

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Halle a. S.)

Beitrag zur Lehre vom Augenmaass bei zweiäugigem und bei einäugigem Sehen.

(Beobachtungen am Wheatstone-Panum'schen Grenzfall.)

Von

Dr. med. **Paul Hoefcr.**

(Mit 3 Textfiguren.)

I. Charakterisierung des Problems.

Hält man zwei Finger mit etwa 20 cm Distanz so hintereinander, dass der vordere den hinteren für das linke Auge völlig verdeckt, so erscheint der hintere Finger — obgleich nur dem rechten Auge sichtbar — doch zwingend in einer bestimmten Entfernung hinter dem vorderen. Diese zwangsmässige subjektive Lokalisation ist wesentlich gleichwertig mit derjenigen, welche gilt, wenn die beiden Finger beiden Augen sichtbar sind, und bei Fixation des vorderen Fingers der hintere einfach — stereoskopisch im engeren Sinne — oder aber in Doppelbildern erscheint. Die Tiefenlokalisierung einäugig gerade gedeckter, also nur unokular sichtbarer Konturen sei im folgenden als „Wheatstone-Panum'scher Grenzfall“ bezeichnet. Derselbe schliesst sich unmittelbar an die Tiefenlokalisierung solcher vorragender oder einspringender Konturen an, welche sich in den beiden Augen in verschiedener Exzentrizität von der Foveamitte abbilden. Im letzteren Falle werden Netzhautelemente von verschiedener Funktion, genauer gesagt: mehr oder weniger querdisparate Längsschnitte, in beiden Augen gereizt. Mit einer wesentlich gleichartigen Erregung querdisparater Netzhautelemente ist bekanntlich der zwangsweise Tiefeneindruck „Näher oder Ferner als der fixierte Punkt“ verknüpft [E. Hering¹] — neuerdings speziell

1) Beiträge zur Physiologie (5 Hefte, Leipzig 1861—1864), spez. 5. Heft S. 298. — Die Gesetze der binokularen Tiefenwahrnehmung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1865 S. 79—97, spez. S. 82 und S. 152—165, spez. 161. — Kap. Raumsinn. Hermann's Handb. d. Physiol. Bd. 3 T. 1 S. 401—403. 1879.

bestätigt von Heine, Kothe, Weinhold¹⁾). Dieser Eindruck ist bestimmter und dauerhafter, wenn das betreffende Objekt einfach erscheint; er fehlt aber auch nicht — wenigstens nicht zu Anfang — beim Erscheinen in Doppelbildern [Dove, Recklinghausen, Hering, Volkmann, Helmholtz, Tschermak und Hoefcr²⁾].

1) Heine, Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung. Arch. f. Ophthalm. Bd. 51 S. 116. 1900; Über die Bedeutung der Längenwerte für das Körperlichsehen. Zeitschr. f. Augenheilk. 1903 S. 351. — Kothe, Über Längsdisparationen und über Überplastizität naher Gegenstände. Arch. f. Augenheilk. Bd. 49 S. 338 bis 349. 1903. — Weinhold, Über das Sehen mit längsdisparaten Netzhautmeridianen. Arch. f. Ophthalm. Bd. 54 S. 201—210. 1902.

2) (Zusatz von A. Tschermak.) Dove, Über die Kombination der Eindrücke beider Augen zu einem Eindrucke. Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1841 S. 251; Farbenlehre und optische Studien S. 163. 1853; Über Stereoskopie. Poggendorff's Annalen Bd. 110 S. 494. 1860. — F. v. Recklinghausen, Netzhautfunktionen. Arch. f. Ophthalm. Bd. 5 (2) S. 127—179. 1859, spez. S. 170—173; Zur Theorie des Sehens. Poggendorff's Annalen Bd. 110 S. 65—92. 1859. — Auch A. Classen (Das Schlussverfahren des Sehaktes S. 75. Leipzig 1863) betont im Anschluss an Dove und Recklinghausen, dass die Existenz von Doppelbildern zu einer körperlichen Wirkung genügt, und dass die Doppelbilder eines Objektes am „richtigen“ Orte erscheinen. Die vorstehenden Literaturdaten seien zur Abhandlung von Tschermak und Hoefcr nachgetragen; sie waren mir damals noch nicht bekannt. — E. Hering, Beiträge H. 2 S. 144, 152—155. 1862 und H. 5 S. 335—342. 1864. — Volkmann, Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik H. 2. Leipzig 1864. — Helmholtz, Über den Horopter (S. 1—60). 3. Bedeutung des Horopters beim Sehen. Arch. f. Ophthalm. Bd. 10 (1) S. 27—40. 1864. — A. Tschermak und P. Hoefcr, Über binokulare Tiefenwahrnehmung auf Grund von Doppelbildern. Pflüger's Arch. Bd. 98 S. 299—321. 1903. — W. Wundt, Grundzüge der Physiologie. 5. A. Bd. 2 S. 604—610. 1903. — Heine, Zur Frage der binokularen Tiefenwahrnehmung auf Grund von Doppelbildern. Pflüger's Arch. Bd. 104 S. 316—319. 1904. — Unserer Untersuchung (1901—1903) ist inzwischen auch eine solche von R. A. Pfeifer (1903—1905; Über Tiefenlokalisation von Doppelbildern. Wundt's Psychol. Studien Bd. 2 Heft 3/4. 1906) aus dem Wundt'schen Institute gefolgt. Der Autor lässt einen eingehenderen sachlichen Vergleich der weitgehend analogen Versuche vermissen und stellt den sachlich unzutreffenden Satz auf: „Der Ähnlichkeit des Titels zufolge könnte man versucht sein, anzunehmen, dass die Problemstellung dort und hier dieselbe sei. Das ist keineswegs der Fall.“ Der Tatbestand ist vielmehr folgender:

I. Hoefcr und ich fanden bei simultaner Beobachtung zweier in gekreuzten Doppelbildern erscheinender linearer Objekte (Stricknadeln) und bei festgehaltener Fixation eine recht angenäherte „Richtigkeit“ der subjektiven Gleichung bei beträchtlicher subjektiver Bestimmtheit bzw. geringer Schwankungsbreite, z. B. wurde für 200 cm Abstand des Fixationspunktes (dauernd verwendeter

Hält man zwei Finger so hinter und seitlich voneinander, dass sie von beiden Augen, und zwar einfach gesehen werden, während man den vorderen fixiert, so zeigt der andere, hinten und seitlich gehaltene, einen bestimmten Tiefenunterschied und einen bestimmten Seitenabstand. Schliesst man das eine Auge, und zwar jenes, auf dessen Seite der hintere Finger gehalten wird, so erscheint der Seitenabstand kleiner als bei zweiäugiger Beobachtung. Schliessen des anderen Auges lässt ihn grösser erscheinen. Der Tiefenunterschied verliert bei Schliessen eines Auges zugleich an Bestimmtheit. Bei

Wert!) und 60 cm Entfernung des fixen Doppelbilderobjectes, der sogenannten Stellnadel, die verschiebbliche Prüfnadel auf „gleich“ eingestellt mit 56,7 bis 63,6 cm, Mittel 60,15 cm Entfernung (S. 309 Tab. III Nr. III). Analoges ergab sich für 40—80 cm Entfernung.

II. Pfeifer findet bei successiver Beobachtung zweier in gekreuzten Doppelbildern erscheinender punktförmiger Objekte und bei festgehaltener Fixation (S. 50—57) nur für gewisse Distanzwerte, nämlich für 80—150 cm Abstand des Fixationspunktes und 60—90 cm Entfernung des fixen Doppelbilderobjectes, gleichfalls eine angenäherte „Richtigkeit“ der subjektiven Gleichung bei beträchtlicher subjektiver Bestimmtheit bzw. geringer Schwankungsbreite, z. B. wurde für 129 cm und 60 cm gleich eingestellt 64,0—66,0, Mittel 64,9 (Beobachter Hoffmann, S. 56). — Hingegen konstatierte Pfeifer unter 80 cm Abstand des Fixationspunktes Unterschätzung, über 150 cm Überschätzung der Entfernung des fixen Doppelbilderobjectes, d. h. Fernereinstellung des verschiebblichen Objectes gegenüber dem feststehenden. — Bei Beobachtungen in ungekreuzten Doppelbildern (S. 40—49) ergab sich durchwegs erhebliche Überschätzung, zunehmend mit dem Abstände des Fixationspunktes vom Beobachter und nach der Entfernung des feststehenden Doppelbilderobjectes vom Fixationspunkt.

