

Die optische Localisation der Medianebene.

Von

M. SACHS und R. WLASSAK.

(Mit 3 Fig.)

I. Fragestellung und Methodik.

Die Frage nach den Bedingungen, unter denen ein Object weder rechts noch links, sondern geradeaus vor uns gesehen wird, hat eine eingehende Untersuchung bisher nicht gefunden. Nur in HERING's¹ den Raumsinn betreffenden Arbeiten finden sich einige Angaben darüber, die sich aber alle auf symmetrische Kopfhaltung und Augenstellung beziehen. Quantitativ und unter Berücksichtigung des Einflusses von Kopf- und Augenstellung sind diese Verhältnisse bisher nicht untersucht worden. Diese Lücke auszufüllen wollen die im Nachfolgenden beschriebenen Experimente versuchen.

Unser Bestreben war es, dabei dem Mechanismus der Medianlocalisation in seinen Hauptzügen auf die Spur zu kommen. Wir bildeten unsere messenden Versuche nur bis zu jener Genauigkeit aus, die uns zur Entscheidung dieser Frage nöthig schien. Aus diesem Grunde haben wir auch den Einfluss aller sogenannten „Erfahrungsmotive“ nach Möglichkeit auszuschalten getrachtet. Die Variationen, die ein nervöser Mechanismus unter den verwickelten Bedingungen zeigt, wie sie der Einfluss von „Erfahrungsmotiven“ darstellt, können erst dann analysirt werden, wenn wir wissen, wie er sich unter einfachen Bedingungen verhält. Auch die genaue Ermittlung der durchschnittlichen Gröfse der Richtigkeit², mit der die Localisation der Median-

¹ HERING in HERMANN's *Handbuch der Physiologie* 3 (1), 389, 403 u. f.

² Unter „Richtigkeit“ ist hier immer die Gröfse der Uebereinstimmung der optisch localisirten mit der anatomischen Medianebene zu verstehen, unter „Bestimmtheit“ die Gröfse des Raumgebietes, von dem aus unter

ebene bei Primärstellung des Kopfes erfolgt, schien uns nicht von grofser Bedeutung zu sein.

Wie die Richtigkeit der Localisation unter veränderten Bedingungen — Verwendung nur des einen Auges, geänderte Kopf- und Körperstellung — sich verhält, konnten wir ermitteln, wenn wir in einem und demselben Versuch die Localisation zunächst bei Primärstellung untersuchten und mit der so ermittelten scheinbaren Medianebene die unter geänderten Bedingungen sich ergebende verglichen. Ferner wurde aufser Acht gelassen, wie das benützte Object im Uebrigen localisirt wird, d. h. ob es nahe oder ferne, senk-recht oder geneigt gesehen wird.

Die Methode war in Kurzem folgende: Als Versuchsraum diente ein Dunkelzimmer. In einigen Fällen befolgten wir die Vorsicht, als Versuchspersonen Leute zu wählen, denen sowohl die specielle Anordnung des Experimentes als auch der Versuchsraum selbst unbekannt waren. Diese Vorsicht erwies sich aber als vollkommen unnöthig. Als Localisationsobject benützten wir eine leuchtende Linie. Theoretisch zulässig wäre auch ein leuchtender Punkt gewesen, durch dessen Verwendung auch manche später zu besprechende Ungenauigkeiten der Methode vermieden worden wären. Die leuchtende Linie erwies sich aber praktischer, da bei ihrer Anwendung die Localisation rascher und prompter erfolgt. Diese leuchtende Linie mußte für unsere Zwecke rasch veränderlich in ihrer Stellung zu Kopf und Auge, ihre Lage im Dunkeln rasch markirbar sein und endlich mußte sie dem Auge beliebig lange oder kurze Zeit sichtbar bleiben können. Wir erreichten dies auf folgende Weise: Ueber einem Würfel aus glattpolirtem Holz erhob sich ein Schlot aus geschwärzter Pappe, auf dessen einer Wand ein Holzrahmen angebracht war. In den Holzrahmen war ein geschwärztes Stahlblech eingefügt, in den ein Spalt von 0,5 mm Breite und 120 cm Länge eingeschnitten war. Die Ränder des Spaltes waren zugeschärft, so daß seine Breite auch bei seitlicher Betrachtung nicht merklich verändert schien. Um die Spaltlippen in einer Ebene zu erhalten, war er in Abschnitten von je 15 cm durch Brücken von je 0,5 mm Länge unterbrochen. Stand der Holzwürfel auf einer horizontalen Fläche, so war der

gleichen physiologischen Bedingungen eine und dieselbe Localisation auslösbar ist. Vgl. hierzu HERING a. a. O. 347 u. 413 u. f.

Spalt objectiv vertical. Genau vertical unter dem Spalt war ein Zeiger an dem Holzwürfel angebracht, der die Lage des Spalts auf einem untergelegten Papierstreifen zu markiren gestattete. Im Innern des Schlots waren an einer Eisenstange verschieblich 2 Glühlampen angebracht. Um die Beleuchtung des Spalts vollkommen gleichmässig zu machen, war zwischen den Lampen und dem Spalt ein mit Schreibpapier überzogener Rahmen eingeschoben.

Der Schlot, beziehungsweise der Spalt konnte auf dem Experimentirtisch entweder in einer der Frontalebene der Versuchsperson annähernd parallelen Ebene oder in der Mantelfläche eines Cylinders bewegt werden, dessen Axe annähernd mit der Seitenwendungsaxe des Kopfes zusammenfiel. Auf dem Tisch waren hierzu Führungen, bestehend aus längeren Holzleisten oder kleineren Klötzchen angebracht. Auf der mit Seife bestrichenen und dadurch schlüpfrig gemachten Tischplatte erfolgte die Bewegung des Schlots vollkommen geräuschlos. Fast alle Versuche wurden mit fixirtem Kopfe angestellt. In denjenigen Versuchen, in denen der Kopf annähernd in der Primärstellung sich befand, war das Zahnbrettchen auf einer Tischplatte angeschraubt, die durch Zahn und Trieb in beliebige Höhe eingestellt werden konnte. Die Versuchsperson saß mit zwanglos aufrecht gehaltenem Kopf auf einem Stuhl ohne Lehne. Für diese Haltung wurde das Zahnbrettchen eingestellt. Die genaue Primärstellung wurde also nicht aufgesucht. Ihre jedesmalige Ermittlung wäre äußerst zeitraubend gewesen und ist auch nur dann nothwendig, wenn es darauf ankäme, die durchschnittliche Richtigkeit der Medianlocalisation in absoluten Zahlen zu ermitteln.

Da wir auch Versuche bei seitlich gewendetem Kopf anstellten, war es nöthig, sich eines Kopfhalters zu bedienen, der die Gröfse der Seitenwendung anzugeben gestattete. Dieser Kopfhalter war folgendermaassen eingerichtet.

