gegeben. Es ist in der That das Entgegengesetzte von dem, was wir geschehen sehen, wenn ein indirekt gesehener Punkt unsere Aufmerksamkeit und damit den Blick auf sich zieht. Die Augen schnellen seitwärts, aber der Kopf,

ja der ganze Körper wirken im gleichen Sinne und legen einen Theil des Weges zurück: die Association ist so drängend, dass viel Willenskraft dazu gehört, sie zu überwinden.

In dieser synergischen Verbindung zwischen den Bewegungen des Kopfes und der Augen liegt etwas Gesetzmässiges, und die Untersuchung darüber hat ganz wichtige Resultate zu Tage gefördert (vergl. Dr. Ritzmann's Arbeit in diesem Hefte des Archivs), doch ebenso stark ist die compensirende Association, die wir hier zur Sprache brachten und zur Erklärung der Rollbewegung anriefen.

Neigen wir den Kopf langsam nach der Schulter, während wir z. B. eine vertikale Linie betrachten, so scheint diese anfänglich sich etwas mit zu bewegen, um nachher ihre Richtung ziemlich zu behalten. Wir wissen, dass das Auge dabei der Neigung des Kopfes grösstentheils folgt, dass auf diese Weise die vertikale Linie nacheinander auf Meridiane fällt, die den stärker und stärker nach der entgegengesetzten Seite herüber neigenden vertikalen Linien entsprechen, und dass in Folge dessen, wenn die bewusste Neigung nicht in Anschlag gebracht würde, die vertikale Linie nach der entgegengesetzten Seite würde zu neigen scheinen, falls von dem getroffenen Meridian eine absolut maassgebende Belehrung ausginge. Dies ist nun nicht der Fall, und wir corrigiren daher den Uebergang auf andere Meridiane durch die Vorstellung, dass wir den Kopf zur Seite neigten. Aber für eine Lichtlinie im Dunkeln zeigte die Vorstellung sich unzureichend; die vertikale Linie scheint nach der entgegengesetzten Seite herüber zu neigen und um vertikal zu erscheinen, muss eine Linie nach derselben Seite neigen, wie der Kopf. Der Eindruck von Gegenständen, deren Richtung wir kennen, muss daher

die Vorstellung, soll sie mit der Wirklichkeit übereinstimmen, kräftig unterstützen.

Aber es kommt noch Anderes in Betracht. Im Falle die willkürliche Neigung, statt langsam, schnell vor sich geht, dreht sich die vertikale Linie um den Fixirpunkt nach der entgegengesetzten Seite, und vollführt man die Bewegungen nach links und rechts mit einiger Schnelligkeit, dann beantwortet die vertikale Linie dieselben mit Bewegungen nach rechts und links.

Die Scheinbewegungen würden noch stärker sein, wenn sie nicht zum Theil durch die Rollbewegung compensirt würden. Die Verschiebung der Bilder nach andern Meridianen wird dadurch vermindert. So wenig absolute Belehrung uns die Meridiane über Neigung geben, so genau verrathen sie bei Vergleichung die Winkel. worunter zwei Linien sich in dem fixirten Punkt kreuzen; und wenn nun der Uebergang eines Bildes von dem einen auf den andern Meridian mit grosser Geschwindigkeit stattfindet, dann kann es nicht auffallen, dass der Uebergang, trotz des compensirenden Bewusstseins der Kopfbewegung, als Scheinbewegung zur Vorstellung gelangt. Aber dann ist es zugleich in Harmonie mit der gegenseitigen Adaptation der Lebensfunktionen, dass Rollbewegung dabei so viel als möglich zu Hilfe kommt. Und wirklich hat diese sich offenbar in dem Grade entwickelt, dass sie für die gewöhnlichen Bewegungen des Kopfes ein genügendes Hilfsmittel zur Compensation ist. Dass sie bei schneller Bewegung, wie wir zeigten, sich als vorübergehende Rollbewegung stärker entwickelt, die erst nach einer Sekunde oder nach noch längerer Zeit verschwindet, ist der sicherste Beweis, dass die Neigung zur Compensation der Rollbewegung zu Grunde liegt und giebt uns das Recht, sie hiermit genetisch erklärt zu crachten. Wo nun eine genetische Erklärung gefunden ist, brauchen

wir nicht nach einer andern zu suchen. Einige Punkte scheinen jedoch noch einiger Erläuterung zu bedürfen.