Für mich und Hoefler war der zahlenmässige Nachweis die Hauptsache, dass mit dem Sehen in Doppelbildern eine Tiefenempfindung von erheblicher subjektiver Bestimmtheit verknüpft ist — ein Ergebnis, welches Pfeifer nur bestätigt. Für Hoefler ergab sich bei der gewählten Versuchsanordnung zudem eine sehr angenäherte „Richtigkeit“, während Pfeifer die neue Beobachtung beibringt, dass für seine Versuchspersonen und bei der von ihm gewählten Versuchsanordnung die angenäherte „Richtigkeit“ sich auf bestimmte Distanzwerte beschränkt, ausserhalb dieser hingegen eine wohl charakterisierte „Unrichtigkeit“ besteht. — Dass übrigens, wie Pfeifer (S. 21) meint, die Übung jemals dahin führen könnte, zumal bei wissenschaftlicher Anordnung, die beiden völlig gleichen Doppelbilder eines Objectes nicht mehr aufeinander bzw. auf einen einzigen Gegenstand zu beziehen, möchte ich bezweifeln, mag auch der Einfluss der Übung bezüglich der Hemmung einer Verschmelzung binokularer Eindrücke noch so weit gehen. Jene Zueinandergehörigkeit scheint mir übrigens durchaus dem tatsächlichen primären Empfindungsinhalte anzugehören, nicht aber ein Produkt der Reflexion zu sein.

zweiäugigem Sehen zeigt der indirekt und einfach gesehene hintere Finger einen etwa mittleren Seitenabstand. Daraus ist mit Hering zu schliessen: stereoskopische Eindrücke erscheinen in einer mittleren subjektiven Sehrichtung, nicht in der Sehrichtung, welche der gereizten Stelle im rechten bzw. im linken Auge bei einäugiger Beobachtung zukommt.

Wesentlich anders scheinen zunächst die Verhältnisse zu liegen, wenn man den oben bezeichneten Wheatstone-Panum'schen Grenzfall analysiert. Hier tritt keine Abbildung in beiden Augen auf einem Paare querdissparater Elemente ein. Es besteht scheinbar kein Anlass, dass der ja immer bloss einäugig sichtbare hintere Finger oder Kontur einen verschiedenen scheinbaren Seitenabstand, eine verschiedene subjektive Sehrichtung aufweist, wenn das eine Mal mit beiden Augen, das andere Mal bloss einäugig beobachtet wird, und zwar mit jenem Auge, für welches der Finger oder Kontur nicht verdeckt ist. Und doch ist eine Änderung des Seitenabstandes ein scheinbares seitliches Näherstehen der beiden Finger bei binokularem, ein scheinbares Fernerabstehen bei unokularem Sehen eine leicht zu beobachtende Tatsache. Bei raschem Wechsel von zweiäugiger und einäugiger Betrachtung ist die jedesmalige plötzliche Abstandsänderung recht auffallend. Diese Erscheinung des Heranspringens und des Wegspringens des indirekt gesehenen Fingers tritt nicht bloss ein, wenn man den vorderen deckenden Finger dauernd fixiert. Sie erfolgt in ganz analoger Weise für den vorderen Finger, wenn man den hinteren konstant ins Auge fasst, ihn also mit dem einen Auge betrachtet, während man mit dem anderen Auge gewissermassen durch den vorderen Finger hindurchzusehen sich bemüht. Eine analoge scheinbare Änderung der Seitenabstände beobachtet man auch, wenn mehr als zwei einander deckende Objekte in die Gesichtslinie des einen Auges gebracht werden und dann das vorderste Objekt abwechselnd binokular und unokular fixiert wird. — Jedesmal ändert sich sprungweise das Augenmaass oder der subjektive Maassstab für den Seitenabstand beider Finger beim Wechsel von binokularer und unokularer Betrachtung. Der subjektive Sehrichtungswinkel zwischen den beiden Eindrücken ist bei zweiäugigem Sehen kleiner, obwohl der objektive Abstand der beiden Finger bzw. der von ihnen begrenzte objektive Gesichtswinkel für das Auge derselbe bleibt. Gerade der hieraus abzuleitende Beweisgrund zu-

gunsten der subjektivistischen Lehre vom räumlichen Sehen und zungunsten der objektivistischen Projektionstheorie¹⁾ verleiht jener Beobachtung ein spezielles Interesse.

Viel deutlicher und ganz einwandfrei ist der eben geschilderte Versuch, wenn man feinere Objekte, wie dünne Stäbe, Nadeln, Fäden oder Haare mit angehängten Loten, verwendet und alle erfahrungsmässigen Motive der Tiefenlokalisation ausschliesst (vgl. später). — Die geschilderte Tatsache wurde von A. Tschermak im Verlaufe seiner Studien über die Korrespondenz der Netzhäute und über die Grundlagen der Stereoskopie an normalen Binokularsehenden festgestellt²⁾ und findet sich meines Wissens vorher nicht in der Literatur erwähnt.

Das Problem der Tiefenlokalisation bloss einäugig sichtbarer Konturen ist bekanntlich bereits von Wheatstone³⁾ in Angriff genommen worden. Nach ihm sollte die Plastik bei haploskopischer Vereinigung entsprechender Zeichnungen — beispielsweise zwei vertikale Linien für das rechte, eine für das linke Auge (Panum) oder ein schiefes Kreuz aus einem Vertikalbalken und einem Schrägbalken einerseits, ein blosser Vertikalbalken andererseits — durch stereoskopisches Einfachsehen mit disparaten Netzhautstellen und gleichzeitiges Doppeltsehen mit identischen Elementen zustande kommen. Dieser interessante Einwand gegen die Identitätslehre Joh. Müller's wurde eingehend widerlegt durch E. Hering, welcher zum Teil im Anschlusse daran die Lehre von der fixen Sehrichtungsgemeinschaft oder kongenital bedingten Korrespondenz der Netzhäute begründete⁴⁾. — Vor mehreren Jahren hat Fr. Wächter⁵⁾

1) Man vergleiche die prinzipielle und historische Gegenüberstellung der beiden Anschauungsweisen in der Monographie A. Tschermak's, Über die Grundlagen der optischen Lokalisation nach Höhe und Breite. Ergebn. der Physiol. Bd. 4 S. 517—564. 1905, spez. 517—521.

2) Zuerst mitgeteilt auf dem I. Kongress für experimentelle Psychologie in Giessen, April 1904. Vgl. den Bericht, II. Abt. S. 28—29: A. Tschermak, Neue Untersuchungen über Tiefenwahrnehmung mit besonderer Rücksicht auf deren angeborene Grundlage.

3) Wheatstone, Beitr. z. Physiol. d. Gesichtssinnes. Poggendorff's Annalen Erg.-Bd. 1842 S. 30. — P. L. Panum, Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen, spez. S. 76. Kiel 1858.

4) Beiträge H. 2 § 29 S. 82—96. 1862.

5) Über die Grenzen des telestereoskopischen Sehens. Sitzungsber. d. Wiener Akad., mathem.-naturw. Klasse Bd. 105 S. 856—874. 1896. Siehe auch die Besprechung dieser Arbeit durch F. Hillebrand, Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane Bd. 16 S. 155—158. 1898.

an dem hier behandelten Grenzfalle, und zwar in seiner Form nach Panum, nämlich nach dem Plastischerscheinen eines Würfels, dessen Seitenfläche nur dem einen Auge sichtbar war, die „empirische Grenze des telestereoskopischen Sehens“ zu ermitteln gesucht. Wie vorauszusehen, hielt der plastische Eindruck so lange an, als die Konturen der Seitenfläche des Würfels für das eine Auge noch voneinander getrennt erschienen. Dementsprechend stimmen auch die von Wächter binokular erhaltenen Werte im wesentlichen überein mit den Werten, welche nach der Methode von Weber für die Grenze der Sehschärfe im einzelnen Auge unter gleichen Bedingungen zu erhalten sind. (Die von E. H. Weber und Volkman unter günstigeren Bedingungen erhaltenen Zahlen sind allerdings nicht unerheblich kleiner.)

Die wahre Grenze des stereoskopischen Sehens im engeren Sinne wurde neuerdings von E. Hering¹⁾ als identisch erwiesen mit der Grenze der unokularen Sehschärfe [12 Sekunden nach Wülfing²⁾]. [Wülfing's Angabe ist von F. Best³⁾ bestätigt worden (13 Sekunden), welcher aber zugleich durch die Methode der richtigen und falschen Fälle nachwies, dass noch ein Lageunterschied von 2,5 Sekunden von Einfluss auf die Wahrnehmung ist.]

Die empirische Grenze des stereoskopischen Sehens ist von C. Pulfrich⁴⁾ unter optimalen Bedingungen auf eine Gesichtswinkeldifferenz (geometrische Querdisparation) von 10 Sekunden und noch weniger bestimmt worden⁵⁾.

1) Über die Grenzen der Sehschärfe. Ber. d. mathem.-phys. Klasse d. sächs. Gesellsch. der Wissensch. zu Leipzig 1899 S. 16—24.

2) Über den kleinsten Gesichtswinkel. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29 N. F. Bd. 11 S. 199. 1892.