Ein Holzring (*a*) von 23 cm Durchmesser und 2,5 cm Breite trägt an einem Steg (*b*) das Zahnbrettchen (*c*), der quer verlaufende Steg ist in einer Höhe von 9 cm, vom unteren Ende des verticalen Durchmessers des Rings an gerechnet, angebracht. Der Steg ist an der Stelle, wo er das Zahnbrettchen trägt, nach vorne ausladend, damit der Holzring nicht in das Gesichtsfeld kommt. Ausserdem ist das Zahnbrettchen in einer Führung nach

vorne und hinten verschiebbar und kann durch eine Flügelschraube festgestellt werden. Der Holzring trägt an seinem oberen Rande eine 5 cm breite, innen rauhe, mit einer Flügelschraube versehene Rohrspange (*e*). In dieselbe paßt ein spulrunder Holzstab von 3,5 cm Durchmesser (*d*). Der Holzring läßt sich einerseits in sagittaler Richtung nach vorne oder hinten verschieben, andererseits um den Stab als Axe drehen. In jeder Stellung war er durch Anziehen einer Flügelschraube arretirbar. Das hintere, dem Stativ des Apparates zugewendete Ende des Holzstabes ist an einem starken, querliegenden Holzstück (*p*) derartig befestigt, daß es um eine verticale Axe gedreht werden kann. Das Ausmaafs der Drehung, die vom Holzring und in

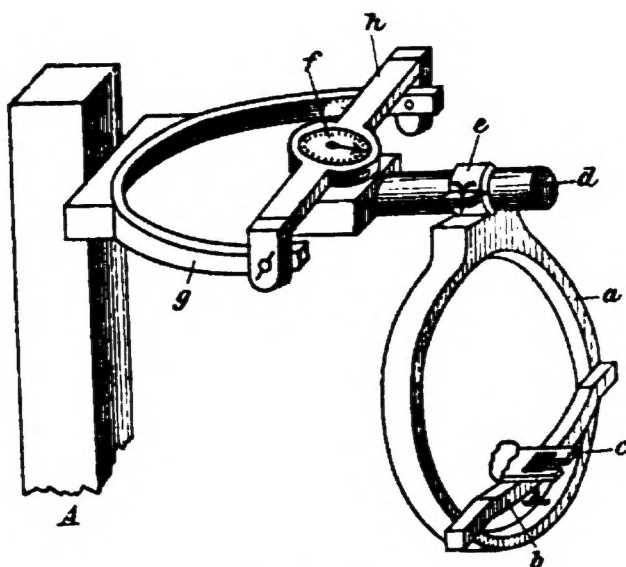


Fig. 1.

Folge dessen vom Kopf mitgemacht werden muß, ist an einer Winkeltheilung in Graden ablesbar. Jede dem beweglichen Theil des Apparates gegebene Stellung kann durch Anziehen einer Klemmschraube fixirt werden. Das quere Holzstück, in dem das Axenlager für die verticale Axe liegt, ruht mit seinen Enden derart in einer horizontalen Gabel (*g*), daß es um eine frontale Axe gedreht werden kann. Das hintere Ende der Gabel ist um eine sagittale Axe drehbar. Durch Verstellung der beiden letztgenannten Axen ist es möglich, die Axe (*f*) genau vertical zu stellen. Es kann dies dadurch geprüft werden, daß bei verticaler Stellung der Axe (*f*) ein an dem Holzstab *d* über dem Zahn Brettchen angebrachtes Loth bei jeder dem Stab ertheilten Lage eine mit der Wasserwaage geprüfte horizontale Ebene eben berühren muß. Durch Verschieben des Rings *a* auf dem Holzstab

kann diejenige Stellung des Kopfes zur Axe f aufgesucht werden, bei welcher der im Apparat fixirte Kopf sich zwanglos bewegen kann. Das hintere Ende der Gabel ist an einem massiven Stativ, das Hebung und Senkung des Kopfhalters gestattet, befestigt. Mehrere — in der Zeichnung nicht angegebene Verstärkungen dienen dazu, das Federn des Apparates nach Thunlichkeit zu beschränken.

II. Die Localisation der Medianebene bei symmetrischer Kopfhaltung.

1. Binocular bei ruhendem Object.

Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Nachdem die Versuchsperson den Kopf fixirt hatte, wurde das Zimmer gänzlich verdunkelt. Dem Schlot wurden verschiedene Stellungen gegeben und der Spalt jedesmal für kurze Zeit leuchtend gemacht. Die Versuchsperson hatte die Aufgabe, durch Klopf-signale — Sprechen mußte vermieden werden, um eine Verschiebung des festgebissenen Kopfes zu verhindern — anzugeben, ob sie die leuchtende Linie rechts, links oder median sieht. Die Augen wurden im Dunkeln offen gehalten und irgend eine bestimmte Anweisung in den Zwischenpausen nach einer bestimmten Richtung zu sehen, nicht gegeben. Jede Stellung des Spalts wurde nebst der angehörigen Localisationsaussage auf dem Markierungsstreifen aufgezeichnet.

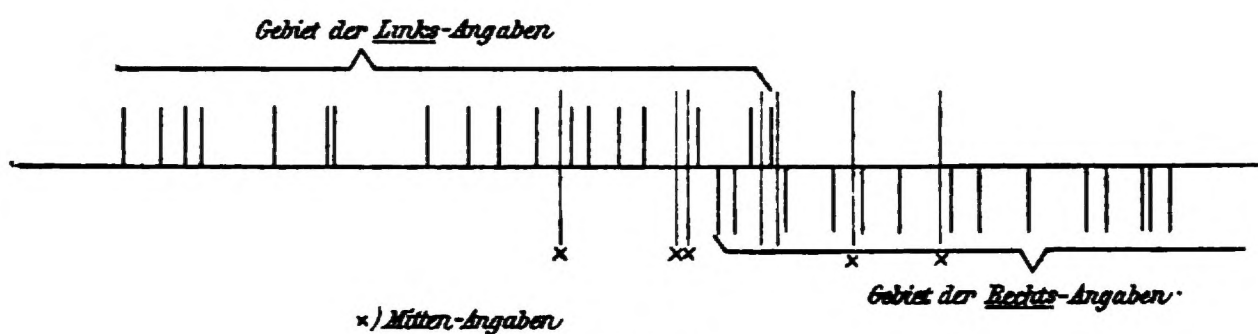


Fig. 2.

Fig. 2 giebt die Copie eines Markierungsstreifens eines solchen Versuches in Originalgröße. Die horizontale Linie ist die Projection der Bahnebene des Spalts auf die Tischplatte. Mit durchgehenden Strichen sind jene Stellungen des Spalts markirt, die als „median“ gesehen wurden, mit oberhalb der Horizontalen liegenden Strichen die als „links“, mit unterhalb angebrachten,

die als „rechts“ gesehenen Stellungen. Die Entfernung des Beobachters — gemessen von dessen Nasenwurzel — von der Bahnebene des Schlots betrug 1,84 m. Der mitgetheilte Versuch kann als typisch gelten. Die Abweichungen, die wir fanden, sind nur quantitative. Da es aber aus gleich zu erörternden methodischen Gründen nicht angeht, Mittelwerthe aus verschiedenen Versuchen zu gewinnen, theilen wir nur einen als Beispiel mit.

Die Resultate aller derartig angestellten Versuchen lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

1. Wir erhalten in Bezug auf die Localisation „Median“ zwei Reihen von Aussagen: Eine, in der „Median“ direct ausgesagt wird, und eine zweite, in der sie sich indirect aus dem Gebiet ergibt, von dem aus sowohl „Rechts“- wie „Links“-Localisationen auslösbar sind. Wir nennen dieses Gebiet „Ueberdeckungsgebiet“.

2. Die Bestimmtheit der indirecten Localisation erwies sich in jeder Versuchsreihe gröfser als die der directen. Ein Blick auf die Figur zeigt, dafs das Raumgebiet, aus dem directe „Median“-Localisationen auslösbar sind, gröfser ist als das „Ueberdeckungsgebiet“. In den einzelnen Versuchen zeigte sich sowohl jede einzelne dieser Gröfsen (wenn wir die linearen Maafse in Winkelwerthe umrechneten) wie auch ihr Unterschied verschieden. Nicht selten stiefsen die Rechts- und Links-Angaben fast haarscharf aneinander. Das Ueberdeckungsgebiet war dann nahezu gleich 0. Ausnahmslos finden sich aber auch rechts und links von dieser Grenze noch Mittenangaben.