Wir nannten die Rollbewegung eine willkürliche, in dem Sinne, der mit einer willkürlichen Bewegung im Allgemeinen zu verknüpfen ist. Die Muskelcontraction selbst ist nämlich niemals willkürlich. Willkürlich ist allein der Zweck, den wir uns vornehmen zu erreichen, während die Mittel, Innervation und Contraction sowohl wie der Mechanismus, ganz ausserhalb unseres Bewusstseins (was auch genetisch zu erklären ist) in den Dienst des von uns beabsichtigten Zweckes treten. Der Process ist ein ganz spontaner, denn auch die Absicht fragt nicht nach ihrem Ursprunge und bringt sich selbst nicht zum Bewusstsein. Es ist ein spontanes Fortgleiten auf dem gebahnten Wege. Dass der Wille eine Rolle spielt, bemerken wir erst, wenn die Erreichung des Zweckes auf Hindernisse stösst. Dann müssen wir die Hindernisse wegräumen und mit Ueberlegung den Weg suchen. Wir nennen das: Uebung, und Uebung ist die Grundlage für die Harmonie der verschiedenen Lebensfunktionen in Bezug zu einander, wie auch oft in Bezug zur Aussenwelt und für die Vervollkommnung dieser Harmonie. Die Uebung ist vollkommen, wenn der Weg gebahnt ist und der ganze Vorgang spontan verläuft. Dann merken wir nichts mehr von dem willkürlichen Impuls, dann gilt davon dasselbe, wie von den sogenannten unbewussten Schlüssen: der Bewegungsprocess liegt ausserhalb des Willens, die Absicht ausserhalb des Bewusstseins. Aber beide sind unter bestimmten Bedingungen zu Stande gekommen und behaupten sich auch nur, wo diese Bedingungen gegeben sind. So verhält es sich mit der Rollbewegung bei seitlicher Neigung, die nur die gewöhnlichen Bewegungen des Kopfes genügend compensiren hilft, und sich als ungenügend erweist, wo es

sich darum handelt, schnelle Bewegungen oder die Richtung einer Lichtlinie im Dunkeln zu beurtheilen. Die plastische Wirkung der Uebung im Individuum oder wenigstens in der Gattung würde auch hierüber den Sieg davontragen, so bald die Umstände zu normalen Lebensbedingungen würden.

Es liegt noch ein anderer Grund vor, weshalb die Rollbewegung auch im gewöhnlichen Sinne des Wortes uns weniger als willkürliche Bewegung vorkommt, nämlich, weil wir den Mechanismus und selbst auch den Effekt desselben nicht deutlich bemerken. Beim Kauen entgeht uns nicht die Bewegung der Kiefer, bei der Stimme ebensowenig die Spannung im Kehlkopf als der hervorgebrachte Ton. Was bei der Accommodation geschieht, ist nicht weniger willkürlich; aber hierbei bleibt bereits der Mechanismus uns verborgen und wir bemerken nur die Wirkung in dem deutlichen Sehen bei einem gegebenen Abstände. Mehr noch ist die Rollbewegung unserer Wahrnehmung entzogen. Wenn sie ausbliebe, würden wir bei gewöhnlichen Bewegungen des Kopfes *Schwankung der Gegenstände sehen und bei Paralyse des *musculus obliquus superior* liegt in der gestörten Rollbewegung sicher ein wichtiger Faktor des Gesichtsschwindels. Aber wir bemerken die Rollbewegung nicht und ermangeln des Kriteriums der Vergleichung, das sie uns anschaulich machen würde. Gehört sie deshalb zu einer andern Kategorie als die gewöhnlichen willkürlichen Bewegungen? Durchaus nicht! Das Willkürliche zeigt sich vor allem bei der symmetrischen Rollbewegung, die sich so deutlich entwickelt zum Zweck des binocularen Sehens, wenn die vertikalen Halbbilder einen zu grossen Winkel mit einander bilden*). Hier

