

(Aus der II. Universitäts-Augenklinik des Hofrath Prof. E. Fuchs in Wien.)

## Ueber die optische Orientirung bei Neigung des Kopfes gegen die Schulter.

Von

Dr. M. Sachs      und      Dr. J. Meller  
in Wien.

Hierzu Taf. XII, Fig. 1—6 und 2 Figuren im Text.

---

### I.

Das Problem der Orientirung bei Neigung des Kopfes gegen die Schultern ist schon oft behandelt worden, zumeist in Zusammenhang mit der Frage nach der Bedeutung der sogenannten compensatorischen Augenrollungen für die räumliche Wahrnehmung. Dass das Problem meist von dieser Seite angegangen wurde, hat darin seinen Grund, dass die Rollungen der Augen, die bei schulterwärts gerichteten Kopfbewegungen auftreten, die Aufmerksamkeit der Ophthalmologen früher auf sich gelenkt haben, als die bei Neigungen des Kopfes zu Tage tretenden Localisationerscheinungen.

Zunächst war es die Frage nach der Existenz der compensatorischen Rollungen, die im Vordergrund der Discussion stand. Joh. Müller, Donders, Ruete, v. Graefe — um nur die namhaftesten der Autoren zu nennen — waren auf Grund ihrer Versuche dazu gekommen, die zuerst von Hunter beschriebenen, später von Hueck, Burow, Ritterich behaupteten compensatorischen Rollungen zu bestreiten.

Erst als Javal zeigen konnte, dass ein Cylinderglas, welches seinen Astigmatismus bei normaler Kopfhaltung genau corrigirte, dies nicht mehr that, wenn er seinen Kopf zur Seite neigte, sondern erst wieder, wenn es nach der entgegengesetzten Seite gedreht wurde, schwanden die letzten Zweifel an der Existenz der compensatorischen Raddrehungen. Donders, der früher das Vorkommen dieser Rollungen bestritten hatte, trat jetzt für ihr Vorhandensein ein; die aus seinem Laboratorium stammende Arbeit Mulder's brachte das Studium der Frage zu einem gewissen Abschluss.

Er konnte den schon vor ihm von Breuer gemachten Fund bestätigen, dass die Kopfbewegungen von einer verhältnissmässig starken vorübergehenden Rollung begleitet sind, die nach 1—2 Secunden in die bleibende Rollabweichung zurückgeht, wenn der Kopf dauernd geneigt gehalten wird.

In jüngster Zeit hat Nagel jun. die compensatorischen Augenrollungen neuerlich zum Gegenstand einer eingehenden Untersuchung gemacht. Seine Arbeit enthält eine werthvolle Uebersicht über die von den einzelnen Autoren zur Lösung der Frage verwendeten Methoden und ergänzt das Thatmaterial in mannigfacher Richtung.

Den älteren Arbeiten, durch die der Einfluss der Augenrollungen auf die Localisation ermittelt werden sollte, lag der Gedanke zu Grunde, dass es die Aufgabe der Gegenrollungen sei, der Verschiebung der Bilder auf der Netzhaut bei Kopfbewegungen entgegenzuarbeiten; man hatte und hat vielfach noch heute die Vorstellung, dass die richtige (resp. angenähert richtige) Erfassung der Richtungen im Raume nur möglich sei, wenn die Augen in der Ausgangsstellung oder nahe dieser sich befinden.

Nagel sen. konnte sich freilich der Thatsache nicht verschliessen, dass die Gegenrollung nur einen verschwindend kleinen Theil der Kopfführung compensire: er war jedoch noch so sehr von ihrer Wichtigkeit überzeugt, dass er sich zur Aufstellung der recht gewagten Hypothese verleiten liess, dass sie — mit Hilfe des Muskelsinns wahrgenommen — dazu diene, die Lage des Kopfes zu beurtheilen.

Es war der letzte Versuch, den Schwerpunkt des Problems der Orientirung bei schulterwärts gerichteten Kopfbewegungen in die Gegenrollungen zu verlegen.

Die späteren Bearbeiter dieser Frage suchten sich von diesem Fehler frei zu halten und wendeten sich mit grösserer Unbefangenheit, als es bisher geschehen war, dem Studium der Lagenänderungen zu, die geschehene Dinge während und nach Ausführung von Kopfneigungen zeigen. — Diesen Weg betrat vor Allem Aubert, der die interessante Erscheinung entdeckte, dass eine verticale Linie, die in einem verdunkelten Raume als einziges Object sichtbar ist, schief zu liegen scheint, wenn der Kopf seitwärts gegen die Schulter geneigt wird. Nach Aubert wurde die Erscheinung von Mulder und zuletzt von W. Nagel studirt, welcher letzterer die zuerst von Aubert beobachtete Erscheinung Aubert'sches Phänomen genannt hat.