3. Die Zeit, während welcher die leuchtende Linie dem Auge dargeboten wird, hat keinen erkennbaren Einfluss auf die Bestimmtheit der Localisation. Es ist gleichgültig, ob man die Linie nur für einen Moment aufblitzen lässt oder ob sie bis zu erfolgter Localisationsaussage sichtbar bleibt.

4. Ebensowenig erweist sich die Entfernung der Linie vom Beobachter von Einfluss. Es ist also gleichgültig, ob ihr Bild bei Nahestellung zunächst auf disparate oder bei Fernestellung sofort auf identische Netzhautmeridiane fällt.

Die Unvollkommenheit unserer Methodik bestand hauptsächlich darin, dafs wir nicht bei genau ermittelter Primärstellung von Kopf und Augen arbeiteten und dafs die Variation der Reize in unseren Versuchen keine gesetzmässige war, dem Auge also vor Allem nicht in einer Versuchsreihe jede Stellung der Linie

gleich oft und räumlich abgestuft dargeboten wurde. Aus diesen Gründen sind die einzelnen Versuchsreihen unter einander nicht streng vergleichbar und können zur Gewinnung von Mittelwerthen nicht dienen. Wir begnügen uns daher mit der indirecten Angabe des Maximalwerthes der Bestimmtheit, die $1 - \frac{1}{2}^{\circ}$ beträgt. Der Einfluß der vermeidbaren Mängel der Methode verschwindet ganz gegenüber einem unausschaltbaren Hinderniß, das sich der Gewinnung genauerer Mittelzahlen entgegenstellt. Da sich nämlich bei diesen Versuchen die Anwendung eines Fixationszeichens von selbst verbietet, so haben wir keine Möglichkeit, kleinere oder größere Bewegungen der im Dunkeln offen gehaltenen Augen zu verhindern. Der Localisationsreiz wird also die Augen nicht immer in derselben Stellung treffen. Daß solche im Dunkeln stattfindende unwillkürliche Augenbewegungen die Resultate zu beeinflussen vermögen, schlossen wir schon daraus, daß die durch Ermüdung hervorgerufene nervöse Unruhe der Versuchsperson die Bestimmtheit der Localisation sofort verkleinert.

Aus keiner der erwähnten Fehlerquellen läßt sich aber das Wesentliche der mitgetheilten Versuchsergebnisse: die doppelte Reihe der Localisationsaussagen, die Unabhängigkeit der Bestimmtheit von der Entfernung des Objectes und der Dauer seiner Sichtbarkeit ableiten.

2. Die monoculare Localisation der Medianebene.

Die beiden letzterwähnten Thatsachen weisen darauf hin, daß in den Abbildungsverhältnissen die entscheidenden Bedingungen für die Localisation der Mitte zu suchen sind. Einen näheren Einblick konnte man von der Vergleichung der Resultate der monocularen mit der binocularen Abbildung erwarten. Die monocularen Versuche wurden unter denselben Bedingungen angestellt wie die binocularen. Wir bestimmten zunächst in der geschilderten Weise binocular die Mitte. Die Mitte des Ueberdeckungsgebietes diene als Nullpunkt für die nachfolgenden monocularen Bestimmungen als „richtige Mitte.“ Nach Verdeckung des einen Auges wurde der Versuch wiederholt. Die Resultate einiger solcher Bestimmungen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle I.

Entfernung der Bahnebene des Spaltes von der Nasenwurzel 1,1 m.

Beobachter	Maafs	Binocular		Rechtes Auge		Linkes Auge	
		Lage der Mediane	Ueberdeckungsgebiet	Lage der Mediane	Ueberdeckungsgebiet	Lage der Mediane	Ueberdeckungsgebiet
M. S. Myopie	in mm	0	8	80 r	6	70 l	8
	in Graden	0	0,4	4 r	0,3	3,5 l	0,4
R. W. Hypermetr.	in mm	0	30	40 r	10	30 l	15
	in Graden	0	1,5	2 r	0,5	1,5 l	0,75
R. F. Hypermetropie latente Convergenz	in mm	0	15	50 l	10	60 r	30
	in Graden	0	0,75	2,5 l	0,5	3,0 r	1,5

Es ergibt sich das Resultat, dass die Bestimmtheit der monocularen Localisation innerhalb derselben Grenzen schwankt wie die der binocularen. Anders steht es mit der Richtigkeit der monocularen Localisation. Die leuchtende Linie muss für das Einauge eine andere Stellung haben als für das Doppelauge. Für die Versuchsperson R. W. entspricht die Verschiebung der monocularen Meridiane gegen die binoculare ungefähr der halben Pupillendistanz. Die Ueberkreuzung der monocularen Medianen von R. F. steht in Uebereinstimmung mit dessen latenter Convergenz, die Divergenz bei M. S. mit dessen latenter Divergenz.

Die Stellung, die die Augen im Moment, da sie der Reiz traf, einnahmen, war offenbar dieselbe, mochte das eine Auge verdeckt gehalten werden oder nicht. Da aber für das Einauge dem Object eine andere Stellung gegeben werden musste, damit es median gesehen wird, so erwies sich die Richtigkeit der binocularen Localisation der Mediane als abhängig von der Abbildung auf der Doppelnetzhaute. Diese Thatsache muss im Zusammenhange mit einer Erfahrung betrachtet werden, die man bei Gelegenheit der Bestimmung der Lage der verticalen Trennungslinien der Retina mittels

haploskopischer Vorrichtungen gewonnen hat. Bei parallel gestellten Gesichtslinien erscheint eine senkrechte Linie, die auf einem verticalen Schirm so angebracht ist, daß sie durch den Schnittpunkt der Gesichtslinie mit dem Schirm geht „als eine durch die Mitte des Sehfeldes gehende annähernd verticale Linie, obwohl sie nur von einem Auge gesehen wird.“¹ Diese Beobachtung unterscheidet sich aber von der von uns gemachten in einem sehr wesentlichen Punkt. Während in dem citirten Versuch der Parallelismus der Gesichtslinien festgehalten wird, muß für unseren Fall angenommen werden, daß nur bei R. W. vor Aufblitzen der Linie annähernd Parallelismus bestand, während bei M. S. Divergenz, bei R. F. Convergenz der Gesichtslinien bestand. Außerdem war hier das vom Reiz nicht getroffene Auge nicht behindert, eine Einstellbewegung zu machen. Weder die ganz verschiedenen Stellungen, in denen das Auge vom Reiz überrascht wurde, noch die ebenso verschiedenen Convergenzstellungen, zu denen das Doppelauge überging, haben aber als solche Einfluss auf die Localisation genommen.

3. Die Localisation der Medianebene bei bewegtem Object.

Zu einer Sonderung des Einflusses von Augenstellung und Abbildung reichen diese Versuche nicht aus. Eine weitere Aufklärung durfte man erwarten, wenn es gelingt, einen Fall zu verwirklichen, bei dem unter Ausschaltung von Abbildungsänderungen nur die Augenstellung geändert wird. Dieser Forderung konnte man annähernd gerecht werden, wenn man die in einer Frontalebene bewegte leuchtende Linie mit dem Blick verfolgen ließ, und unter diesen Umständen die Localisation der Mediane untersuchte. Selbstverständlich verharret auch unter diesen Bedingungen das Bild der Linie nicht immer genau auf demselben Netzhautmeridian. Läßt man aber die Linie sehr langsam wandern, so werden die kleinen Verschiebungen des Linienbildes sofort immer durch Augenbewegungen compensirt.

Wir gaben bei diesen Versuchen dem Spalt zunächst immer eine stark seitliche Stellung. Der Spalt wurde leuchtend gemacht, und die Versuchsperson angewiesen, unter Fixation einer in

¹ HERING a. a. O. 356.