*) Vergl. van Moll, over de normale incongruentie der netvliezen. Diss. inaug. 1874, p. 51.

ist auch die Wirkung für uns bemerkbar in dem Zusammenfallen der Linien. Reflex darf dies in keinem Falle heissen, weil es die Wahrnehmung der Eindrücke als nothwendig voraussetzt, die bei dem reinen Reflex fehlen kann. Die parallele Rollbewegung bei Neigung des Kopfes zur Seite gehört zu denjenigen willkürlichen Bewegungen, die wir associirte zu nennen pflegen: wir neigen den Kopf nach der einen oder andern Schulter und zugleich führen wir die zum Theil compensirende Rollbewegung aus. Die Neigung und die Rollbewegung sind so innig mit einander verbunden, dass, wenn durch Verlust des Gleichgewichts oder auch nur durch die Vorstellung des Verlustes des Gleichgewichts compensirende Bewegungen des Kopfes ausgeführt werden, die Augen daran Theil nehmen. Wir sehen dies bei der Vorstellung der Bewegung des Körpers als Folge von Drehung um diese oder jene Axe, wobei die compensirende Kopfbewegung sich mit Bewegung der Augen, beziehungsweise mit Rollbewegung, verbinden kann. Wir bemerken es ebenso, wenn bei dem Durchleiten eines constanten Stromes durch das Gehirn das Gefühl von Umschlagen nach der Seite der Kathode hervorgerufen wird. Die darüber durch Hitzig angestellten Versuche fanden wir an uns selbst vollkommen bestätigt, was die Bewegung des Kopfes und die mit der sich entwickelnden Vorstellung associirte Rollbewegung betrifft.

Die Association ist es auch, welche die mit der Bewegung des Körpers und des Kopfes verbundene Drehung der Augen unabhängig von den Eindrücken der Netzhäute fortbestehen lässt, weshalb sie bei geschlossenen Augen, bei Blinden, ja selbst Blindgeborenen vorkommt. Hieraus zu schliessen, wie es geschehen ist, dass sie nicht mit den Netzhautindrücken zusammenhängt, verräth Mangel an Einsicht in den Ursprung der Harmonie unserer Verrichtungen.

Unsere Erklärung der Rollbewegung kommt demnach darauf hinaus, dass sie sich, ebenso wie viele andere Bewegungen, im Lauf der Zeiten im Phylon aus der Neigung entwickelt hat, Gegenstände, die in Ruhe sich befinden, bei der Neigung unseres Körpers oder Kopfes in unserer Vorstellung an ihre Stelle zu binden. Wir haben gesehen, wie unter gewöhnlichen Bedingungen in dieser Hinsicht das Wünschenswerthe erreicht ist und wie unter aussergewöhnlichen Bedingungen die Versuche, dieser Neigung zu genügen, nicht ausbleiben. In diesem Letztern liegt vor Allem der Beweis für die Richtigkeit unserer Anschauungen.

Mit einer genetischen Erklärung, wie wir sie hier zu geben suchten, muss man unserer Ansicht nach sich vorläufig zufrieden geben. Die Möglichkeit, den psychophysischen Mechanismus näher zu ergründen, wartet auf eine andere Phase unserer Kenntniss.

Wir haben noch von der ständigen oder bleibenden Rollbewegung Rechenschaft zu geben. Sie nimmt zu mit der Neigung des Kopfes, aber wie die Curven (S. 76—78), die die Resultate ausdrücken, zeigen, in abnehmendem Verhältniss. Sie scheint dann jedoch für jede Neigung sehr lange constant zu bleiben. Die Abnahme, die wir nach Ablauf einer Stunde zu finden glaubten, ist gering und darum zu unsicher, um der Constanz Abbruch zu thun.

Was ist nun ihre Bedeutung?