Die Erscheinung wird nicht von allen in gleicher Weise gesehen. Aubert sieht schon bei kleinen Kopfneigungen die Verticale der Ausgangsstellung in einem der Kopfneigung entgegengesetzten Sinne geneigt. W. Nagel sieht dagegen die entgegengesetzt gerichtete Neigung der Verticalen nur bei Kopfneigungen, die mehr als  $50^\circ$  betragen. Bei schwachen Kopfneigungen konnte er dies nur ausnahmsweise beobachten, wohl aber bemerkt er stets während der Ausführung von geringgradigen Kopfneigungen eine deutliche gleichgerichtete Bewegung der verticalen Linie. Hält er nach einer schwachen Seitwärtsneigung des Kopfes um etwa  $30^\circ$  in dieser Lage still, dann wird die Linie in der Regel alsbald wieder vertical, manchmal unmerklich, manchmal unter deutlicher Drehbewegung. W. Nagel fand auch Personen, die abweichend von ihm, ganz wie Aubert es für

sich beschreibt, schon bei geringen Neigungen des Kopfes, die Linie schief im entgegengesetzten Sinne sehen.

Aubert glaubte, dass der Grund des Schiefstandes der verticalen Linie nach Neigung des Kopfes im Vergessen der mit dem Kopf vorgenommenen Neigung zu suchen sei; im Wesentlichen dieselbe Erklärung giebt v. Helmholtz, indem er meint, dass die Erscheinung auf der Unterschätzung der Kopfneigung beruhe — wogegen zu bemerken ist, dass Mulder und Delage aus ihren Versuchen das Gegentheil abgeleitet haben: sie fanden, dass eher eine Neigung zur Ueberschätzung der vorgenommenen Kopfneigung nachgewiesen werden kann etc.

W. Nagel verwirft die bisherigen Erklärungen des Aubert'schen Phänomens, kann aber, wie er selbst einräumt, die noch fehlende Erklärung der Erscheinung nicht liefern. In den compensatorischen Raddrehungen des menschlichen Auges sieht Nagel einen „gewissermassen rudimentären Reflex“ ohne eigentlichen Nutzen für den Organismus, einen Reflex, der seiner Ansicht nach insofern am Zustandekommen des Aubert'schen Phänomens betheiligt sein könnte, „als er das an sich schon unsichere Urtheil über die Spannungsverhältnisse der Augenmuskeln desorientirt“.

Auf den Inhalt der Nagel'schen Arbeit wollen wir noch zurückkommen nach Mittheilung der Ergebnisse, die unsere Versuche geliefert haben<sup>1)</sup>.

## II.

Den Einfluss schulterwärts gerichteter Kopfneigungen auf die Orientirung kann man sowohl aus den Veränderungen der scheinbaren Lage ableiten, die eine bei aufrechtem Kopfe vertical erscheinende Gerade eingeht, als auch dadurch feststellen, dass man für bestimmte Grade solcher Kopfneigungen den Ort ermittelt, den eine Linie einnehmen muss, damit sie vertical erscheine.

Aus versuchstechnischen Gründen haben wir das Hauptgewicht auf die Ermittlung der scheinbar Verticalen für verschiedene Grade von Kopfneigungen gelegt.

Bei diesen Versuchen wurde die scheinbar Verticale nicht direct

---

<sup>1)</sup> Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung der vor etwa zwei Jahren von dem einen von uns (Sachs) und Dr. Wlassak ausgeführten (in der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, Bd. XXII veröffentlichten) Untersuchung. Es hatte sich damals darum gehandelt, die Bedingungen zu finden, unter denen ein Object weder rechts noch links, sondern geradeaus von dem Beobachter gesehen wird, oder mit anderen Worten, um die Eruirung des Mechanismus der Medianlocalisation. Jetzt galt es, wenn man so sagen darf, den Mechanismus der Verticallocalisation zu ermitteln. Die innere Verwandtschaft zwischen den beiden Problemen ermöglichte es, bei der vorliegenden Untersuchung des öfteren versuchstechnische Vortheile anzuwenden, die gelegentlich der Untersuchung über die Medianlocalisation bemerkt worden waren.

aufgesucht, sondern ergab sich aus einer Reihe von Aussagen — denen, dass eine im Dunkeln plötzlich sichtbar werdende Leuchtlinie (mit dem unteren Ende) rechts resp. links — geneigt erscheine — als die Grenze zwischen den Gebieten, denen diese beiden Aussagenreihen angehören.

Als Object diente uns eine Lichtlinie, die in einer der Anflitzfläche des Beobachters parallelen Ebene gedreht werden konnte.

Die Vorrichtung, mit deren Hilfe wir dies erreichten, hat folgende Beschaffenheit (siehe Fig. 1).

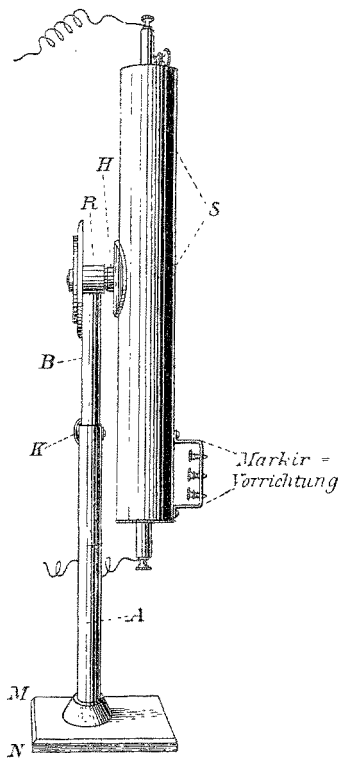


Fig. 1.