3) Über die Grenze der Erkennbarkeit von Lageunterschieden. Arch. f. Ophthalm. Bd. 51 (3) S. 453—460. 1900.

4) Der stereoskopische Entfernungsmesser von Zeiss-Jena. (Vortrag auf der Naturforscherversammlung in München.) Physik. Zeitschr. 1899 S. 98. — Über einige stereoskopische Versuche. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1901 S. 221—224. — Über eine Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen. Ebenda 1901 S. 249—260, betr. Grenzen der Tiefenunterscheidung, spez. S. 258—260.

5) Man vgl. die Beobachtungen von Hering (11 Sekunden) und F. B. Hofmann (11—12 Sekunden, bei Hering, l. c.); L. Heine (Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung. Arch. f. Ophthalm. Bd. 51 S. 146. 1900); O. Hecker (Über die Beurteilung der Raumtiefe und den stereoskopischen Entfernungsmesser von Zeiss-Jena. Zeitschr. f. Vermessungswesen 1901 H. 3 S. 3—16); E. Wächter (Mitteilung über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens S. 308. Wien 1898).

Das hier behandelte Problem ist einer sogenannten messenden Untersuchung, genauer gesagt: einer zahlenmässigen Charakterisierung, durchaus zugänglich. Auf Vorschlag von A. Tschermak habe ich eine solche vorgenommen, über deren Methodik und Ergebnisse im nachstehenden berichtet sei. Meine Arbeit schliesst sich in mehrfacher Beziehung an frühere Untersuchungen an, welche A. Tschermak in Verein mit K. Kiribuchi, M. Frank und mir selbst ausgeführt hat¹⁾.

Herrn Professor A. Tschermak bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für die freundliche Unterstützung bei ihrer Ausführung zu grossem Danke verpflichtet.

Ebenso spreche ich Herrn Professor J. Bernstein für die mannigfache Förderung und für die gütige Überlassung der Arbeitsmittel seines Institutes meinen verbindlichsten Dank aus.

II. Methodik.

Der Kopf des Beobachters (P. Hoefer) war durch einen metallenen Gebisshalter dauernd festgestellt. Seine Pupillardistanz beträgt 64,1 mm; sie wurde mit dem Helmholtz'schen Visierzeichen bestimmt. In der Mehrzahl der Versuche war folgende Anordnung getroffen. Der Beobachter blickte in symmetrischer Konvergenz durch eine querovale, innen geschwärzte Röhre (26 cm breit, 20 cm hoch, 25 cm lang), welche einen passenden Ausschnitt für die Stirne aufwies. Das abgewendete Ende der Röhre — ca. 22,5 cm von dem äusseren Augenwinkel entfernt — trug ein rechtwinkliges Diaphragma, dessen vier Wangen eine erhebliche Variation des Ausschnittes nach Höhe und Breite erlaubten. In meinen Versuchen kamen jedoch durchwegs die Maasse: 12 cm Breite, 4,5 cm Höhe zur Verwendung. Als Beobachtungsobjekte dienten drei schwarze Chinesenhaare mit Loten (Länge 19 cm), welche durch Vermittlung kleiner Schlitten (bzw. an darauf befestigten horizontalen Messingstäbchen) von einem metallenen Querbalken herabhingen. Der Querbalken ruhte auf zwei weit seitlich abstehenden Säulchen. Die Schlitten gestatteten eine feine seitliche Verschiebung der Lote mittelst exakter

1) Vgl. A. Tschermak, Beitrag zur Lehre vom Längshoropter. (Über die Tiefenlokalisation bei Dauer- und bei Momentreizen). Nach Beobachtungen von Dr. K. Kiribuchi. Pflüger's Arch. Bd. 81 S. 328—348. 1900. — A. Tschermak und P. Hoefer (l. c.). — M. Frank, Beobachtungen betreffs der Übereinstimmung der Hering-Hillebrand'schen Horopterabweichung und des Kundt'schen Teilungsversuches. Pflüger's Arch. Bd. 109 S. 63—72. 1905.

E. Pflüger, Archiv für Physiologie. Bd. 115.

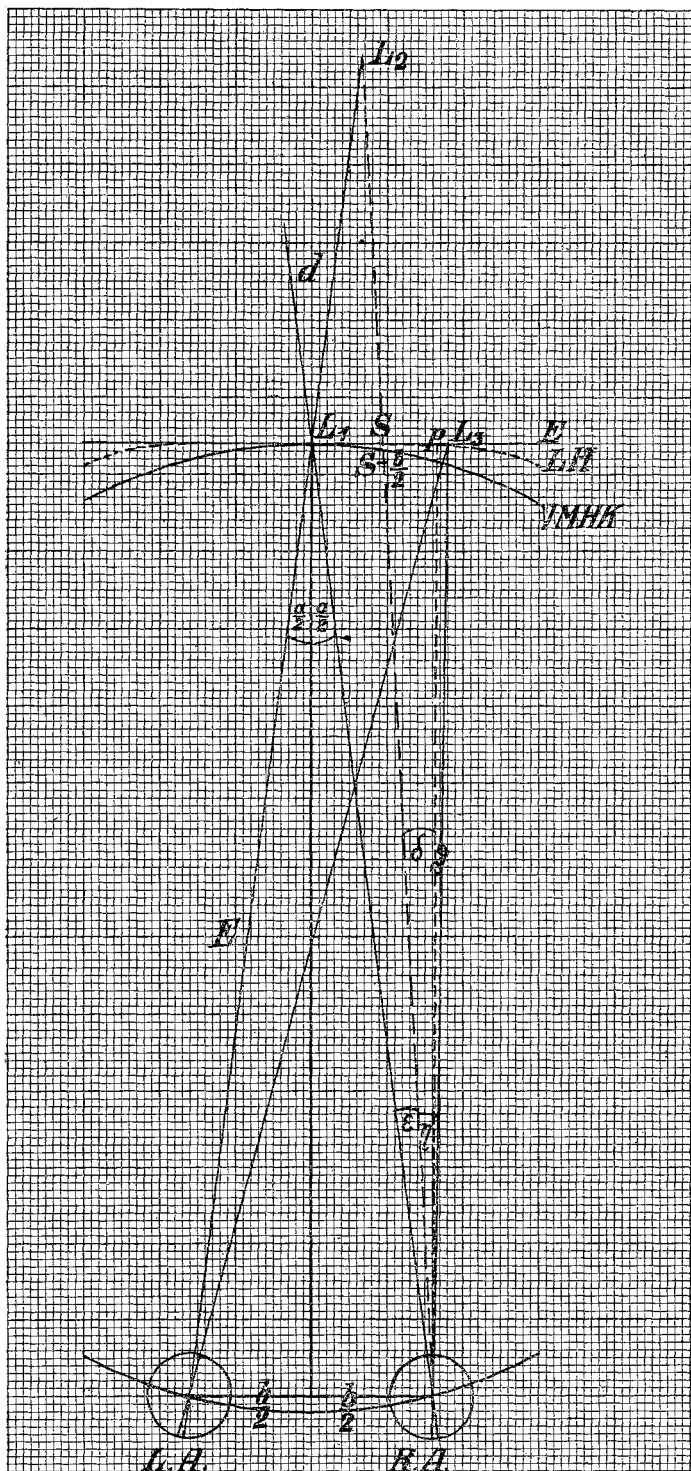


Fig. 1. E = Entfernung des Mittellotes L_1 von den beiden Knotenpunkten z. B. 250 mm. — d = Distanz des Mittellotes L_1 und des gedeckten Fernlotes L_2 z. B. 100 mm. — S = reiner Seitenabstand des Messlotes L_3 vom Mittellote L_1 z. B. 35,67 mm bei binokularer, 36,75 mm bei unokularer Beobachtung. — p = Abstand des Messlotes L_3 von der objektiven Frontalebene E z. B. 0,8 mm. — LH = der durch L_1 und L_3 bezeichnete wirkliche Längshoropter. — $VMHK$ = der sogenannte Vieth-Müller'sche Horopterkreis. — b = Basallinie, Pupillardistanz z. B. 64,1 mm. — $L.A.$ = Linkes Auge. — $R.A.$ = Rechtes Auge. — Berechnungsformeln:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{b}{2L}, \quad \tan \delta = \tan \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{E-d}{E+d}, \quad \epsilon = \frac{\alpha}{2} - \delta, \quad \tan \vartheta = \frac{S - \frac{b}{2}}{E \cdot \cos \frac{\alpha}{2} - p}, \quad \eta = \delta + \vartheta.$$

Schrauben; eine solche nach der Tiefe geschah durch Verschieben der Traghülsen des Lotes längs eines horizontalen Stäbchens, das wieder an dem Schlitten angriff. Der reine Seitenabstand konnte an der Skala des Querbalkens bis auf Zehntelmillimeter abgelesen werden. Die Lote hingen zur Dämpfung gegen Erschütterungen in einem Ölbade. Die ganze Aufhängevorrichtung befand sich auf einer Holztafel, welche auf einer grösseren wagerechten Platte, die mit Millimeterpapier bespannt war, verschoben werden konnte.