Augenhöhe angebrachten dunkeln Marke, der Bewegung des Spaltes zu folgen. In dem Moment, in dem er median erscheint, hatte die Versuchsperson dies zu melden. Nach erfolgter Aussage „Median“ wurde die Bewegung des Spalts unterbrochen. Auf die Markierungsstreifen wurde Anfang und Ende jeder solchen Wanderung der Linie einzeln vermerkt. Durch Einstecken nummerirter Reifsnägel ist dies im Dunkeln rasch und leicht möglich. Bei einiger Uebung gelingt es auch, den Schlot mit ziemlich gleichmäßiger Geschwindigkeit zu bewegen, ja diese Bewegung so langsam vorzunehmen, daß die Versuchsperson sie als solche garnicht wahrnimmt. Fig. 3 giebt ein Beispiel eines solchen Versuchs in einer graphischen Darstellung.

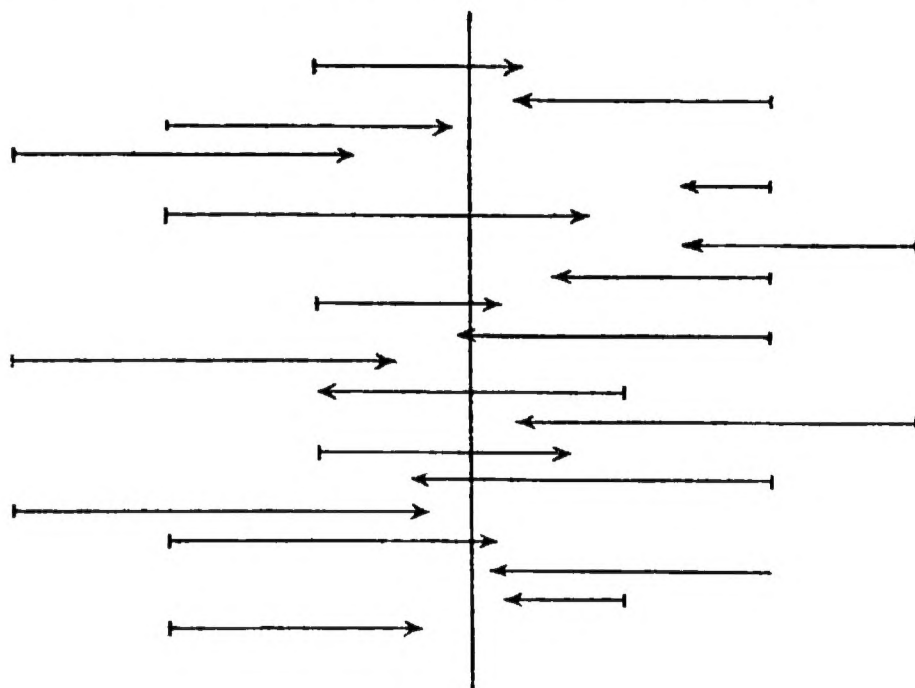


Fig. 3.

Der Anfang jedes Einzelversuches ist mit einem verticalen Strich, das Ende durch ein Pfeilzeichen markirt. Die Entfernung der Bahnebene war dieselbe wie bei dem in Fig. 2 dargestellten Versuch. Die Zeichnung ist aber auf $\frac{1}{6}$ verkleinert, was bei Vergleichung mit dem in natürlicher Gröfse reproducirten Markierungsstreifen in Fig. 2 berücksichtigt werden muß.

So oft wir unter diesen Bedingungen experimentirten, stets ergab sich das Resultat, daß bei bewegtem Blick die Bestimmtheit der Localisation der Medianebene eine um ein Vielfaches geringere als bei ruhendem Auge ist.

Wir machten uns den Einwand, daß vielleicht die untermerklie Geschwindigkeit, mit der der Spalt bewegt wurde, der

Grund der mangelhaften Bestimmtheit der Localisation ist. Wir wiederholten daher die Versuche bei deutlich merkbarer Geschwindigkeit, erzielten aber auch dabei kein wesentlich anderes Resultat.

Was folgt aus diesen Versuchen? Bedenken wir, daß jeder Einzelversuch damit beginnt, daß der Spalt seitlich localisirt, ferner daß er fixirt wird, daß sich also die leuchtende Linie während des ganzen Versuches annähernd auf der verticalen Trennungslinie abbilden muß. Die Abbildungsverhältnisse bleiben also die gleichen, nur die Bulbusstellung ändert sich. Wäre nun die Bulbusstellung resp. die symmetrische Convergenz die entscheidende Bedingung für die Localisation der Mediane, so müßten wir bei bewegtem Blick nicht eine um Vieles kleinere, sondern zum Mindesten eine ebenso große Bestimmtheit erhalten, wie bei ruhendem Blick.

Nun kann man einwenden, daß ja doch in jedem Fall eine Localisation „Median“ zu Stande kommt, wenn auch die einzelnen Localisationen unter einander unvollkommen übereinstimmen. Jede dieser Localisationen müßte doch auch durch ein bestimmtes „Empfindungsdatum“ zu Stande kommen. Hierzu ist zu bemerken: die Localisation der Mediane bei bewegtem Blick unterscheidet sich von der früher geschilderten durch die Art ihres Zustandekommens. Sie trägt nach den übereinstimmenden Aussagen der Beobachter die Merkmale des Ueberlegens an sich. Sie erfolgt langsam und zögernd und wird nach erfolgter Aussage öfters zurückgenommen. Diese Erfahrungen deuten darauf hin, daß das „Empfindungsdatum“, das unter diesen Umständen entscheidend ist für die Localisation, ein in der Regel nicht verwendetes ist. Hält man damit seine geringe quantitative Bestimmtheit zusammen, so wird man zu dem Schlusse kommen müssen, daß in den von der Augenstellung als solcher abhängigen centripetalen Erregungen nicht die in der Norm entscheidenden Momente für die Localisation der Medianen gelegen sind.

4. Die Localisation der Medianebene bei seitlicher Blicklage.

Man könnte noch den Einwand erheben, daß in unseren speciellen Versuchsbedingungen die Ursache der mangelhaften Unterscheidung der einzelnen Bulbusstellungen gelegen ist. Die

Anhänger der Theorie der Muskelempfindungen haben nie ermittelt, welches mechanische Moment der Bulbusbewegung der adäquate auslösende Reiz der Muskelempfindungen ist. Könnte nicht die in unseren Verschiebungsversuchen in unmerklichen Schritten sich vollziehende Aenderung der Augenstellung ein besonders ungünstiger Fall für das Zustandekommen unterscheidbarer Muskelempfindungen sein?

Um diesem Einwand zu begegnen, suchten wir noch zu ermitteln, wie die Localisation der Mitte sich verhält, wenn die Augen im Momente des Aufleuchtens des in Bezug auf die Mediane zu localisirenden Spaltes sich in einer Seitenstellung befanden. Eine solche Augenstellung ist natürlich nur durch ein seitliches Fixationszeichen zu erreichen. Wenn der Blick aus der im Dunkeln eingenommenen Ruhestellung auf das Fixationszeichen übergeht, so wird dieses natürlich mit einem gewissen Seitenwerth localisirt werden. Blitzt nun das zweite in Bezug auf die Mediane zu localisirende Object auf, so sind zwei Fälle möglich. Entweder kann der Blick auf dem Fixationszeichen haften bleiben und die Localisation des zweiten Objectes kann jetzt nur relativ zu dem Seitenwerth des Fixationszeichens auf Grund der Abbildungsverhältnisse erfolgen. Oder der Blick springt von dem Fixationszeichen auf das zweite Object über und die Localisation kann dann nicht nur auf Grund der Abbildungsverhältnisse, sondern auch durch die Vermittelung eventueller Muskelempfindungen erfolgen, welche durch die Bulbusbewegung und neue Bulbusstellung ausgelöst werden. Dieser zweite Fall entspricht durchaus den normalen Verhältnissen des Sehens, es müßten also die günstigsten Bedingungen für die Auslösung von Muskelempfindungen gegeben sein. Schließlich können wir noch den Blick durch einige Zeit andauernd an dem Fixationszeichen haften lassen. Es wäre möglich, daß unter diesen Umständen der Einfluß des durch die erste Localisation gewonnenen Seitenwerthes abnimmt und die durch die Seitenstellung bedingten Muskelempfindungen reiner hervortreten.