Der Apparat ruht auf einer viereckigen Metallplatte *MN*, in deren Mitte ein verticaler Hohlstab *A* angebracht ist. In das Lumen dieses Stabes passt ein massiver runder Stab (*B*) hinein, an dessen Ende sich ein starker Ring (*R*) zur Aufnahme der horizontalen Achse (*H*) befindet. Der Ring und damit die Achse können durch Verschiebung des massiven Stabes gehoben und gesenkt werden, durch Anziehen einer am oberen Ende des Hohlstabes angebrachten Klemmschraube wird jede Stellung der Achse festgehalten. Die etwa fingerdicke Achse trägt an dem, dem Beobachter zugekehrten Ende ein 30 cm langes, 5 cm im Durchmesser haltendes geschwärztes Kupferrohr (*S*), das zur Aufnahme der Lichtquelle — einer Siemens'schen Glühlampe — dient. Die Lampe ist lichtdicht in den Cylinder eingelassen. Aus dem Cylinder kann Licht nur durch einen, in seiner vorderen Wand angebrachten geradlinigen Spalt von  $\frac{3}{4}$  mm Breite austreten. Der Spalt ist von innen her mit geöltem Papier verdeckt. Der in dem Stromkreis eingeschaltete Widerstand wurde derart gewählt, dass die Linie genügend hell erschien, um deutlich gesehen werden zu können, ihr Licht

aber nicht ausreichend war, um andere Objecte sichtbar zu machen. Durch Drehung der Achse kann man dem Cylinder und damit auch der Lichtlinie jede Lage innerhalb einer frontalen Ebene ertheilen.

#### A. Aufblitzversuche.

Nachdem der Beobachter seinen Kopf mittels eines Zahnbrettchens fixirt hat, lässt der Gehilfe unmittelbar nach einem vereinbarten

Signal die Lichtlinie sichtbar werden. Durch vorher verabredete Klopfzeichen — Sprechen musste wegen der damit verbundenen Verschiebung des Kopfes vermieden werden — gibt der Beobachter an, ob die Linie im ersten Moment des Aufblitzens mit dem unteren Ende rechts oder links geneigt oder genau vertical erschienen war. Der Gehilfe registrierte hierauf die Stellung der Linie und die zugehörige Angabe des Beobachters, um dann nach Verschiebung der (inzwischen abgelöschten) Linie bei einer anderen Stellung derselben den Versuch zu wiederholen.

Um die Registrirung im Finstern rasch bewerkstelligen zu können, bedienten wir uns folgender Markirvorrichtung. Am unteren Ende des Spaltes brachten wir drei unter einander gelegene Taster an, durch die drei Nadelspitzen nach vorn gegen einen Papierstreifen gedrückt werden können. Durch jede der Nadeln, die beim Vordrücken das Papier perforirte, kann die jeweilige Stellung der Lichtlinie angezeigt werden. Von der Art der Aussage hängt es ab, welcher der drei Taster zur Markirung verwendet wird. Wir kamen überein, mit dem mittleren Taster die Angaben vertical zu registriren, mit dem oberen die Angabe, dass das untere Ende der Linie rechts geneigt erscheine, mit dem unteren Taster die gegen-theilige Angabe. Wurde am Schlusse einer Versuchsreihe, die sich auf eine bestimmte Kopfneigung bezog, der Papierstreifen entfernt, so konnte man an diesem ohne Weiteres das Ergebniss ablesen. Die obere Punktreihe gab an, bis zu welcher Stellung der Linie die Angabe: „mit dem unteren Ende nach rechts geneigt“, erfolgte, die mittlere Punktreihe steckte das Bereich ab, innerhalb dessen die Linie vertical erschien, die untere Punktreihe bezeichnete endlich das Gebiet der scheinbaren Linksneigung einer Linie. Die Art der Aufzeichnung liess sofort den Grad der Bestimmtheit dieser Angaben erkennen etc. (vgl. Tafel).

Wir erhielten den Eindruck, dass die Empfindung, auf die sich die Aussage bezog, nicht an Bestimmtheit gewann, sondern im Gegentheil undeutlicher wurde, wenn die Linie länger im Gesichtsfeld belassen wurde<sup>1)</sup>. Dies bestimmte uns, bei diesen Versuchen die Lichtlinie gleich nach dem Aufleuchten wieder abzulöschen. So lange eine Versuchsreihe dauerte, war der Beobachter bestrebt, jede, wenn auch nur vorübergehende Aenderung seiner Kopf- oder Körperhaltung, insbesondere das Loslassen des Beissbrettchens zu vermeiden.

---

<sup>1)</sup> Vgl. Sachs-Wlassak, S. 28.

Um dem Kopf bestimmte Stellungen geben zu können, war das Zahnbrettchen mit einer Vorrichtung in Verbindung, die seine Drehung um eine verticale, frontale und sagittale Achse gestattete. Die Drehung um die sagittale Achse, auf die es bei diesen Versuchen hauptsächlich ankam, konnte an einer Gradeintheilung abgelesen werden. Die Drehungsachse fiel zusammen mit der Längsachse des Zahnbrettchens. Den auch sonst verwendbaren Kopfhalter hat der Mechaniker des hiesigen physiologischen Instituts Herr Castagna hergestellt.

Die Versuche wurden anfangs nur binocular gemacht. Hierbei zeigte es sich jedoch, dass die aufblitzende Linie oft in Doppelbildern erschien, wodurch die Beobachtung erschwert und bestimmte Aussagen oft geradezu unmöglich gemacht wurden. Dies veranlasste uns, die meisten Versuche monocular anzustellen.