Von den drei Loten (L_1 , L_2 , L_3 in Fig. 1) war das eine, L_1 (weiterhin „Fixierlot“ benannt), in den als typisch bezeichneten Versuchen dauernd in der Medianebene des Beobachters angebracht — und zwar in 23,2 oder 25 oder 30 oder 40 oder 50 cm Distanz von beiden äusseren Augenwinkeln — und wurde während der Versuchsdauer anhaltend fixiert. Als Fixationspunkt diente eine ganz kleine schwarze Wachsperle, welche in der mittleren Augenhöhe bzw. in der Mitte der sichtbaren Strecke des Lotes angebracht war. Das zweite Lot, L_2 (weiterhin als „gedecktes Lot“ oder als „Fernlot“ bezeichnet), befand sich in 10 cm (einmal 6 cm) Abstand hinten und etwas rechts von dem ersteren, so dass es durch dieses für das linke Auge vollständig verdeckt war und nur dem rechten Auge sichtbar blieb. Auch dieses Lot behielt während der Versuchsdauer seine Stellung. Das dritte Lot, L_3 (weiterhin als „Vergleichs- oder Messlot“ bezeichnet), diente zur zahlenmässigen Charakterisierung für den scheinbaren Seitenabstand des nur einäugig sichtbaren Lotes (L_2) von dem binokular betrachteten Lote (L_1). Das Lot L_3 sollte nämlich unter verschiedenen Beobachtungsbedingungen — das eine Mal bei zweiäugiger, das andere Mal bei rechtsäugiger Beobachtung — so eingestellt werden, dass es von Lot 2 ebenso weit seitlich abzustehen schien wie Lot 2 von Lot 1. Diese Aufgabe liess sich nur dann eiwandfrei durchführen, wenn Lot 3 so aufgestellt wurde, dass es dem Beobachter in derselben subjektiv-frontalen Ebene (Kernebene nach Hering) zu liegen schien wie Lot 1, während Lot 2 symmetrisch zu Lot 1 und 3 hinter dieser Ebene erschien. Lot 3 wurde also in den Längshoropter gebracht, d. h. in den geometrischen Ort der auf korrespondenten Längsreihen in den beiden Augen abgebildeten Aussendunge. — Die Verwendung eines dritten, im Längshoropter stehenden Lotes bildet zugleich ein wertvolles Mittel zur Kontrolle der dauernd binokularen Fixation von L_1 . Sobald nämlich der Blick abschweifen und sich etwa auf L_2 einstellen würde, ver-

riete sich dieser Fehler durch Zerfallen des Eindrucks von L_3 in Doppelbilder und Unsicher- bzw. Falschwerden der Abstands-gleichung. — Dem Lot 3 wurde dabei jener mittlere Seitenabstand gegeben, bei welchem für binokulare Beobachtung die Seitendistanzen $L_1 L_2$ und $L_2 L_3$ gleich erschienen. Bei diesem Seitenabstand wurde nämlich von einer zweiten Person die Traghülse des Lotes längs eines horizontal von dem Tragschlitten nach vorne ragenden Messingstäbchens so lange ganz fein abgestuft nach vorne verschoben, bis das Messlot L_3 dem Beobachter in genau derselben Frontalebene zu liegen schien wie das Fixierlot. L_3 kam dabei etwas nach vorne von der wirklichen durch L_1 bezeichneten Frontalebene, aber zugleich nach hinten von dem Vieth-Müller'schen „Horopterkreise“ (durch L_1 und die Knotenpunkte beider Augen gelegt) zu stehen: die Hering-Hillebrand'sche Horopterabweichung (vgl. M. Frank l. c. und A. Tschermak, Grundlagen der optischen Lokalisation S. 529—533). Jene Tiefeneinstellung von L_3 wurde während der Versuchsdauer beibehalten, nur der Seitenabstand von L_3 konnte durch die rechte Hand des Beobachters mittelst einer feinen, am Tragschlitten angreifenden Schraube verändert werden. Für die äussersten Grenzen der schwankenden Binokulareinstellung kam das Messlot — weil in einer rein frontalen Ebene variiert — zwar genau genommen etwas nach vorne oder nach hinten vom eigentlichen Längshoropter zu stehen. Doch verriet sich bei der geringen Breite der Schwankungen dieser kleine Fehler nicht durch ein deutliches scheinbares Vor- oder Zurücktreten relativ zur subjektiven Frontalebene (Kernebene). — Bei Unokulareinstellung des Messlotes fehlte jeder Anlass zu einer verschiedenen Tiefenauslegung von L_1 und L_3 ; für die Lokalisation von L_2 war dabei die Erinnerung an den vorangegangenen Eindruck bei binokularer Beobachtung und die Kenntnis der Versuchsanordnung von Einfluss. Suchte der Beobachter nach Möglichkeit davon zu abstrahieren, so fehlte jedes Motiv zu einer verschiedenen Tiefenauslegung. Die drei Lote erschienen dann in einer und derselben Ebene. Doch erwies sich diese Verschiedenheit der Tiefenauslegung bei unokularer Beobachtung als einflusslos auf den scheinbaren Seitenabstand der Lote. Die binokular getroffene Einstellung erschien alsbald nach Schliessen des linken Auges in einem konstant bleibenden Betrage unrichtig; ebenso gilt das Umgekehrte.

Besondere Abänderungen der geschilderten typischen Anordnung werden bei der Übersicht der gewonnenen Ergebnisse zu erwähnen sein.

III. Übersicht der Versuchsergebnisse.

An der beschriebenen Versuchsanordnung wurden in zahlreichen Beobachtungsreihen abwechselnd binokulare und unokulare Abstands-
gleichungen hergestellt. Jede Einstellung wurde nach einer Pause
nachgeprüft, für die schliesslich befriedigend befundene wurde der
reine Seitenabstand abgelesen und notiert. Daneben wurden aber
auch die Umschlagsgrenzen bestimmt, d. h. Einstellungen auf „eben
zu nahe“ und „eben zu fern“, d. h. „zu weit seitlich“, vorgenommen.

Das Gesamtergebnis der typischen Versuche mit symmetrischer
Konvergenz ist folgendermaassen zu formulieren: Ein vom
medianen Fixierlote für das eine Auge gedecktes
zweites Lot scheint bei Verwendung beider Augen
erheblich geringeren Seitenabstand vom Fixierlote zu
besitzen als bei einäugiger Beobachtung mit jenem
Auge, dem das zweite Lot allein sichtbar ist. Dieser
Unterschied liess sich mit relativ geringer Schwankungsbreite für
verschiedene Abstände zahlenmässig charakterisieren. Es handelt sich
dabei allerdings nicht um eine eigentliche Messung. Die gesehenen,
empfundnen Abstände sind ja etwas Subjektives, wären also nur
durch eine subjektive Einheit eigentlich und direkt messbar. Eine
indirekte Messung wäre möglich, wenn subjektive und objektive Ab-
standsgleichheit stets parallel gingen. Aber auch dieses ist nicht
der Fall, wie die Diskrepanzerscheinungen, speziell die sogenannten
Streckentäuschungen, dartun. So müssen Strecken (natürlich unter
Vermeidung des Tangentenfehlers!) bzw. Winkel immer grösser ge-
nommen werden, um gleich zu erscheinen, je mehr exzentrisch sie
auf der Netzhaut zur Abbildung kommen. Das subjektive Sehfeld
zeigt sozusagen eine zentrische Schrumpfung im Vergleich zum
objektiven Gesichtsfelde (vgl. A. Tschermak, Grundlagen der
optischen Lokalisation S. 535—537)¹⁾. Danach wäre eine Zugross-

1) (Zusatz von A. Tschermak.) Bei dieser Gelegenheit sei ein Versehen
meinerseits in der Monographie über die Grundlagen der optischen Lokalisation
richtiggestellt. S. 537 hat dort der Text bezüglich des Verhältnisses zwischen
Objektwinkel und Bildwinkel im indirekten Sehen korrekterweise zu lauten:
„Dabei wird der Bildwinkel mit wachsender Exzentrizität sogar etwas kleiner
(irrig: grösser), da der Konstruktionsmittelpunkt bezw. der sogenannte mittlere
Knotenpunkt mehr und mehr nach hinten (irrig: nach vorne gegen den H.) vom
Hornhautscheitel abrückt. Trotzdem besteht die oben geschilderte Strecken-
täuschung.“ — Man vgl. hierüber: Landolt und Nuel, Versuch einer Be-
stimmung des Knotenpunktes für exzentrisch in das Auge fallende Lichtstrahlen

einstellung des $\angle L_2 L_3$ gegenüber dem $\angle L_1 L_2$ (sowohl für binokulare wie) für unokulare Beobachtung zu erwarten, was allerdings nicht in allen angeführten Beobachtungen zutrifft. Auch sind objektiv gleiche Teile des $\angle L_2 L_3$ subjektiv nicht gleichwertig; die Erweiterung dieses Winkels durch Verrücken von L_3 bei einäugiger Beobachtung würde, wenn der Diskrepanzfaktor allein in Betracht käme, im objektiven Maasse sozusagen etwas übertrieben zum Ausdruck kommen gegenüber dem subjektiven Maasse. Allerdings sind diese Diskrepanzen nicht gerade erheblich; auch wäre auf Grund besonderer Ermittlungen für das einzelne Individuum eine rechnerische Korrektur möglich.