Wir stellten die darauf bezüglichen Versuche in der Weise an, daß wir zunächst durch Aufblitzversuche die „normale“ Mediane bestimmten. Dies empfahl sich aus zwei Gründen. Einmal konnte in diesen Versuchen sich eine Verlagerung der scheinbaren Mediane ergeben, dann war aber auch für die Bestimmtheit der nachfolgenden Localisationen ein unter möglichst

gleichen Bedingungen gewonnenes Vergleichsobject gegeben. Nachdem die Normal-Mediane bestimmt ist, wird seitlich von dieser in der Frontalbahnebene des Spalts ein zweiter kleiner leuchtender Spalt angebracht, der als Fixationsmarke dient, und hierauf vorgenannte drei Arten von Bestimmungen durchgeführt.

Es ergibt sich hierbei: Die Medianebene erscheint gegen das seitliche Fixationszeichen zu verschoben. Diese Verschiebung wächst mit der Grösse des Seitenwerthes des Fixationszeichens. Innerhalb einer Versuchsreihe, in der dieses letztere an Ort und Stelle bleibt, ist sie am kleinsten bei Abspringen des Blickes nach dem zuzweit zu localisirenden medianwärts gelegenen Spalt, etwas grösser beim Haftenbleiben, und am grössten bei dauern-dem Verweilen des Blickes auf dem seitlichen Spalt. Die Bestimmtheit der Localisation der Mitte, gemessen durch die Grösse des Ueberdeckungsgebietes ist dieselbe wie bei der Bestimmung der Normal-Mediane, mag der Blick auf das medianwärts gelegene Object übergehen oder nicht. Sie wird aber deutlich geringer bei länger dauernder Fixation des seitlichen Spalts. Unsere Versuche sind nicht zahlreich genug, um die Abhängigkeit der Verschiebung der Medianebene von der Grösse des Seitenwerthes des Fixationszeichens genau zu verfolgen. Wir theilen daher nur eine Beobachtungsreihe mit.

Beobachter R. F. Die Entfernung der Bahnebene des Spalts von der Nasenwurzel des Beobachters beträgt 210 cm. In dieser Ebene 70 cm nach rechts von der vorerst bestimmten Mitte steht das Fixationszeichen. Bei abspringendem Blick rückt die Mitte des Ueberdeckungsgebietes 70 mm nach rechts. Das Ueberdeckungsgebiet beträgt 7 mm. Die directen Mittenangaben liegen in atypischer Weise fast alle auf der der wirklichen Mitte zugekehrten Seite des Ueberdeckungsgebietes. Bei Festhalten des Fixationszeichens rückt die Mitte 130 mm nach rechts. Das Ueberdeckungsgebiet beträgt 5 mm. Bei länger dauernder Fixation rückt die Mitte 280 mm nach rechts, das Ueberdeckungsgebiet beträgt 30 mm.

Für die Deutung dieser Versuche haben wir zu trennen die Verschiebung der scheinbaren Medianebene und die Bestimmtheit ihrer Localisation. Eine völlig befriedigende Deutung der Thatsache der Verschiebung vermögen wir nicht zu geben. Man wird hier daran zu denken haben, dass die Localisation der Mediane bei Seitenstellung der Augen nur als

Entfernungswerth zu Stande kommen kann. Damit das zuzweit zu localisirende Object in der Medianebene gesehen wird, muß sein Abstand vom fixirten Spalt gleich sein dem Seitenwerth dieses letzteren. Jeder solcher Entfernungswerth ist aber nur denkbar mit Beziehung auf ein bestimmtes Sehfeld. War das Sehfeld im Momente des Aufblitzens des Fixationszeichens eine Ebene, die senkrecht steht auf der in der ersten Bestimmung gefundenen Mediane, so ist der Seitenwerth des Fixationszeichens als Distanz in dieser Ebene gegeben. Wendet sich der Blick dem seitlichen Object zu, und ist das Sehfeld nun eine auf der neuen binoculären Blicklinie senkrecht stehende Ebene, so muß die Mediane als gleicher Abstand im neuen Sehfeld gegen die Seite zu verschoben erscheinen. Daraus ließe sich die Verschiebung wenigstens der Richtung nach erklären. Auch, daß die Verschiebung bei Rückwendung des Blickes nach der Mitte — also bei abermaliger Verlagerung des Sehfeldes — kleiner ist als beim Haftenbleiben auf dem seitlichen Object, stünde damit im Einklang.

Schwer verständlich aus dieser nur mit allem Vorbehalt vorgebrachten hypothetischen Erklärung ist die im Vergleich zu den beiden ersten Versuchsreihen grössere Verlagerung bei länger dauerndem Fixiren des seitlichen Objectes. Hier kommt möglicher Weise eine Art von Abklingen des Seitenwerthes des Fixationszeichens in Rechnung, womit aber wieder die vergleichsweise immer noch große Bestimmtheit der unter diesen Bedingungen erfolgenden Localisation nicht ganz stimmen will. Ob diese Erscheinungen mit der von CHAS. B. MORREY¹ unter EXNER'S Leitung gefundenen Thatsache, daß wir periphere Objecte näher dem Fixationspunkt sehen, als sie wirklich sind, in Zusammenhang stehen, wagen wir nicht zu entscheiden. Die Versuchsbedingungen sind allzu verschiedenartige.

Wichtiger als diese die Richtigkeit der Localisation der Mediane betreffenden Thatsachen sind die über ihre Bestimmtheit unter diesen Umständen. Die Bestimmtheit erreicht hier die in allen unseren Versuchen überhaupt gefundenen Maximalwerthe auch dann, wenn der Blick auf dem seitlichen Object haften bleibt, die zur Auslösung der Muskelempfindung nöthige Be-

¹ Die Präcision der Blickbewegung und der Localisation an der Netzhautperipherie, *diese Zeitschrift* Bd. 20, S. 317 f.

wegung der Augen also überhaupt nicht ausgeführt wird. Diese Bestimmtheit kann also nur von den Abbildungsverhältnissen bedingt sein. Allerdings können die Anhänger der Theorie der Muskelempfindungen noch sagen, daß durch die Ausführung der Blickbewegung immerhin eine größere Richtigkeit der Localisation der Mediane erzielt wird. Sie müssen es aber in den Kauf nehmen, daß auch dann noch ein nicht unbeträchtlicher Fehler begangen wird, und daß unter diesen völlig normalen Bedingungen ein anderer Convergenzgrad zur Localisation „Median“ führt, als wenn die Augen aus der im Dunkeln eingehaltenen Stellung sich dem Object zuwenden. Geringes Gewicht ist wohl der abnehmenden Bestimmtheit bei länger andauernder Fixation des seitlichen Objects beizulegen. Sie ist aus der Ermüdung erklärlich, die zu unvermeidlichen kleinen Schwankungen des Blickes führt. Diese müssen die Localisation beeinflussen, mag sie nun eine durch die Abbildungsverhältnisse bedingte oder auch von eventuellen Muskelempfindungen abhängig sein.