Es kommt uns vor, als ob darin ein Entgegenkommen liegt gegenüber den Bedingungen einer richtigen Vorstellung von der Richtung im Raum. Wir wissen, dass beim freien Sehen der umgebenden Gegenstände die Vorstellung in jeder Haltung des Körpers korrekt bleibt. Aber für schnelle Veränderung der Haltung gilt dies nicht. Dann ist, wie wir sahen, auch eine starke

vorübergehende Rollbewegung nicht im Stande mit der Veränderung gleichen Schritt zu halten. Ist jedoch diese nun vollendet und steht der Kopf wieder still, so macht das Bewusstsein der Stellung sich wieder geltend. Aber dass dies auch noch irgend eines Hilfsfaktors bedarf, fällt uns nicht auf, wenn wir uns erinnern, dass ungeachtet dieser Unterstützung das Bewusstsein der Neigung bei der Beurtheilung der Richtung einer Lichtlinie im Dunkeln gegenüber der Indication des getroffenen Netzhautmeridians zu kurz kommt.

Die Bedeutung der bleibenden Rollbewegung ist daher wohl diese, dass sie, soweit ihr unter vielerlei Einfluss entwickelter Mechanismus es ohne Anstrengung zulässt, bei seitlicher Neigung einen Faktor liefert für unsere Vorstellung über die Richtung.

Es ist ferner deutlich, dass die bleibende Rollbewegung bei Neigung des Kopfes eine andere Innervation der Augenmuskeln voraussetzt, als bei Primärstellung (parallele, horizontal gerichtete Blicklinien, senkrecht auf der Grundlinie) in aufrechter Haltung besteht. Nun ist es fraglich, ob bei der Neigung nichtsdestoweniger die Bewegungen nach dem Listing'schen Gesetz erfolgen, und ob eine gleiche Veränderung der Innervation einen früher indirekt gesehenen Punkt nun zur Fixation bringt. Wenn nicht, sollte dann nicht in dem dazu geforderten Impuls eine Indication liegen für die bestehende Rollbewegung und die damit correspondirende Kopfhaltung? — Prof. Donders hätte gern gesehen, dass diese von ihm aufgeworfene Frage näher von mir untersucht worden wäre. Aber es zeigte sich, dass schon der Punkt in Betreff der Gültigkeit des Listing'schen Gesetzes mit Hilfe der Methoden, worüber wir verfügen konnten, kaum eine scharfe Beantwortung zuließ und ich musste daher vorläufig die Frage ruhen lassen. So viel erwies sich jedoch, dass die unrichtige Vorstellung

über die Richtung, sowohl im Dunkeln, als am Tage, gegenüber einer Wand mit schiefen Linien, die, während man auf der Seite liegt, angesehen werden, durch Bewegung des Blickes von einem Punkt zum andern gar nicht oder höchstens ein wenig corrigirt wird. Freilich experimentirten wir unter abnormen Bedingungen, und das negative Ergebniss giebt uns kein Recht, die Anweisung durch die geänderten Impulse auch für die gewöhnlichen Bedingungen, unter denen wir sehen, auszuschliessen, Bedingungen unter denen allein der Einfluss der Uebung des Individuums und der Gattung wirksam war. Es ist darum mehr als wahrscheinlich, dass auch auf diesem Wege die bleibende Rollbewegung das Bewusstsein der Neigung bestimmen hilft.

Als vor etwa 50 Jahren Flourens*) die Funktion der einzelnen Theile des Gehörorgans auf dem Wege der Vivisektion untersuchte, stiess er bei der Durchschneidung der halbzirkelförmigen Kanäle, besonders bei der Durchschneidung der häutigen Kanäle, auf eben so auffallende als unerwartete Erscheinungen. Die Thiere (vorzüglich Tauben, aber auch Kaninchen) machten schwankende und selbst taumelnde Bewegungen, von verschiedener Richtung bei Quetschung der horizontalen und der vertikalen Kanäle. Flourens vergleicht sie mit dem Verlust von Gleichgewicht und Stabilität der Bewegungen nach Drehung um sich selbst oder nach heftigem Schütteln des Kopfes. Aehnliche Erscheinungen hatte er bei Quetschung des kleinen Gehirns beobachtet. Es lag daher nahe, an eine Einwirkung dieses letztern zu denken. Aber er vermied sorgfältig jede Erschütterung dieses Organs und überzeugte sich auch mehr als zwanzig Mal durch eine genaue Untersuchung, dass das kleine

*) Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. 2me édition. Paris 1842, p. 438.