In unserem Falle macht aber schon die auffällige Änderung der subjektiven Grössenwerte, des subjektiven Maassstabes im Sehfelde, je nachdem mit beiden Augen oder bloss mit einem beobachtet wird, die subjektiven Abstände und die objektiv gemessenen Strecken prinzipiell unvergleichbar. Würde sich dabei der Maassstab im ganzen Sehfelde in gleicher Weise ändern, so müsste die Abstandsgleichung richtig bleiben; nur die „absoluten“ subjektiven Grössenwerte würden andere werden. Das Unrichtigwerden der Abstandsgleichung, das scheinbare Grösserwerden des Seitenabstandes $L_1 L_2$ gegenüber $L_2 L_3$, beweist jedoch, dass der Maassstab im Sehfelde sich nicht gleichmässig ändert, sondern dass derselbe örtlich verschieden wird. Die unmittelbar sicherzustellende Maassstabänderung für den Seitenabstand $L_1 L_2$ kann übrigens sehr wohl von Einfluss auf den Maassstab im übrigen Sehfelde sein [man vergleiche speziell die von J. Loeb¹⁾ vertretene Annahme eines Simultankontrastes auf dem Gebiete des optischen Grössensinnes; cf. A. Tschermak, Grundlagen d. opt. Lokal. S. 547—553, spec. S. 551].

Diese hier nicht weiter auszuführenden Gründe genügen wohl für die These, dass die zahlenmässig fixierten Änderungen in der Aufstellung der Lote keinerlei Messung des geschilderten subjektiven Phänomens gestatten,

Arch. f. Ophthalm. Bd. 19 (3) S. 391. 1873. — Donders, Die Grenzen des Gesichtsfeldes in Beziehung zu denen der Netzhaut. Arch. f. Ophthalm. Bd. 23 (2) S. 255. 1877. — Groenouw, Wo liegt die vordere Grenze des ophthalmoskopisch sichtbaren Augenhintergrundes. Arch. f. Ophthalm. Bd. 35 (3) S. 29. 1889. — Druault, Note sur la situation des images rétiniennees formées par des rayons très obliques sur l'axe optique. Arch. d'ophth. vol. 18 p. 685. 1898.

1) Über den Nachweis von Kontrasterscheinungen im Gebiete der Raumempfindung des Auges. Pflüger's Arch. Bd. 60 S. 509—518. 1895. Vgl. auch Zeitschr. f. Psychol. und Physiol. der Sinnesorgane Bd. 16 S. 298—299. 1898.

sondern nur eine Charakterisierung desselben darstellen — ein wesentlicher Unterschied, wie Tschermak nachdrücklich betont.

Demgemäss ist es nicht verwunderlich, dass die objektiven Differenzen trotz ihrer Bestimmtheit (man vergleiche die engen, nicht übereinandergreifenden Schwankungsbereiche!) relativ klein zu nennen sind, wenn man die subjektiven Abstandsänderungen damit zu vergleichen sucht. Die subjektive Abstandsänderung übertrifft deutlich an relativer Grösse um ein erhebliches die objektive Änderung der Lotanordnung, welche bloss ca. $\mp \frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ ausmacht. Allerdings beträgt der subjektive Abstand bei zweiäugiger Betrachtung durchaus nicht etwa bloss die Hälfte der scheinbaren Seitendistanz bei einäugigem Sehen.

Nach dieser Auseinandersetzung über die Bedeutung, welche den gewonnenen Zahlenwerten zukommt, sei auf die an der gewöhnlichen Versuchsanordnung erhaltenen Werte in der nachstehenden Tabelle¹⁾ verwiesen. (Siehe Tabelle I, S. 496 u. 497.)

Den Versuchen an der gewöhnlichen oder typischen Anordnung — für 23,2, 25, 30, 40 und 50 cm Beobachtungsabstand und 60 mm bzw. 100 mm Abstand der beiden in der Gesichtslinie des linken Auges stehenden Lote — seien „Naheversuche“ angeschlossen, in welchen der Beobachtungsabstand 15 und 20 cm, der Abstand der beiden Lote (L_1 L_2) in der Gesichtslinie des linken Auges wieder 100 mm betrug. Die Konvergenz war auch hier eine symmetrisch auf L_1 gerichtete. Bei diesen Versuchen war die früher benutzte Abblendungsröhre durch ein Diaphragma aus schwarzem Karton ersetzt (10 cm breit, 3,6 cm hoch, ca. 10 cm vom äusseren Augenwinkel entfernt). (Vgl. Tabelle II, S. 498 u. 499.)

Es erschien angezeigt, den eventuellen Einfluss der Grenzen (speziell des Nasenschattens) bzw. der verschiedenen Form des Sehfeldes bei zweiäugiger und einäugiger Beobachtung dadurch auszuschliessen, dass in einer Vergleichsreihe weisse Lote auf gleichmässig schwarzem Grunde verwendet wurden. (Beobachtungsabstand 25 cm, Entfernung von L_1 und L_2 100 mm, symmetrische Konvergenz, Abblendungsröhre.) Die wesentliche Übereinstimmung der Zahlen dieser Reihe (vgl. Tabelle III, S. 498 u. 499) mit den an schwarzen Loten auf gleichmässig weissem Grunde gewonnenen Zahlen zeigt, dass ein Einfluss jenes Faktors auf das untersuchte Phänomen nicht besteht.

1) Die Winkelberechnungen in sämtlichen Tabellen sind von A. Tschermak ausgeführt worden.

Tabelle I. Beobachtungen schwarzer Lote auf weissem Grunde in

Abstand des medianen Fixierlotes von den äusseren Augenkanten cm	Das Messlot (L_3) steht dauernd vor der durch das Fixierlot bezeichneten Frontalebene um mm	Entfernung des Fernlotes (L_2) vom Fixierlote (L_1)		Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei binokularer Beobachtung		
				linear		Maass des Winkels $L_2 L_3$ für das rechte Auge
		linear	im Winkelmaass für das rechte Auge	Mittel	Schwankungsgrenzen	Mittel
25	1,4	60	$\angle L_1 L_2 = \varepsilon$	22,31 (20) gleich	21,9—22,8	$\angle L_2 L_3 = \eta^b$ 2° 16' 3,2"
			2° 50' 8,4"	22,3 (3) zu nahe	22,0—22,6	
				22,95 (3) zu fern	22,7—23,0	
23,2	1,3	100	4° 45' 59,1"	38,04 (10) gleich	37,9—38,3	4° 40' 35,4"
				37,4 (3) zu nahe	37,0—37,7	
				38,3 (3) zu fern	38,2—38,4	
25	0,8	100	4° 11' 40,8"	35,67 (6) gleich	35,5—36,1	4° 0' 36,6"
				35,25 (2) zu nahe	35,2—35,3	
				36,15 (2) zu fern	36,1—36,2	
30	1,0	100	3° 3' 27,4"	31,11 (10) gleich	30,8—31,3	2° 53' 38,8"
				30,7 (3) zu nahe	30,6—30,8	
				31,6 (3) zu fern	31,5—31,8	
40	0,6	100	1° 50' 4,3"	23,81 (10) gleich	23,7—24,1	1° 34' 31,3"
				23,47 (3) zu nahe	23,4—23,6	
				24,6 (3) zu fern	24,5—24,7	
50	0,3	100	1° 13' 23,4"	19,6 (6) gleich	18,1—20,2	1° 1' 18,6"
				19,53 (3) zu nahe	19,4—19,7	
				20,7 (3) zu fern	20,7—20,7	

1) In Stab 5 und 8 dieser und der folgenden Tabellen bedeuten die eingeklammerten

23,2, 25, 30, 40, 50 cm Abstand bei symmetrischer Konvergenz¹⁾.

Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei unokularer, und zwar rechtsängiger Beobachtung			Einstellungsdifferenzen			
linear		Maass des Winkels L_2L_3 für das rechte Auge	für den Seitenabstand des Messlotes L_3 bei unokularer und bei binokularer Beobachtung		$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ unokular	$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ binokular
Mittel	Schwankungs- grenzen	Mittel	linear mm	im Winkel- maass $\angle L_2L_3$ unokular — $\angle L_2L_3$ binokular		
23,585 (20) gleich	23,0—24,0	$\angle L_2L_3 = \eta u$ 2° 33' 48,5"	1,275	$\eta u - \eta b$ 0° 17' 45,3"	+ 0° 16' 19,9"	+ 0° 34' 5,2"
23,03 (3) zu nahe	23,0—23,1					
23,57 (3) zu fern	23,5—23,6					
39,61 (10) gleich	39,2—40,0	5° 4' 9,5"	1,57	0° 23' 34,1"	— 0° 18' 10,4"	+ 0° 5' 23,7"
38,9 (3) zu nahe	38,5—39,2					
39,93 (3) zu fern	39,8—40,0					
36,75 (6) gleich	36,5—37,0	4° 15' 37,7"	1,08	0° 15' 1,1"	— 0° 3' 56,9"	+ 0° 11' 4,2"
36,05 zu nahe	36,0—36,1					
37,05 zu fern	37,0—37,1					
32,63 (10) gleich	32,4—32,8	3° 11' 13,5"	1,52	0° 17' 34,7"	— 0° 7' 46,1"	— 0° 9' 48,6"
31,63 (3) zu nahe	31,5—31,8					
32,57 (3) zu fern	32,5—32,6					
25,42 (10) gleich	25,2—25,9	1° 48' 25,7"	1,61	0° 13' 54,4"	+ 0° 1' 38,6"	+ 0° 15' 33,0"
24,93 (3) zu nahe	24,8—25,1					
26,0 (3) zu fern	25,9—26,1					
20,75 (6) gleich	19,7—21,5	1° 9' 14,1"	1,15	0° 7' 55,5"	+ 0° 4' 9,3"	+ 0° 12' 4,8"
20,87 (3) zu nahe	20,7—21,0					
21,83 (3) zu fern	21,8—21,9					

Ziffern die Zahl der Einzelbeobachtungen, aus denen das Mittel genommen wurde.

Tabelle II. Beobachtungen schwarzer Lote auf weissem Grunde

Abstand des medianen Fixier- lotes (L_1) von den äusseren Augen- winkeln cm	Das Messlot (L_3) steht dauernd vor der durch das Fixierlot (L_1) bezeichneten Frontalebene um mm	Entfernung des Fernlotes (L_2) vom Fixierlote (L_1)		Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei binokularer Beobachtung		
				linear		Maass des Winkels L_2L_3 für das rechte Auge
		linear mm	im Winkelmaass für das rechte Auge	Mittel	Schwankungs- grenzen	Mittel
15	4,4	100	$\angle L_1L_2 = \varepsilon$ $9^\circ 49' 57,4''$	47,65 (4) gleich 47,1 (2) zu nahe 47,95 (2) zu fern	47,6—47,7 47,1—47,1 47,9—47,8	$\angle L_2L_3 = \eta^b$ $8^\circ 46' 4,5''$
20	4,0	100	$6^\circ 7' 25,4''$	40,2 (4) gleich 39,6 (2) zu nahe 40,65 (2) zu fern	40,1—40,3 39,6—39,6 40,6—40,7	$5^\circ 30' 37,9''$

Tabelle III. Beobachtungen weisser Lote auf schwarzem

Abstand des medianen Fixier- lotes (L_1) von den äusseren Augen- winkeln cm	Das Messlot (L_3) steht dauernd vor der durch das Fixierlot (L_1) bezeichneten Frontalebene um mm	Entfernung des Fernlotes (L_2) vom Fixierlote (L_1)		Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei binokularer Beobachtung		
				linear		Maass des Winkels L_2L_3 für das rechte Auge
		linear mm	im Winkelmaass für das rechte Auge	Mittel	Schwankungs- grenzen	Mittel
25	0,8	100	$\angle L_1L_2 = \varepsilon$ $4^\circ 11' 40,8''$	35,75 (4) gleich 35,4 (2) zu nahe 36,3 (2) zu fern	35,7—35,8 35,35—35,45 36,25—36,35	$\angle L_2L_3 = \eta^b$ $4^\circ 1' 43,2''$

in 15 und 20 cm Abstand bei symmetrischer Konvergenz.

Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei unokularer, und zwar rechts- äugiger Beobachtung			Einstellungsdifferenzen			
linear		Maass des Winkels $L_2 L_3$ für das rechte Auge	für den Seitenabstand des Messlotes (L_3) bei unokularer und bei binokularer Beobachtung		$\nabla L_1 L_2$ $- \nabla L_2 L_3$ unokular	$\nabla L_1 L_2$ $- \nabla L_2 L_3$ binokular
Mittel	Schwankungs- grenzen	Mittel	linear mm	im Winkelmaass $\nabla L_2 L_3$ unokular $- \nabla L_2 L_3$ binokular		
48,775 (4) gleich 47,95 (2) zu nahe 49,15 (2) zu fern	48,7—48,8 47,9—48,0 49,1—49,2	$\nabla L_2 L_3 = \eta_u$ 9° 12' 57"	1,125	$\eta_u - \eta_b$ 0° 26' 52,5"	+0° 37' 0,4"	+1° 3' 52,9"
41,35 (4) gleich 40,55 zu nahe 41,85 zu fern	41,3—41,4 40,5—40,6 41,8—41,9	5° 51' 1,7"	1,15	0° 20' 23,8"	+0° 16' 23,7"	+0° 36' 47,5"

Grunde in 25 cm Abstand bei symmetrischer Konvergenz.

Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei unokularer, und zwar rechts- äugiger Beobachtung			Einstellungsdifferenzen			
linear		Maass des Winkels $L_2 L_3$ für das rechte Auge	für den Seitenabstand des Messlotes (L_3) bei unokularer und bei binokularer Beobachtung		$\nabla L_1 L_2$ $- \nabla L_2 L_3$ unokular	$\nabla L_1 L_2$ $- \nabla L_2 L_3$ binokular
Mittel	Schwankungs- grenzen	Mittel	linear mm	im Winkelmaass $\nabla L_2 L_3$ unokular $- \nabla L_2 L_3$ binokular		
36,78 (4) gleich 36,4 (2) zu nahe 37,4 (2) zu fern	36,7—36,9 36,35—36,45 37,35—37,45	$\nabla L_2 L_3 = \eta_u$ 4° 16' 2,7"	1,03	$\eta_u - \eta_b$ 0° 14' 19,5"	-0° 4' 21,9"	+0° 9' 57,6"

Den vorstehend mitgeteilten Beobachtungen mit symmetrischer Konvergenz schliessen sich mit einem durchaus analogen Ergebnisse solche Versuche an, in denen die Konvergenz eine asymmetrische war.

In der einen Reihe wurde die bisher gewählte Aufstellung der Lote beibehalten und nur das rechterseits befindliche Messlot (L_3), welches schrittweise verstellt wurde, dauernd binokular fixiert. Das mediane Lot L_1 war beiden Augen sichtbar, das rechts und hinten davon befindliche Lot L_2 für das linke Auge durch L_1 gedeckt, also bloss dem rechten Auge sichtbar. Bezüglich der Details der Ergebnisse sei auf Tabelle IV verwiesen (Abstand des medianen Lotes von den beiden äusseren Augenwinkeln 25 cm, Entfernung $L_1 L_2$ wieder 100 mm; Abblendungsröhre).

In einer anderen Reihe war die Aufstellung der Lote in folgendem Sinne geändert. Das binokular fixierte Lot (L_1) stand nicht mehr median, sondern war um die halbe Pupillendistanz nach links oder rechts verschoben, so dass es sich objektiv gerade vorne vor dem linken Auge oder dem rechten Auge befand, 25 cm von dessen äusserem Lidspaltenwinkel entfernt. Hinter L_1 war in 100 mm Abstand L_2 angebracht, welches das eine Mal nur dem rechten, das andere Mal nur dem linken Auge sichtbar war. Das binokular indirekt gesehene Messlot (L_3) war beiläufig im Längshoropter an-

Tabelle IV. Beobachtungen schwarzer Lote auf weissem Grunde

Abstand des medianen Lotes (L_1) von den äusseren Augen- winkeln cm	Das mediane Lot (L_1) steht vor der durch das diesmal fixierte Messlot (L_3) bezeichneten Frontalebene um mm	Entfernung des Fernlotes L_2 vom medianen Lot (L_1)		Reiner Seitenabstand des fixierten Messlotes (L_3) vom medianen Lote (L_1) bei binokularer Beobachtung		
				linear		Maass des Winkels $L_2 L_3$ für das rechte Auge
		linear mm	im Winkelmaass für das rechte Auge	Mittel mm	Schwankungs- grenzen mm	Mittel
25	1,5	100	$\sphericalangle L_1 L_2 = \epsilon$			$\sphericalangle L_2 L_3 = \eta b$
			$4^\circ 11' 40,8''$	34,98 (6) gleich	34,9—35,2	$3^\circ 50' 38,2''$
				34,53 (3) zu nahe	34,5—34,6	
				35,27 (3) zu fern	35,2—35,3	

gebracht und kam bei Herstellung der Abstandsgleichung etwas nach rechts bzw. nach links von der Medianebene zu stehen. Die Beobachtung geschah durch die eingangs erwähnte Abblendungsrohre. Die Zahlen der beiden Serien stimmen recht gut überein. (Vgl. Tabelle V A und B, S. 502 u. 503.)