III. Die Localisation der Median-Ebene bei seitlich gewendetem Kopf.

Alle bisher geschilderten Versuche sind bei zwanglos aufrecht gehaltenem Kopf angestellt, Die anatomische Medianebene des Kopfes fiel mit der des Rumpfes zusammen. Es bleibt noch der Einfluß zu untersuchen, den die relative Stellung von Kopf und Körper auf die Localisation der Mediane nehmen.

Diese Untersuchung ist in Hinblick auf zwei Fragen von Interesse. Einmal, ob bei seitlich gedrehtem Kopf die Lage der anatomischen Medianebene des Kopfes im Raum oder die des Körpers entscheidend ist. Dann ob die „Muskelempfindungen“, die durch die Kopfstellung ausgelöst werden, auf die optische Localisation von Einfluß sind. Seit BREUER's Untersuchungen wissen wir, daß mit der Drehung des Kopfes um eine verticale Axe Augenbewegungen gesetzmäßig verbunden sind, die dazu führen, daß am Ende der Kopfdrehung die Augen in einer bestimmten Orientirung zum Kopf stehen. Diese Augenstellung verändert natürlich die Bedingungen für die Localisation der Mitte. Fraglich ist nur, ob die Lage des Kopfes relativ zum Rumpf nicht durch Vermittelung der von den Halsmuskeln und

Bändern ausgehenden Erregungen bei der optischen Localisation mit in Rechnung kommt. Ein derartiger Zusammenhang stünde nach den Erfahrungen über die Localisation der Verticalen bei Neigung des Kopfes nach der Seite nicht außer Analogie.

Ueber die Stellung der Augen am Ende einer Kopfdrehung herrscht nicht völlige Uebereinstimmung. BREUER¹ giebt an, daß die Bulbi wieder in Normalstellung stehen, wenn der Kopf ohne die Intention, nach der Seite zu blicken, gedreht wird. So verhalte es sich bei passiver Drehung und bei Blinden. Wird dagegen der Kopf mit der Intention, nach der Seite zu schauen, gedreht, so stehen am Ende der Bewegung die Augen in leichter, der Kopfdrehung gleichgerichteter Seitenstellung. Dagegen hat DELAGE² behauptet, daß das letztere Verhalten ausnahmslos sei, und daß die Augen stets unter diesen Umständen eine Seitenstellung von ca. 15° einnehmen. AUBERT³ hat diese Angabe im Wesentlichen bestätigt und nur die Correctur hinzugefügt, daß je nach der Größe der Kopfdrehung die Seitenstellung der Bulbi zwischen 13 und 24° schwanken. DELAGE versucht aus dieser Seitenstellung der Augen die von ihm beschriebene Täuschung über die Lage der tastbaren Medianebene bei Kopfdrehungen zu erklären. Es geht daraus hervor, daß nach seiner Meinung diese Augenstellung beibehalten wird, solange der Kopf in seiner Stellung verharret.

Bei dieser mangelhaften Uebereinstimmung der Angaben über die Augenstellung bei gedrehtem Kopf war es für unsere Zwecke nothwendig, erst über diesen Punkt durch messende Versuche Aufschluß zu bekommen. Wir verfahren in folgender Weise: In der vorerst ermittelten Mediane wurde ein leuchtender Spalt aufgestellt, der nach Einbeißen in das Zahnbrettchen des Kopfhalters durch etwa 1 Minute fixirt wurde. Bei geschlossenen Augen wurde nun der Kopf activ oder passiv verdreht, am Ende der Drehung die Augen geöffnet und die Lage des Nachbildes

¹ BREUER, Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. *Wiener med. Jahrbücher* 1874, Sep.-Abdr. S. 12. — Ueber die Function der otolithischen Apparate, *PFLÜGER'S Archiv* 48, 195.

² DELAGE, Physiologische Studien über die Orientirung, übersetzt von AUBERT. Tübingen 1888, S. 33.

³ AUBERT bei DELAGE a. a. O. S. 33.

auf einem Schirm abgelesen. Dieser Schirm bildete einen Cylindermantel, dessen Axe mit der Drehungsaxe des Kopfhalters zusammenfiel. Der Schirm war mit einer Winkeltheilung versehen. Sein Abstand von der Drehungsaxe des Kopfhalters betrug 2,5 m.

Es ergab sich dabei, daß das Nachbild, es sei die Kopfdrehung eine active oder passive, im Momente des Oeffnens der Augen dem Kopf etwas vorausgeeilt ist. Nach einigem Pendeln um die spätere Ruhelage oder auch nach einmaliger Umkehr nimmt es eine dauernde Lage ein. Das Pendeln beobachteten wir hauptsächlich bei rascher passiver Verdrehung des Kopfes. Die Endlage entspricht der Kopfstellung sowohl bei größeren wie geringeren Drehungen ziemlich genau. Der Spielraum beträgt für ein und dasselbe Individuum ca 5° . Bei dem einen von uns war ein Zurückbleiben von $3\text{--}5^{\circ}$, bei dem Anderen eine Ueberdrehung der Augen um $2\text{--}4^{\circ}$ die Regel. Von einer mit der Kopfdrehung andauernden Seitenstellung der Augen kann also keine Rede sein. Wir gingen nun daran, die Localisation der Mitte unter diesen Umständen zu untersuchen. Die Kopfdrehung wurde passiv vorgenommen. Der leuchtende Spalt wurde längs des erwähnten Cylindermantels verschoben, dessen Axe mit der Drehungsaxe des Kopfhalters zusammenfiel. Die Bestimmtheit der Localisation der Mediane schwankt unter diesen Bedingungen innerhalb derselben Grenzen wie bei Primärstellung des Kopfes. Die Uebereinstimmung der localisirten Mitte mit der Kopfstellung ist annähernd dieselbe, die sich für Kopfdrehung und Augenstellung mittels der Nachbildmethode ergeben hatte. Einige größere Abweichungen im Sinne eines Zurückbleibens der Mediane, die wir fanden, sind wir geneigt, auf Versuchsfehler zurückzuführen. Bei diesen länger dauernden Versuchen mit seitlich gedrehtem Kopf sind Gegendrehungen im Zahnbrettchen nur sehr schwer zu vermeiden. —

Als Beispiel theilen wir folgenden Versuch mit.

Tabelle II.

Beobachter M. S. — Entfernung der Bahnfläche des Spalts von der Nasenwurzel des Beobachters 1 m 10 cm.

Kopfstellung	Lage der Mediane	Ueberdeckungsgebiet
0 °	0 °	1 °
20 ° r	16 ° r	1,3 °
40 ° r	37 ° r	1,5 °
60 ° r	56 ° r	1 °
80 ° r	75 ° r	1,5 °

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß bei seitlich gedrehtem Kopf die Lage des Kopfes und nicht die des übrigen Körpers für die Localisation der Mediane das entscheidende ist. Durch die Nachdrehung der Augen sind auch für diesen Fall dieselben Bedingungen hergestellt, wie sie bei Primärstellung des Kopfes bestehen.