Das Doppeltsehen, das bei aufrechter Kopfhaltung wenig oder gar nicht bemerkt wurde, fiel mehr und mehr auf, je mehr der Kopf geneigt wurde. Jetzt erschien die Linie nicht nur im Moment des Aufblitzens doppelt, sondern konnte überhaupt nicht mehr (auch bei längerer Betrachtung) einfach gesehen werden. Ueber Versuche, die sich auf diese Erscheinung beziehen, soll später berichtet werden.

Bei aufrechter Kopfhaltung und binocularer Beobachtung wurde die Lichtlinie nur dann vertical gesehen, wenn sie wirklich vertical stand. Abweichungen von weniger als  $1^\circ$  nach der einen oder anderen Seite wurden mit Bestimmtheit erkannt, — wir können also die gleichlautenden Angaben Nagel's bestätigen.

Bei derselben Kopfhaltung und monocularer Beobachtung erschien die verticale Linie nicht mehr vertical, sondern schief. Vertical erschien eine Linie, die mit dem oberen Ende nach der Seite des beobachtenden Auges geneigt war. Die Abweichung vom Loth, die eine Linie besitzen muss, damit sie bei monocularer Betrachtung senkrecht erscheine, ist bekanntlich bedingt durch die Lage des mittleren Längsschnittes der Netzhaut, der zumeist nicht mit dem verticalen Netzhautmeridian zusammenfällt, sondern mit diesem einen nach oben offenen Winkel bildet. Dieser Winkel — der Ausdruck der sogenannten Netzhautincongruenz — ist bei Dr. Meller auffallend gross.

Dr. Meller bestimmte die Lage der mittleren Längsschnitte in seinen Augen zur Controle auch mit Hilfe des Haploskops von Volkmann, nach der von diesem Autor<sup>1)</sup> angegebenen Methode und gelangte zu denselben Werthen wie bei den Aufblitzversuchen.

<sup>1)</sup> Volkmann, Sitzungsbericht der Berliner Akad. August 1863.

Die Aufblitzversuche ergaben die folgenden Resultate (siehe Tafel):

1. Die Aussagen erfolgen bei jeder Kopfhaltung mit grosser Bestimmtheit. Das Gebiet, innerhalb dessen die Linie mit dem unteren Ende nach rechts geneigt schien, war von dem Gebiet, innerhalb dessen die Linie nach der entgegengesetzten Seite geneigt gesehen wurde, durch eine äusserst schmale Zone geschieden. Bei keinem einzigen Versuch überdeckten sich die beiden Gebiete, was sich in einem Uebereinandergreifen der Punktreihen hätte verrathen müssen.

2. Bei schwachen Kopfneigungen (bis zu  $50^\circ$ ) weicht die scheinbare Verticale von der bei aufrechtem Kopfe als Vertical eingestellten Linie nach der der Richtung der Kopfneigung entgegengesetzten Seite ab, resp. es erscheint die Linie, die bei aufrechtem Kopfe vertical gesehen wurde, nach Ausführung der schwachen Kopfneigung mit dem oberen Ende nach der Seite der Bewegung geneigt.

3. Bei starken Kopfneigungen erscheint die Verticale der Ausgangsstellung mit dem oberen Ende nach der der Neigungsrichtung entgegengesetzten Seite geneigt; vertical wird eine Linie gesehen, die mit dem oberen Ende nach der Seite der Kopfneigung geneigt ist.

Der Grad des Schrägstandes, den das Loth zeigt, resp. der Grad der Abweichung vom Loth, den man einer Linie ertheilen muss, damit sie vertical erscheine, lassen bei Kopfneigungen, die mehr als  $60^\circ$  betragen, eine zum Grade der Kopfneigung proportionale Zunahme erkennen. (Die extremste Kopfneigung, bei der wir noch Aufblitzversuche angestellt haben, betrug ca.  $160^\circ$ . Der Abstand, den die nunmehr vertical erscheinende Gerade von der Verticalen der Ausgangsstellung hatte, war ca.  $40^\circ$ — $50^\circ$  — die grösste Abweichung, die wir registriert haben.)

4. Werden die Resultate verschiedener Versuchstage zusammengestellt, so zeigt es sich, dass nicht immer Linien von gleicher Lage bei derselben Kopfneigung gleich gerichtet gesehen wurden, auch wenn die Versuchsbedingungen dem Anscheine nach dieselben gewesen waren.

Wir fanden, wie schon erwähnt, innerhalb ein und derselben Versuchsreihe eine grosse Bestimmtheit der Aussagen, die sich darin äusserte, dass das Gebiet, innerhalb dessen die Angaben „rechts geneigt“ erfolgten, haarscharf an jenes grenzte, von dem aus schliesslich die Angaben, dass die Linie „links geneigt“ erscheine, ausgelöst wurden. Wir befinden uns hier im Widerspruch mit W. Nagel, der die Empfindung „vertical“ bei geneigtem Kopf unbestimmt findet.