Bei der unbehinderten zweiäugigen Sichtbarkeit des Fixierlotes (L_1) und des Messlotes (L_3), wie sie in all den oben geschilderten Versuchen bestand, erschien das Fernlot (L_2), obwohl nur dem einen Auge sichtbar, doch vertikal und parallel mit den beiden anderen Loten. Ein gleiches ist übrigens der Fall, wenn bloss zwei Lote, das Fixierlot (L_1) und das Fernlot (L_2), den Augen dargeboten werden. Dieses Verhalten muss deshalb hervorgehoben werden, weil wohl bei der ganz überwiegenden Mehrzahl der Menschen jene Netzhautmeridiane oder besser Elementenreihen, welche angeborenerweise die Empfindung „Vertikal“ vermitteln — die „Längsmittelschnitte“ nach Hering —, nicht parallel stehen. In der Primärstellung divergieren dieselben bekanntlich nach oben um $1-3^\circ$, ja bis 14° (Hering, Helmholtz, Volkmann u. a. — vgl. die Übersicht bei Tschermak, Grundlagen der optischen Lokalisation, S. 538—541). Infolge dieser Abweichung des physiologischen Vertikalmeridians vom geometrischen Lotmeridian, welche ebenso für die vertikalempfindenden Elementenreihen im indirekten Sehen, für

in 25 cm Abstand bei asymmetrischer Konvergenz auf Lot 3.

Reiner Seitenabstand des fixierten Messlotes (L_3) vom medianen Lote (L_1) bei unokularer, und zwar rechtsäugiger Beobachtung			Einstellungs-differenzen			
linear		Maass des Winkels L_2L_3 für das rechte Auge	für den Seitenabstand des Messlotes (L_3) bei unokularer und bei binokularer Beobachtung		$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ unokular	$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ binokular
Mittel mm	Schwankungs- grenzen mm	linear	linear mm	im Winkelmaass $\angle L_2L_3$ unokular — $\angle L_2L_3$ binokular		
36,35 (6) gleich 35,9 (3) zu nahe 36,83 (3) zu fern	36,1—36,7 35,8—36,0 36,8—36,9	$\angle L_2L_3 = \eta_u$ $4^\circ 9' 30,8''$	1,37	$\eta_u - \eta_b$ $0^\circ 18' 52,6''$	$+ 0^\circ 2' 10''$	$+ 0^\circ 21' 2,6''$

Tabelle V. Serie A. Beobachtungen schwarzer Lote auf weissem Grunde bei welches ein zweites Lot (L_2)

Abstand des Fixierlotes (L_1) von dem äusseren Augenwinkel des linken Auges cm	Das Messlot (L_3) steht dauernd vor der durch das Fixierlot (L_1) bezeichneten Frontalebene mm	Entfernung des Fernlotes (L_2) vom Fixierlote (L_1)		Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei binokularer Beobachtung		
				linear		Maass des Winkels $L_2 L_3$ für das rechte Auge
		linear mm	im Winkelmaass für das rechte Auge	Mittel mm	Schwankungsgrenzen mm	Mittel
25	0,5	100	$\sphericalangle L_1 L_2 = \varepsilon$			$\sphericalangle L_2 L_3 = \eta^b$
			4° 0' 9,4''	35,07 (4) gleich	35,0—35,1	3° 44' 29,5''
				34,63 (3) zu nahe	34,6—34,7	
				35,57 (3) zu fern	35,5—35,6	

Tabelle V.

Abstand des Fixierlotes (L_1) vom äusseren Augenwinkel des rechten Auges cm	Das Messlot (L_3) steht dauernd vor der durch das Fixierlot (L_1) bezeichneten Frontalebene um mm	Entfernung des Fernlotes (L_2) vom Fixierlote (L_1)		Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei binokularer Beobachtung		
				linear		Maass des Winkels $L_2 L_3$ für das linke Auge
		linear mm	im Winkelmaass für das linke Auge	Mittel mm	Schwankungsgrenzen mm	Mittel
25	0,8	100	$\sphericalangle L_1 L_2 = \varepsilon$			$\sphericalangle L_2 L_3 = \eta^b$
			4° 0' 9,4''	35,32 (8) gleich	35,0—35,9	3° 47' 25,6''
				35,45 (2) zu nahe	35,4—35,5	
				36,35 (2) zu fern	36,3—36,4	

die „Längsnebenschnitte“ gilt, wäre zu erwarten, dass einäugig, sei es direkt, sei es indirekt, gesehene Lote schräg erscheinen sollten, und zwar mit dem oberen Ende von der Seite des allein sehenden Auges weggeneigt. Von der Berechtigung dieser Erwartung auch für meine Person — und damit von dem Bestehen einer nicht unerheb-

asymmetrischer Konvergenz auf das vor dem einen Auge befindliche Lot (L_1), für dieses Auge verdeckt.

Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei unokularer, und zwar rechtsängiger Beobachtung			Einstellungsdifferenzen			
linear		Maass des Winkels L_2L_3 für das rechte Auge	für d. Seitenabstand des Messlotes (L_3) bei binokularer und bei unokular- rechtsängiger Beobachtung		$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ unokular	$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ binokular
Mittel mm	Schwankungs- grenzen mm	Mittel	linear mm	im Winkelmaass $\angle L_2L_3$ unokular — $\angle L_2L_3$ binokular		
35,72 (4) gleich	35,7—35,8	$\angle L_2L_3 = \eta_u$ $3^\circ 53' 20,1''$	0,65	$\eta_u - \eta_b$ $0^\circ 8' 50,6''$	$+0^\circ 6' 49,3''$	$+0^\circ 15' 39,9''$
35,33 (3) zu nahe	35,3—35,4					
36,2 (3) zu fern	36,1—36,3					

Serie B.

Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3) vom Fixierlote (L_1) bei unokularer, und zwar linksängiger Beobachtung			Einstellungsdifferenzen			
linear		Maass des Winkels L_2L_3 für das linke Auge	für d. Seitenabstand des Messlotes (L_3) bei binokularer und bei unokular- linksängiger Beobachtung		$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ unokular	$\angle L_1L_2$ — $\angle L_2L_3$ binokular
Mittel mm	Schwankungs- grenzen mm	Mittel	linear mm	im Winkelmaass $\angle L_1L_3$ unokular — $\angle L_1L_3$ binokular		
36,1 (4) gleich	35,8—36,7	$\angle L_2L_3 = \eta_u$ $3^\circ 58' 2,8''$	0,78	$\eta_u - \eta_b$ $0^\circ 10' 37,2''$	$+0^\circ 2' 6,6''$	$+0^\circ 12' 43,8''$
36,05 (2) zu nahe	36,0—36,1					
37,05 (2) zu fern	37,0—37,1					

lichen Divergenz meiner beiden Längsmittelschnitte — konnte ich mich sofort überzeugen, wenn ich das Fixierlot (L_1) oder das Messlot (L_3) für ein Auge durch einen Streifen weissen Kartons abdeckte. Alsbald erschien nämlich das jetzt nur einäugig sichtbare Lot in dem obengenannten Sinne schief. (Dasselbe galt für den Fall, dass das

Fixierlot für das eine Auge von oben und von unten her bis auf die fixierte Perle abgedeckt war, diese aber für die binokulare Betrachtung frei blieb. Für den Grad des Schieferscheinens machte es übrigens keinen Unterschied, ob der Rand des abdeckenden Kartonstreifens gerade oder schief gehalten wurde.) — Gleichzeitig erschien aber auch das dauernd bloss einäugig sichtbare Fernlot (L_2) schief. — Wird das Fixierlot (L_1) bald für das eine, bald für das andere Auge ver-