Zur Annahme eines Einflusses von Empfindungen, die von den Halsmuskeln ausgelöst werden, auf die optische Localisation der Mediane giebt dieses Ergebniss keine directe Veranlassung. Immerhin schien es uns nicht werthlos, noch einen Fall zu untersuchen, in dem für einen solchen Einfluß günstige Bedingungen vorliegen. Dies wird offenbar dann zutreffen, wenn die in den Hals- und Kopfgelenken ausgeführte Drehung eine sehr starke ist und außerdem diese Verlagerung durch Drehung des Körpers unter dem ruhig gehaltenen fixirten Kopf zu Stande kommt. Auch für diesen Fall mußte aber zunächst die Augenstellung mittels der Nachbildmethode geprüft werden. Unter dem mittels des Zahnbrettchens fixirten Kopf wurde der Körper nach Erzeugung eines dauerhaften Nachbildes auf einem Drehstuhl verdreht, am Ende der Drehung die Augen geöffnet und die Lage des Nachbildes beobachtet. Führt man diese Drehung selbst activ aus, so findet man das Nachbild gleichsinnig mit der Körperdrehung verschoben. Die Verschiebung erweist sich aber von sehr verschiedenem Ausmaafs bei der gleichen Körperdrehung.

Anders steht die Sache bei vorsichtiger passiver Verdrehung. Hier kann die Wanderung des Nachbildes entweder ganz ausbleiben oder nur eine unbedeutende Gröfse erreichen. Diese Be-

funde sind wohl in der Weise zu deuten, daß bei activer Verdrehung mit der Innervation zur Seitenwendung des Körpers auch eine solche zur Seitenwendung der Augen einhergeht. Die geringfügigen und inconstanten Verschiebungen bei passiver Drehung können entweder von einer Nachdrehung des Kopfes im Gebiß, oder von einem nicht unterdrückbaren activen Nachhelfen bei der Drehung herrühren.

Untersucht man unter diesen Bedingungen die Localisation der Mitte bei starker passiver Seitendrehung des Körpers, so findet man eine Verschiebung nach der Seite der Körperdrehung, die immerhin zu groß ist, um aus einer Gegendrehung im Gebiß erklärt werden zu können. Sie erweist sich aber nicht erkennbar abhängig von der Größe der Körperdrehung, und ist, was vor Allem ins Gewicht fällt, von geringer Bestimmtheit. So fanden wir in zwei unmittelbar auf einander folgenden Bestimmungen mit einer Drehung von 80° eine Verschiebung von 8° , bei einer solchen von 90° nur eine Verlagerung von 6° . Die Bestimmtheit betrug in den beiden Fällen 5° und 7° , nachdem vorher bei Primärstellung des Kopfes sich ein Werth von 1° ergeben hatte. Diese Erfahrungen ergeben keine Berechtigung, einen Einfluß der Muskelempfindungen des Halses auf die optische Localisation der Mediane anzunehmen. Die wahrscheinlichste Erklärung für die beobachtete Verschiebung der optischen Mediane ist wohl die, daß die äußerst unbequeme Verdrehung des Kopfes fortwährend die Intention zu kleinen Correcturbewegungen des Kopfes auslöste, mit denen Augenbewegungen einhergingen. Das Bestehen dieser letzteren erklärt die auffallend geringe Bestimmtheit der Localisation. Von einer quantitativ bestimmten Einrechnung der Muskelempfindungen des Halses kann also nicht die Rede sein. Der Satz, daß für die Localisation der Mediane die Lage des Kopfes, resp. die durch sie bestimmte Augenstellung entscheidend ist, erleidet also keine Einschränkung.

IV. Zusammenfassung und Schlussbemerkungen.

Ein Rückblick auf die gewonnenen Ergebnisse ergibt Folgendes. Für die Localisation der Mediane ließen sich zwei Arten von Aussagen ermitteln. Die eine, in der „Median“ direct ausgesagt wird, und eine zweite, in der sie sich aus dem Gebiet ergibt, von dem aus Rechts- und Links-Localisationen gemischt

auslösbar sind. Das Gebiet der directen Localisation ist stets größer als das der indirecten. Es ergiebt sich daraus, daß das Ueberdeckungsgebiet der Rechts- und Links-Localisationen nicht als der Fehlerbereich der directen Medianlocalisation anzusehen ist, da in diesem Falle die Gebiete der beiden Localisationsarten sich decken müßten. Es wäre dann unmöglich, daß directe Medianlocalisationen noch von einem Gebiet auslösbar sind, von dem im Uebrigen nur Rechts- und Linkslocalisationen erhalten werden können.

Man wird also annehmen müssen, daß es sich hier um zwei differente Arten der Localisation handelt. Einen Hinweis darauf enthält auch die Beobachtung, daß die Aussage „Mitte“ sehr oft zögernd erfolgt, und sich, wenn der Ausdruck gestattet ist, als eine Verlegenheitsaussage kundgiebt. Unser Sehorgan ist also viel mehr darauf eingerichtet, „Rechts“ und „Links“ zu unterscheiden als das „weder Rechts noch Links“ direct zu localisiren.

Die Bestimmtheit der indirecten Localisation beträgt maximal ungefähr $1\frac{1}{2}^{\circ}$, die der directen ist weit schwankender, kann oft auf mehrere Grade absinken. Bei der im Dunkeln eingenommenen Augenstellung ist es für die Bestimmtheit der Localisation der Medianebene gleichgültig, ob das Object nahe oder ferne steht, d. h. ob es zunächst auf disparaten oder sofort auf identischen Netzhautstellen sich abbildet. Nimmt man hinzu die Erfahrung, daß auch die Expositionszeit bei Nahestellung keinen erkennbaren Einfluß auf die Bestimmtheit der Localisation nimmt, eine Einstellbewegung der Augen also nicht nöthig ist, so kommt man zu dem Schluß, daß für die im Dunkeln eingenommene Augenstellung in der Abbildung die zureichende Bedingung für die Localisation der Mediane gegeben ist. Für die Nahestellung definirt sich diese dahin, daß sich die Linie symmetrisch zu den beiden verticalen Trennungslinien abbilden muß, um median gesehen zu werden. Die beiden getroffenen Netzhautmeridiane haben dann den gleichen aber entgegengesetzten Seitenwerth, die Seitenwerthsdifferenz 0, ein Merkmal, das selbstverständlich auch bei Abbildung auf den verticalen Trennungslinien selbst zutrifft.

Es ergiebt sich also dieselbe Definition der Bedingungen, unter denen ein Object median gesehen wird, zu der schon auf

etwas anderem Weg HERING¹ gelangt ist. HERING analysirte die Abbildungsverhältnisse eines in der Medianebene des Kopfes (bei symmetrischer Kopfhaltung) um eine horizontale Axe gedrehten Drahtes bei Fixation des Drehpunktes für den Fall, daß die queren Mittelschnitte der Netzhaut in der horizontalen Blickebene liegen. Er findet, daß die einzelnen Punkte des Drahtes, solange sie überhaupt einfach gesehen werden, in der scheinbaren Medianebene liegen. Daraus leitet HERING den Satz ab: „daß alle Außenpunkte, welche entweder ein correspondirendes auf den mittleren Längsschnitten liegendes oder ein zu diesen Längsschnitten symmetrisch-disparates Doppelnethautbild geben, aber gleichwohl nicht als Doppelbilder gesehen werden, in einer Ebene erscheinen, welche unter den besonderen Bedingungen des obigen Versuches mit der scheinbaren Medianebene zusammenfällt.“ Bei der monocularen Bestimmung der Mediane tritt die Bedeutung der Abbildung auf der Doppelnethaut noch entscheidender hervor. Für das Einauge muß der leuchtende Spalt eine andere Stellung haben, um median gesehen zu werden, wie für das Doppelauge: er muß in die Gesichtslinie des ruhenden Auges fallen.

Dieses Ergebniss ist aus der früher für das Doppelauge gegebenen Formulirung unmittelbar ableitbar. Von den beiden möglichen Fällen: Abbildung auf den verticalen Trennungslinien oder symmetrisch zu diesen, ist für das Einauge nur der erste erfüllbar und daher ausschließliche Bedingung für die Localisation der Mediane.