Gehirn vollständig unbetroffen geblieben war. Augenscheinlich war daher der Grund der Erscheinungen in den halbzirkelförmigen Kanälen zu suchen. Aber wie dieselben erklären?

Flourens sprach von einem schmerzhaft erhöhten Gefühl des Gehörorgans und weiter dachten auch die Meisten nicht, die die Flourens'schen Versuche wiederholten. Eine eigentliche Theorie stellte erst Goltz*) auf: in den halbzirkelförmigen Canälen suchte er, abgesehen von ihrer etwaigen Bedeutung für das Gehör, „Sinnesorgane für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des ganzen Körpers“. Die Nervenendigungen der Ampullen sollen einen je nach der Stellung des Kopfes verschiedenen Druck von Seiten der Endolympfa erfahren und dieser Druck soll uns nun die Stellung des Kopfes zum Bewusstsein bringen. Dieselbe Theorie, nur mit Verschiedenheiten im Mechanismus der Reizung, wurde fast gleichzeitig durch Mach**), Breuer***) und Brown†) entwickelt. Ihre Lehre ist die, „dass die Ampullennerven, vermöge ihrer specifischen Energie, jeden Reiz mit einer Drehempfindung beantworten“. In den Händen Mach's, dem die letzte Formel entlehnt wurde, hat die Theorie eine wissenschaftliche Form angenommen, darauf gegründet, dass der Inhalt des innern Gehörorgans bei Bewegungen der Thiere „das Schwerpunkt- und Flächenprincip zu erfüllen strebt“, dass sowohl die „Progressiv- als die Winkelbeschleunigung“ zu einer mechanischen Wirkung auf die

*) Ueber die physiolog. Bedeutung der Bogengänge des Orlabyrinthes. Pflüger's Archiv, B. III, p. 172.

**) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig 1875.

***) l. c.

†) On the sense of rotation. Journal of anatomy and physiology. Vol. VIII.

Nervenendigungen der Ampullen Veranlassung giebt. Er untersuchte ferner alle möglichen Faktoren, wodurch wir von unserem Gleichgewichtszustand Kenntniss erhalten könnten, und dies führte ihn auch per exclusionem zu den halbzirkelförmigen Canälen. Wartet die Theorie auch noch auf einen strengen Beweis, so halten wir sie doch keineswegs für widerlegt durch die Einwände, die vorzüglich Böttcher*) dagegen vorgebracht hat. Es liegt etwas Verlockendes in der Vorstellung, dass die halb-zirkelförmigen Canäle ein Organ vorstellen, dessen Energie uns die Bewegung und das Gleichgewicht unseres Körpers zum Bewusstsein bringt und auf diesem Wege compensirende Bewegungen hervorruft. Wir haben jedoch ein Bedenken, das in enger Verbindung steht mit dem von uns behandelten Gegenstand. Irren wir nicht, so ist bei den genannten Forschern die Neigung zu erkennen, alle Bewegungen des Auges, die die Folge sind von Bewegungen des Kopfes oder von einem veränderten Gleichgewichtszustand, aus dem sogenannten Gleichgewichtsorgan abzuleiten. Zumal Breuer erwähnt öfters Reflexbewegungen in Folge von Reizung der Ampullenerven. Zunächst bemerken wir, dass das Wort *Reflex* hier nicht im gewöhnlichen Sinne gebraucht wird. Ein Reflex soll, der gewöhnlichen Annahme nach, ohne Bewusstsein verlaufen können, bei der Reizung des Gleichgewichtsorgans dagegen ist die folgende Bewegung von der Vorstellung unabtrennbar. Und dies bringt uns zu dem Cardinalpunkt: die Vorstellung selbst ist die Bedingung der Bewegung, und jeder Faktor, der die Vorstellung hervorruft, bestimmt damit zugleich die davon abhängige Bewegung. So steht es für uns fest, dass alle kleinen Kopfbewegungen beim Fixiren eines Gegen-