Diese Differenz zwischen uns und W. Nagel dürfte wohl nur

in der Verschiedenheit der Versuchsanordnung begründet sein. Nagel scheint ohne Kopffixation untersucht zu haben, was wir nur ausnahmsweise thaten; ferner können — besonders bei Individuen mit beträchtlicher „Netzhautincongruenz“, wie beispielsweise bei Dr. Meller — schwankende Aussagen bei Verwendung beider Augen daraus resultieren, dass bald die Empfindungen des einen, bald des anderen Auges dominieren, und die Aussage bestimmen. Die Erschwerung der Beobachtung und die Trübung der Versuchsergebnisse, die sich daraus ergeben konnte, vermieden wir dadurch, dass wir die entscheidenden Versuche monocular anstellten (s. o.).

Die dritte und wesentlichste Differenz zwischen unserer und der Nagel'schen Versuchsanordnung liegt in der Art, wie die scheinbar Verticalen bei geneigtem Kopfe ermittelt wurde. Während wir die Lage der scheinbar Verticalen aus einer Reihe unabhängig von einander gemachter Aussagen in der früher beschriebenen Weise ableiteten, ging W. Nagel so vor, dass er eine im Gesichtsfelde verharrende Lichtlinie so lange verschieben liess, bis sie vertical erschien. Dass man mit dieser Methode keine genauen Resultate erzielen kann, wird nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass eine mässig geneigte Linie — Abwesenheit anderer sichtbarer Objecte vorausgesetzt — schon nach kurzer Betrachtung vertical erscheint.

#### B. Beobachtung einer verticalen Linie, während schulterwärts gerichtete Kopfneigungen vorgenommen werden.

Das Zahnbrettchen wird auf 0 gestellt und hierauf für den Beobachter die scheinbar Verticalen ermittelt, die während der folgenden Versuche im Gesichtsfeld eingestellt bleibt. Der Beobachter hat die Aufgabe, unter Festhaltung der Fixation der Linie im Kopfhalter schulterwärts gerichtete Drehbewegungen auszuführen. Das Ausmass der jeweils ausgeführten Drehung kann am Kopfhalter abgelesen werden. Trotzdem während dieser Bewegungen das Zahnbrettchen festgehalten werden musste, machten die Bewegungen den Eindruck von ungezwungenen. Es wurden nur langsam gleitende Bewegungen ausgeführt vom Charakter der natürlichen Kopfbewegungen.

Ausnahmsweise wurden auch Drehungen bis zu  $160^{\circ}$  vorgenommen. Hierbei ging der Beobachter von der sitzenden Stellung aus, erhob sich dann, wenn die Neigung des Kopfes unangenehm empfunden wurde, vom Sitz und stemmte, wenn die Neigung  $100^{\circ}$  überschritt, die Arme zur Unterstützung des Körpers gegen Tisch und Sessellehne. Dabei machte der ursprünglich frontal gerichtete Körper eine Seitenwendung.



Im Grossen und Ganzen stehen die Beobachtungen an ruhenden Linien, die während der Ausführung der Kopfneigungen leuchtend bleiben, im Einklang mit den Ergebnissen der Aufblitzversuche. Die Uebereinstimmung in den Resultaten der beiden Versuchsreihen ist eine vollkommene, wenn wir blos die Erscheinungen bei starker Kopfneigung berücksichtigen. Dagegen haben sich kleine Verschiedenheiten zum Theil individueller Natur für geringgradige Kopfneigungen ergeben. Während wir mit Hilfe der Aufblitzversuche bei schwachen Kopfneigungen eine Verdrehung des Gesichtsfeldes in der Richtung der Kopfneigung constatiren konnten, wurde eine im Gesichtsfelde verharrende Lichtlinie, wenn sie während einer solchen Kopfneigung angeschaut wurde, des öfteren von einer entgegengesetzt gerichteten Scheinbewegung erfasst — ähnliches beobachteten auch einige Versuchspersonen Nagel's (s. u.). Die Scheinbewegung ist offenbar vom Reiz abhängig, den die Linie während der Kopfbewegung auf der bewegten Netzhaut setzt — von der Bildverschiebung.

Im Hellen wird bei Neigung des Kopfes meist nichts von der Scheinbewegung, aber auch kein Schiefstehen der Verticalen bemerkt. Vielleicht spielt hier neben den Erfahrungsmotiven die Verschiebung der von den Orbitalrändern und der Nase auf den Netzhäuten entworfenen Schatten insofern eine Rolle, als hierdurch die Empfindung der Kopfdrehung resp. die Wahrnehmung des verdrehten Kopfes lebhafter betont wird — ein Moment mehr, die Objecte ruhend zu empfinden. Vgl. Hillebrand, Zeitschrift f. Psych. u. Phys. der Sinnesorgane, Bd. XVI, S. 124 ff.

Die Bildverschiebung ist hier nicht wie bei den willkürlichen Augenbewegungen, wenn man so sagen darf, eine erwartete, sie wird einmal als Bewegung des Objects gedeutet, ein anderes Mal gelangt sie überhaupt nicht zur Abhebung und die Linie ändert ihren Raumwerth sprungweise, ohne dass eine die beiden Stellungen verbindende Bewegung wahrgenommen wird.