Die Stellung des Auges in dem Moment, wo es vom Reiz getroffen wird, ist nur insofern von Einfluß, als sie Bedingung der Abbildung ist. Eine Einrechnung der Stellung in die Localisation durch Vermittelung von Muskelempfindungen ist nicht nachweisbar. Dies ergibt sich besonders deutlich aus der Ueberkreuzung der scheinbaren monocularen Medianebenen bei der Versuchsperson mit latenter Convergenz. Auch die Einstellungsbewegung des verdeckten Auges, der Uebergang zu einer asymmetrischen Convergenz, ist ohne Einfluß auf die Localisation. Ein in der wirklichen Medianebene gelegenes Object kann also bei Ausschuß sonstiger Localisationsmomente nur dann median gesehen werden, wenn es sich auf der Doppelnethaut abbildet.

¹ HERING a. a. O. S. 404.

Bei langsamem Verschieben des leuchtenden Spalts gegen die Mediane muß, wenn der Blick demselben folgt, sein Bild annähernd auf den verticalen Trennungslinien verharren. Der Einfluß der Abbildung ist dann in einem gewissen Umfang ausgeschaltet. Die Localisation erweist sich demgemäß auch um ein Vielfaches weniger bestimmt, da Fehler bis über 6° begangen werden können. Diese Versuche zeigen, daß eine genauere Unterscheidung symmetrischer und asymmetrischer Convergenzen nicht besteht.

Bei Fixation eines seitlichen Objects rückt die scheinbare Mediane gegen dieses Object hin und zwar um so mehr, je größer der Seitenwerth des fixirten Objectes ist. Bei einer gegebenen Stellung des letzteren ist die Verschiebung größer bei Verharren des Blickes in der Seitenlage wie beim Uebergehen auf das medianwärts gelegene Object. Die Ursachen dieser Verlagerung der Mediane müssen erst weitere Versuche klarstellen. Die Localisation der Mediane kann bei ruhendem Blick auf Grund der Abbildungsverhältnisse nur relativ, unter Einrechnung des Seitenwerthes des fixirten Objectes erfolgen. Daß dies in der That möglich ist, ergibt sich daraus, daß die Bestimmtheit der Localisation dieselbe ist, mag nun der Blick auf dem Fixationsobject verharren oder auf das zu zweit localisirende übergehen. Die Ausführung der Blickbewegung ist also für die Bestimmtheit belanglos.

Alle diese Erfahrungen führen zu dem Schlusse, daß eine Einrechnung der Augenstellung durch Vermittelung von Muskelempfindungen nicht nachweisbar ist. Das gleiche gilt von der Lage des Kopfes nach Drehung um eine verticale Axe. Die Nachdrehung der Augen findet, wie die Untersuchung mit Nachbildern zeigt, innerhalb eines Spielraumes von 5° in demselben Ausmaasse statt wie die Kopfdrehung. Die Mediane ist gleichfalls im Sinne der Kopfdrehung bis auf 5° genau verlagert, für ihre Localisation ist also die Lage des Kopfes im Raume das entscheidende. Die Nachdrehung der Augen stellt für die Localisation nur dieselben Bedingungen her, wie sie bei Normalstellung des Kopfes bestanden.

Nur bei extremen Seitenstellungen des unter dem Kopf verdrehten Körpers zeigt sich eine Beeinflussung der optischen Localisation, die insofern auf Spannungsempfindungen des Halses zurückgeht, als diese kleine Correcturbewegungen von Kopf und

Augen auslösen. Die geringe Bestimmtheit der Localisation unter diesen Umständen erfordern diese Deutung.

Als ein allgemeines Resultat unserer Forschungen ergibt sich der Satz, daß die Localisation der Mitte nur von den Abbildungsverhältnissen und nicht von Muskel- oder Bewegungsempfindungen abhängig ist.

Die Argumente, die wir gegen diese letztere Annahme geltend machen konnten, sind logisch nicht alle gleichwerthig. In einer ersten Gruppe von Versuchen erwies sich die Ausführung der Augenbewegung für die Localisation nicht notwendig. So verhält es sich bei der Localisation durch das ruhende Auge und bei Fixation eines seitlichen Objectes. In einer zweiten Gruppe zeigte sich die Blickbewegung auf die Localisation einflußlos, indem sie nicht zu jener Localisation führte, die sich hätte ergeben müssen, wenn die Blickbewegung das eigentlich Bestimmende wäre. Hierher gehören die Ergebnisse über die Localisation der Medianen durch das Einauge. In der dritten Gruppe zeigt sich die Augenbewegung als unzureichend, zu einer bestimmten Localisation zu führen. Dies trifft für die Verschiebungsversuche zu. Gegen die erste Versuchsgruppe kann eingewendet werden, daß sie das Fehlen eines Einflusses von Muskelempfindungen nicht direct zeigt. In der That gestattet sie auch nur den Schluß, daß, wenn ein solcher Einfluß bestünde, die Localisation dann überbestimmt wäre.

Entscheidender sind die Versuche, wo die Augenbewegungen sich einflußlos erwiesen, da in den speciellen Versuchsbedingungen sich kein Moment erkennen läßt, das den Einfluß der Muskelempfindungen irgendwie aufzuheben im Stande wäre.

Das größte Gewicht sollte der dritten Versuchsgruppe zukommen. Gegen diese wird man vielleicht einwenden, daß bei den Verschiebungsversuchen sich doch eine Bestimmtheit von einer gewissen Größe gezeigt hat. Dieser Einwand ist aber nicht stichhaltig. Wenn den Muskelempfindungen der ihnen zugeschriebene Einfluß auf die Localisation zukäme, so dürften sie nicht weniger, sondern mindestens ebensoviel leisten, wie die Abbildung allein, was aber erweislich nicht der Fall ist.

Endlich darf aber auch nicht vergessen werden, daß die Ausschaltung des Einflusses der Abbildung bei den Verschiebungsversuchen keine vollkommene sein kann. Jedes Voraus-eilen oder Zurückbleiben des Blickes gegenüber dem bewegten

Spalt muß sofort die symmetrische oder **asymmetrische** Abbildung zur Wirksamkeit kommen lassen. Außerdem können auch die unangenehmen Empfindungen bei stärkerer Seitenwendung des Auges secundäre Momente der Localisation sein.

Dem Leser wird es nicht entgangen sein, daß die hier behandelte Frage manche Analogien mit dem Problem des Tiefensehens des fixirten Punktes zeigt. Die Argumente für und wider die Muskelempfindungen haben hauptsächlich an diese letztere Frage angeknüpft, obwohl consequenterweise eine Theorie der Localisation der Tiefe auch für die Localisation der Breite zutreffen muß. Für die Untersuchung bietet die Localisation der Breite den nicht zu unterschätzenden Vorthail, daß in der Reihe der Breitenwerthe ein zur eindeutigen Aussage kommender Werth, eben die Mediane, existirt, was für die Reihe der absoluten Tiefenwerthe nicht zutrifft. Dagegen bieten die letzteren wieder den Vorthail, daß sich bei der Untersuchung die Ausschaltung des Einflusses der Abbildungsverhältnisse sehr vollkommen herstellen läßt, wie dies HILLEBRAND in seiner Arbeit „Ueber das Verhältniß von Accomodation und Convergenz zur Tiefenlocalisation“¹ ausführlich gezeigt hat.

Zum Schlusse drängt es uns, Herrn Hofrath Prof. FUCHS dafür zu danken, daß er uns gestattet hat, diese Untersuchung in den Räumen der ihm unterstehenden 2. Univers.-Augenklinik zu Wien auszuführen.

¹ *Diese Zeischrift* 8, 97 u. f.

(Eingegangen am 1. September 1899.)