*) Ueber die Durchschneidung der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Archiv für Ohrenheilkunde von Tröltzsch. Bd. 9, p. 2.

standes gleichzeitig durch associirte Bewegung der Augen compensirt werden. Wir bemerken dies bei Drehungen des Kopfes um die vertikale und horizontale Axe und es liegt nicht der mindeste Grund dafür vor, dies nicht ebenso bei den Rollbewegungen in Anwendung zu bringen, die mit seitlicher Neigung des Kopfes verbunden sind. Müsste hier durch Bewegung des Kopfes eine Spannung der Endolympe erzeugt und den Ampullen mitgetheilt werden, um dann erst Reflexbewegung hervorzurufen, so würde diese wohl $\frac{1}{10}$ Sekunde zurückbleiben, und jede Bewegung des Kopfes würde mit einer Veränderung des Fixationspunktes beginnen. Bei der willkürlichen Bewegung schreiben wir daher die Bewegungen des Kopfes und der Augen einem gleichzeitigen, oder wenn man will, demselben complicirten Impuls zu. Auch wo wir bei gewissen Schwankungen den Moment einer passiven Bewegung voraussehen können, weiss der Impuls den richtigen Augenblick zur Muskelcontraktion zu treffen, bevor die passive Bewegung ihren Einfluss noch empfinden lässt. Im Allgemeinen waffnen wir uns mit unserm Willen gegen das, was wir voraussehen, und die Augen sind dabei die sichersten Wächter. Mit geschlossenen Augen wird der beste Reiter bei unerwarteten Sprüngen des Pferdes aus dem Sattel geworfen. Demnach würde vielleicht nur da, wo die Bewegungen des Kopfes nicht vorausgesehen werden, dem Gleichgewichtsorgan eine Stelle eingeräumt werden können. Aber auch dann ist es fraglich, ob die Verschiebung der Bilder auf der Netzhaut nicht schon schneller und sicherer die correspondirenden Bewegungen hervorruft.

Hiermit schliessen wir unsere Betrachtungen. Wir haben die Augenbewegungen und insbesondere die Rollbewegung, die mit Bewegungen des Kopfes verbunden ist, in ihrer Entwicklung der Neigung zugeschrieben, die

Bewegungen der Netzhautbilder ruhender Gegenstände mehr oder weniger zu compensiren, indem wir zugleich anerkannten, dass bei allem Befriedigenden einer genetischen Erklärung, der Mechanismus der compensirenden Verbindung vorläufig noch ausserhalb des Bereiches unserer Untersuchung liegt. Die obenstehenden Betrachtungen führen zu dem Ergebniss, dass auch das Gleichgewichtsorgan nicht berufen erscheint, was die letzte Zeit ihm experimentell und theoretisch zu vindiciren suchte, in diesem Mechanismus eine wichtige Rolle auszufüllen.

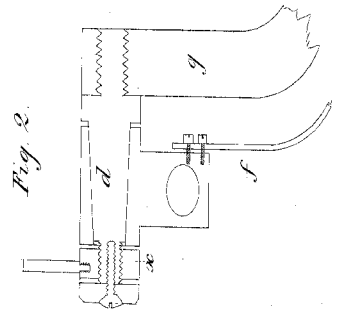
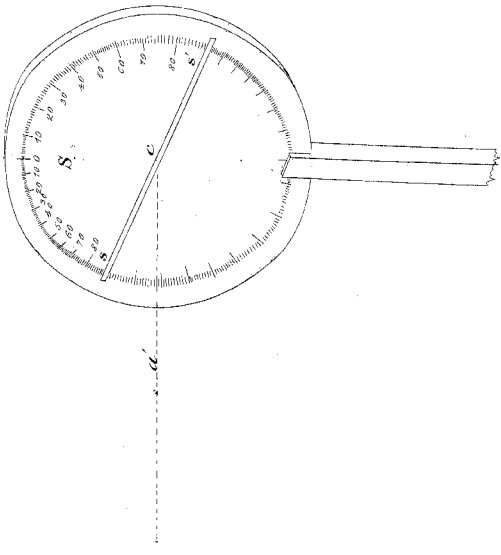


Fig. 3.