Wir haben oft bemerken können, dass die Lebhaftigkeit, mit der die Scheinbewegung empfunden wird, nicht dem Ausmass (ja nicht einmal der Richtung) der Verlagerung entspricht, die nach vollendeter Kopfneigung gesehen wird; dies beweist — ebenso wie das Auftreten der Scheinbewegung selbst —, dass die Umwerthung der Raumwerthe der Netzhaut, die bei geneigtem Kopfe in Erscheinung tritt, von den Vorgängen auf der Netzhaut (Bildverschiebung), die während der Ausführung der Kopfneigung ablaufen, unabhängig ist.

Nagel erwähnt, dass bei geringgradigen Kopfneigungen die An-

gaben wechselnde sind. Wir möchten jedoch nicht die Erscheinungen mit Nagel schlechtweg als inconstant bezeichnen, sondern Gewicht auf den Hinweis legen, dass die Aussagen mit dem jeweils mehr beachteten (betonten) Theile der zusammengesetzten Empfindung (einerseits Bildverschiebung — andererseits die Abbildung auf einer Netzhaut, deren Raumwerthe sich ändern) wechseln und dass die Beobachtung erschwert wird durch das Zusammentreffen widerstreitender Empfindungsbestandtheile. — Die fehlende Uebereinstimmung zwischen der Richtung der Scheinbewegung und der scheinbaren Lagenänderung nach vollzogener Kopfneigung könnte mit dem von Breuer beobachteten Zurückbleiben der Augen bei Ausführung von Kopfbewegungen zusammenhängen, d. h. mit der sogenannten „vorübergehenden“ (siehe S. 388) Rollung der Augen, die bei Festhaltung der geneigten Kopfhaltung in Folge der Nachdrehung des Auges bis zur definitiven Rollabweichung zurückgeht.

Bei diesen Versuchen hatten wir oft die Empfindung, wie wenn die Linie während der Kopfneigung nicht in einer rein frontalen Ebene sich bewegen, sondern aus dieser heraustreten würde und zwar derart, dass das untere Ende dem Beobachter näher liegend schien — die Bewegungsbahn also gleichsam verkürzt gesehen wurde.

### III.

Wir wollen nunmehr auf die Frage näher eingehen, in welchem Zusammenhang die Gegenrollungen der Augen zu der bei schulterwärts gerichteten Kopfneigungen zu Tage tretenden Localisation des Gesehenen steht. Wäre der Schiefstand der scheinbar Verticalen allein von der Rollung der Augen abhängig, dann müssten die Localisationsfehler für alle Kopfneigungen, die nach der einen, etwa der rechten — Seite hin ausgeführt werden —, auch nach einer Seite hin erfolgen: sie müssten einer Reihe angehören, da die Rollung der Augen bei Neigung des Kopfes von Anfang an in einem Sinne — dieser entgegengesetzt — verläuft.

Nun weicht aber, wie wir sahen, die scheinbar Verticale bei gering- und bei hochgradiger Kopfneigung, die nach einer (beispielsweise der rechten) Seite ausgeführt werden, nicht beide Male in einem Sinne (etwa links oder rechts) vom Lothe ab, sondern verläuft in dem einen Falle schräg von links oben nach rechts unten, im anderen Falle von rechts oben nach links unten.

Den Einfluss der Gegenrollungen auf die Localisation wollen wir für zwei Fälle — einer geringgradigen (etwa  $30^\circ$  betragenden) und einer hochgradigen ( $90^\circ$  betragenden) Kopfneigung zu bestimmen suchen.

Der Netzhautmeridian, der bei einer Kopfneigung von ca.  $30^\circ$  nach rechts die Verticalempfindung vermittelt, steht nicht senkrecht, sondern schief; er verläuft in beiden Augen von links oben nach rechts unten. Damit bei der supponirten Kopfstellung ( $30^\circ$  nach rechts) richtig gesehen d. h. Objectiv-verticales vertical empfunden werde, müssten diese schief verlaufenden Netzhautmeridiane senkrecht stehen. Dies könnte nur durch eine Drehung der Augen im Sinne der Kopfneigung — also einer Augenbewegung, die der factisch auftretenden Gegenrollung entgegengesetzt verlaufen müsste — herbeigeführt werden —, mit anderen Worten: Würde die Gegenrollung der Augen unterbleiben, dann würde bei schwachen Kopfneigungen die Localisation richtiger sein — mit der Wirklichkeit besser übereinstimmen, NB. unter den im Aufblitzversuche erfüllten Bedingungen.

Anders bei starken Kopfneigungen.

Wir wollen den Fall einer  $90^\circ$  betragenden Neigung des Kopfes gegen die rechte Schulter ins Auge fassen. Gäbe es keine Gegenrollung der Augen, so müsste jetzt der ursprünglich horizontale Netzhautmeridian vertical zu stehen kommen.

In Folge der Gegenrollung bleibt der horizontale Netzhautmeridian zurück. Thatsächlich vertical zu liegen kommt ein Netzhautmeridian  $X$ , der bei horizontaler Kopfneigung mit seinem linken Ende über der horizontalen gelegen war. Vertical-empfindend ist jetzt ein Netzhautmeridian, der weder mit dem ursprünglichen Netzhauthorizont  $H$  zu-

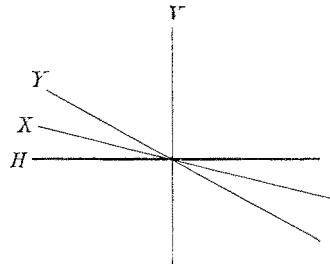


Fig. 2.

sammenfällt, noch mit dem vertical stehenden Meridian  $X$  übereinstimmt; es ist der Meridian  $Y$ , der in gleichem Sinne, jedoch nur stärker gegen den Netzhauthorizont gedreht ist, als der vertical eingestellte Meridian  $X$ . Damit der vertical gewerthete Meridian  $Y$  bei  $90^\circ$  Kopfneigung vertical stehe und dadurch eine richtige Localisation ermögliche, müsste die Gegenrollung der Augen ausgiebiger sein als sie thatsächlich ist.

Wir können demnach auf Grund der Aufblitzversuche den Satz aufstellen, dass die Gegenrollung der Augen bei schwachen Kopfneigungen die Fehler der Localisation mit verschuldet, bei hochgradigen Kopfneigungen dagegen nicht ausreicht, um ihrem Auftreten vorzubeugen.

## IV.

Um zu einem Verständniss der Localisation bei geneigtem Kopf zu gelangen, müssen wir noch die Lageänderungen, die ein Nachbild bei Neigungen des Kopfes eingeht, näher ins Auge fassen.

Einem bei aufrechter Kopfhaltung im verticalen Meridian erzeugten Nachbild kann man durch Neigung des Kopfes jede beliebige Lage im Raume verleihen; man kann demnach auch einem in irgend einem schrägen Meridian erzeugten Nachbild durch eine entsprechende Kopfneigung die verticale Stellung geben: Man kann jeden Meridian, insofern er nachbildtragend ist, vertical empfindend machen.

Das Nachbild macht die Neigung des Kopfes mit, jedoch in geringerem Ausmass wie dieser. Man erblickt im Zurückbleiben des Nachbildes den Ausdruck der Gegenrollung der Augen und hat aus dem Grade des Zurückbleibens auf das Ausmass der Gegenrollung geschlossen. Hierbei ging man von der stillschweigend gemachten Annahme aus, dass das Nachbild immer in der Ebene des nachbildtragenden Netzhautmeridians verharrt. Besteht diese Annahme zu Recht, dann muss ein schräger Meridian in dem Moment vertical stehen, wo das ihm anhaftende Nachbild vertical zu stehen scheint. Auf der anderen Seite lehren die bei Neigung des Kopfes auftretenden Localisationsfehler, dass nicht der jeweils vertical stehende Netzhautmeridian der verticalempfindende ist. Man müsste daraus den paradoxen Schluss ziehen, dass ein und derselbe Netzhautmeridian ein Nachbild, das er trägt, bei Neigung des Kopfes anders localisirt, als ein Object, das sich auf ihm abbildet.

Um dieses Dilemma zu lösen, stellten wir eine Reihe von Versuchen an.

Zunächst trachteten wir ein bei aufrechter Kopfhaltung auf einem schrägen Netzhautmeridian erzeugtes Nachbild durch eine entsprechende Kopfneigung in die scheinbar Verticale zu überführen, um dann bei der gleichen Kopflage mit Hilfe des Aufblitzversuches die Lage der scheinbar Verticalen zu ermitteln. Diese Versuche scheiterten an der Unbestimmtheit, mit der die Einstellung des Kopfes erfolgte. Dies erinnert an die Schwierigkeit, im Finstern bei geneigtem Kopfe eine schräg stehende Linie durch Drehung scheinbar-vertical zu stellen, ein Umstand, der uns, wie oben auseinandergesetzt wurde, veranlasst hat, zur Ermittlung der scheinbar Verticalen die Aufblitzversuche anzustellen. Die Entscheidung brachte uns erst der folgende Versuch.

Es wurde bei aufrechtem Kopf ein lang haftendes Nachbild auf einem dem horizontalen Meridian nahe gelegenen schrägen Meridian erzeugt. Vor dem Beobachter befindet sich die Leuchtlinie, deren Mitte ein Fixationszeichen trägt (ein dunkler Faden, der die Leuchtlinie an einer Stelle unterbricht), der Raum ist durch zwei Glühlampen gut erhellt. Der Beobachter, der im Kopfhalter festgebissen ist, dreht jetzt den Kopf, bis das Nachbild mit der Richtung der Leuchtlinie zusammenfällt. So lange der Raum erhellt ist, scheint die Linie und das sie bedeckende Nachbild senkrecht zu sein; werden beide Lampen abgedreht, so zeigt die schwach rothglühende Lichtlinie sofort den bekannten Schrägstand; die gleiche Verlagerung zeigt auch das Nachbild. Beide richten sich sofort wieder auf, sowie der Raum erhellt wird.

Es wird damit bewiesen, dass dieselben Gesetze, die das Lagenverhältniss zwischen Ort der gereizten Netzhautstelle und scheinbarem Ort des Objectes regeln, auch die Localisation der Nachbilder bestimmen. Die scheinbare Lage des Nachbildes wechselt ebenso wie die von Objecten; sie ist nicht nur von der Lage des nachbildtragenden Netzhautmeridians, sondern auch von den bei erhelltem Raume wirksamen Erfahrungsmotiven abhängig.

## V.

Die Veränderung der Raumwerthe der Netzhaut, die sich beim Nachbildversuch zeigt, sei die impulsive Umwerthung genannt. Hinge die Localisation der Verticalen bei geneigtem Kopfe ausschliesslich von der impulsiven Umwerthung der Netzhaut ab und wäre diese proportional dem Grade der Kopfneigung, dann dürften keine Localisationsfehler auftreten; eine im Gesichtsfeld verharrende Verticale müsste sich hinter einander auf Meridianen abbilden, die hinter einander zu vertical-empfindenden gewerthet werden. Dieser Idealmechanismus erleidet die erste Abänderung durch das Vorhandensein der Gegenrollung der Augen, die dazu führt, dass bei Neigung des Kopfes nicht der um den Kopfneigungswinkel vom Netzhautmittelschnitt abweichende schräge Meridian, sondern ein um einen kleineren Winkel abstehender Meridian vertical zu liegen kommt . . . Diese vertical eingestellten Netzhautmeridiane sind nicht zu vertical-empfindenden gewerthet, da ja objectiv Verticales bei Neigung des Kopfes schief erscheint — wofern die Erfahrungsmotive ausgeschaltet sind. Die Art der Localisation bei geringgradigen Kopfneigungen weist, wie wir gesehen haben, darauf hin, dass die Gegenrollung der

Augen den zu beobachtenden Fehler herbeiführt oder zum Mindesten vergrössert.

Die „impulsive“ Umwerthung, die wir uns von Labyrinthregungen abhängig denken und von der wir uns vorstellen, dass sie proportional der Kopfdrehung erfolge, kann aber, aus der Art der Localisation bei starker Neigung des Kopfes zu schliessen, nicht das einzige, die Localisation beeinflussende Moment sein. Wie uns scheint, ist dieses Moment darin gelegen, dass die Vorstellung des verdrehten Kopfes um so mehr in das aus den Netzhautempfindungen aufgebaute Anschauungsbild des Raumes eingetragen wird, je mehr der Kopf geneigt wird; oder mit anderen Worten: dass die Unterscheidung von oben und unten (die Empfindung der Richtung der Schwerkraft) für die Ausdeutung des Netzhautbildes bei stärkeren Kopfneigungen zum dominirenden Factor wird.

Insofern hierdurch allein schon eine Erkennung der Richtungen im Raume trotz der veränderten Abbildungsverhältnisse gegeben wäre, ist die impulsive Umwerthung der Netzhautraumwerthe, die demselben Zwecke diene, gewissermassen überflüssig: das Zusammenreffen beider Momente muss die Localisation im Sinne einer Uebercompensation beeinflussen . . . dies ist auch thatsächlich der Fall; denn bei höhergradiger Kopfneigung erscheint eine Linie senkrecht, die sich auf einem Meridian abbildet, der — wenn blos die impulsive Umwerthung bestände, schon bei einer Kopfneigung geringeren Grades vertical-empfindend werden müsste.

Für diese Auffassung spricht die Thatsache, dass die Localisationsfehler bei ein und demselben Grad der Kopfneigung grösser werden, wenn der Beobachter, statt zu sitzen oder zu stehen, den ganzen Körper schief lagert, so dass an der Aufbringung der Kopfneigung nicht nur der obere Theil des Körpers theilhaftig ist. Wir besitzen offenbar eine um so richtigere Vorstellung von der Lage des Körpers, je weniger Theile desselben von der aufrechten Haltung abweichen.

Diese Seite der Frage soll noch weiter verfolgt werden, insbesondere durch Prüfung der Localisation seitens des Tastsinnes unter den oben genannten Versuchsbedingungen; ebenso ist auch eine Ausdehnung der Versuche auf Taubstumme beabsichtigt.

---

#### Erklärung der Abbildungen auf Taf. XII, Fig. 1—6.

Die ausgezogene Linie stellt die objectiv Verticale dar. Wie schon im Text erwähnt, enthält die obere Punktreihe die Angaben, dass die Linie mit ihrem

unteren Ende nach rechts, die untere Punkteihe dagegen jene, dass die Linie mit ihrem unteren Ende nach links geneigt erscheine.

Aus den Tafeln ergiebt sich nun zuvörderst, dass die Bestimmtheit, mit welcher der Beobachter (Dr. S.) die Neigung der Linie zur scheinbar Verticalen beurtheilt, eine sehr grosse ist. Denn die Grenzpunkte der beiden Reihen weichen durchwegs von einander kaum  $1^\circ$  ab, obwohl wir bei unseren Versuchen nicht eigens darauf ausgegangen sind, das Grenzgebiet möglichst genau abzutasten.

Die Lage der scheinbar Verticalen ist je nach dem Grade der Kopfneigung eine verschiedene.

0. Kopf vertical.

1.	Rechtsneigung des Kopfes um $10^\circ$ ,	scheinbar Verticale ungefähr $2^\circ$ mit dem oberen Ende nach links gegen die obj. Verticale
2.	„ „ „ „ $30^\circ$ ,	„ „ „ $6^\circ$
3.	„ „ „ „ $40^\circ$ ,	„ „ „ $10^\circ$
4.	„ „ „ „ $60^\circ$ ,	„ „ „ $15^\circ$
5.	„ „ „ „ $90^\circ$ ,	„ „ nach rechts ca. $4^\circ$
6.	„ „ „ „ $140^\circ$ ,	„ „ „ ca. $29^\circ$
7.	„ „ „ „ $160^\circ$ ,	„ „ „ ca. $49^\circ$ .