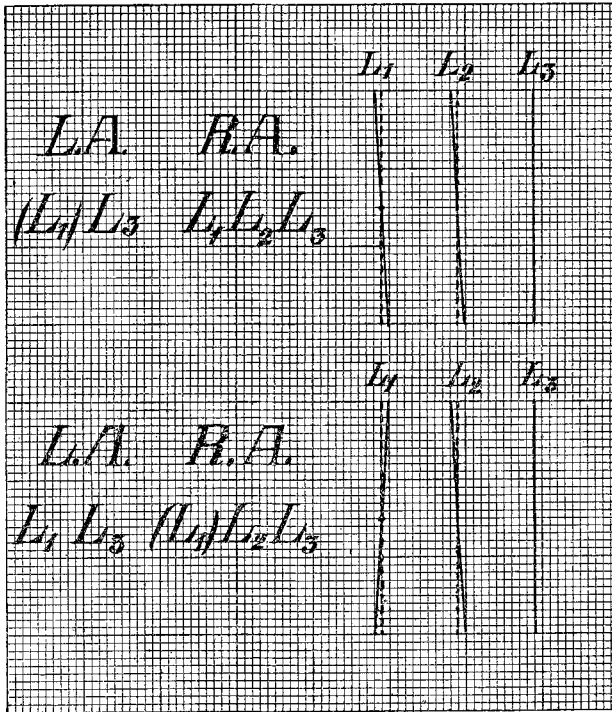


Fig. 2¹⁾.

deckt, so erscheint dessen unokularer Eindruck entsprechend der Abweichung des betreffenden Längsmittelschnittes mit dem oberen Ende von der Seite des momentan allein stehenden Auges weg, also nach der Seite des abgeblendeten Auges hingeneigt — das Fernlot L_2 aber erscheint beide Male in demselben Sinne schief, nämlich mit dem oberen Ende von der Seite des dasselbe dauernd allein- sehenden Auges weggeneigt. (Vgl. Fig. 2.)

1) Die Klammer bedeutet Abdeckung des betreffenden Lotes für das betreffende Auge.

(Man beachte dabei, wie für den von den Lotbildern L_2 und L_3 eingeschlossenen Netzhautstreifen im rechten Auge trotz objektiven Konstantbleibens der subjektive Massstab wechselt!) — Sobald das Binokularsehen für das deckende Lot (L_1) aufgehoben ist, erfolgt die Lokalisation für dessen unokularen Eindruck sowie für das dauernd unokular gesehene gedeckte Lot (L_2) entsprechend der physiologischen Abweichung des betreffenden Längsnebenschnittes¹⁾.

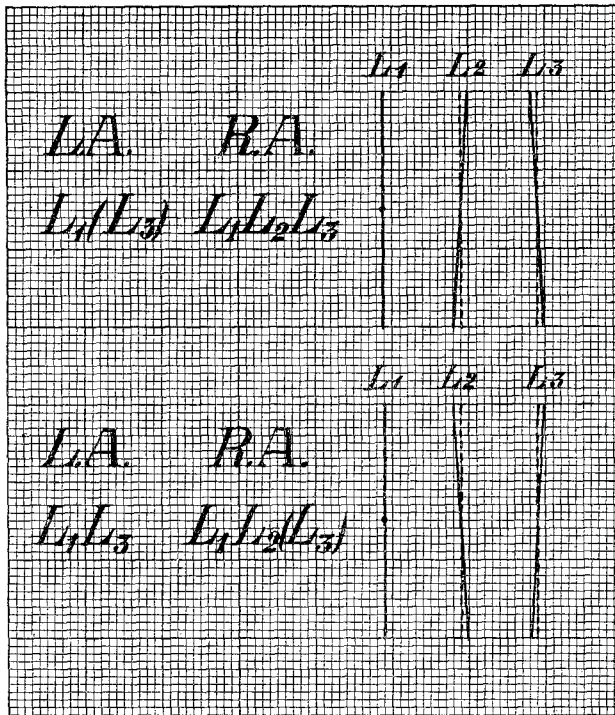


Fig. 3.

Bei unbehindertem Binokularsehen des deckenden Lotes (L_1) erfolgt hingegen für das dauernd unokular gesehene gedeckte Lot (L_2) eine jener Abweichung nicht entsprechende Vertikallokalisierung. Dieselbe erweist sich als bedingt durch die binokulare Vertikallokalisierung des deckenden Lotes (L_1).

1) D. h. jenes Längsnebenschnittes, auf den das Lotbild fallen müsste, um in gleichem Seitenabstande vertikal zu erscheinen — also jenes Längsnebenschnittes, welcher den Quermittelschnitt oder physiologischen Horizontalmeridian an demselben Punkte schneidet wie der das Lotbild tragende Meridian.

Wird das Messlot (L_3) bald für das eine, bald für das andere Auge verdeckt, so erscheint dessen unokularer Eindruck gleichfalls entsprechend der Abweichung des betreffenden Längsnebenschnittes mit dem oberen Ende von der Seite des momentan allein sehenden Auges weg, also nach der Seite des abgeblendeten Auges hingeneigt — das gedeckte Lot aber erscheint jedesmal im entgegengesetzten Sinne schief. (Vgl. Fig 3.)

Das ausnahmsweise bloss einäugige Sichtbarsein und konsekutive Schieferscheinen des Messlotes, welches — im Gegensatze zum deckenden Fixierlote (L_1) — an sich keine spezielle Beziehung zum gedeckten Lote (L_2) besitzt, beeinflusst gewissermassen kontrastiv die subjektive Richtung desselben. Dabei erfolgt also nicht wie im erst-erwähnten Falle die Lokalisation des gedeckten Lotes (L_2) entsprechend der physiologischen Abweichung des betreffenden Längsnebenschnittes. Das gegensätzliche, gewissermassen kontrastive Beeinflusserscheinen einer objektiv lot- oder wagerechten Linie durch eine benachbarte schräge Linie ist ja eine wohlbekannte Erscheinung, eine sogenannte geometrisch-optische Täuschung.

Gleichzeitiges Abblenden des deckenden Fixierlotes (L_1) und des Messlotes (L_3) für je ein Auge ergab eine interessante Kombination der beiden geschilderten Erscheinungen. Für das gedeckte Lot (L_2) überwog dabei die stets gleichsinnige Lokalisation gemäss der Abweichung des betreffenden Längsnebenschnittes gegenüber der wechselnden kontrastiven Beeinflussung durch den unokularen Eindruck des Messlotes (L_3), eventuell erschien L_2 annähernd vertikal zwischen den gegensätzlich schieferscheinenden Loten L_1 und L_3 .

Das Schiefwerden der Lote bei den Abblendungsversuchen machte natürlich eine Angabe darüber, ob gleichzeitig der mittlere Seitenabstand eine Änderung erfuhr oder nicht, schwierig oder geradezu unmöglich. Mit ziemlicher Sicherheit schien beim Abdecken des Messlotes (L_3) für das rechte Auge (nicht so für das linke Auge!) — also bei binokularer Sichtbarkeit von L_1 , rechtsäugiger Sichtbarkeit von L_2 , linksäugiger Sichtbarkeit von L_3 — der Seitenabstand $L_1 L_2$ noch kleiner zu werden als bei unbehinderter Binokularbeobachtung. Diese Schrumpfung wurde um so erheblicher, je näher der Rand des abdeckenden Kartonstreifens an das Lot L_2 heranrückte. Bei Stillhalten und längerer Betrachtung ging die scheinbare Schrumpfung von $L_1 L_2$ etwas zurück, aber nicht vollkommen. Die binokular hergestellte Abstandsgleichung $L_1 L_2 =$

$L_2 L_3$ wurde unrichtig, indem $L_1 L_2 < L_2 L_3$ erschien. Es hat aber wohl keinen Zweck, die bei Wiederherstellung der Gleichung erhaltenen, ziemlich schwankenden Zahlen mitzuteilen. Dasselbe gilt von den Einstellungsversuchen, welche bei den verschiedenen anderen Anordnungen mit Abblendung einzelner Lote ausgeführt wurden.

Es wurde bereits oben betont, dass die Änderung, welche der subjektive Abstand hintereinander stehender Lote beim Wechsel von zweiäugiger und einäugiger Betrachtung erfährt, und die gemessene Änderung der Einstellung des dritten Lotes nicht parallel gehen, sondern geradezu inkommensurabel sind. Sucht man die relative Änderung auf subjektivem und die relative Änderung auf objektivem Gebiete zu vergleichen, so übertrifft die erstgenannte die letztere ganz erheblich. Immerhin erreicht, wie bereits erwähnt, die scheinbare Änderung des Abstandes beim Übergang von unokularer zu binokularer Betrachtung keineswegs die Hälfte des unokularen Wertes beziehungsweise das Mittel zwischen dem Seitenabstand für linksäugige und dem Seitenabstand für rechtsäugige Betrachtung. Eine solche Mittelstellung zwischen den beiden Werten für unokulare Betrachtung gilt hingegen — wie speziell Hering betont hat — für die binokulare Lokalisation eines stereoskopisch und einfach erscheinenden Objektes, welches sich nicht allzuweit vor oder hinter dem Längshoropter befindet. Behufs direkter Vergleichung mit den oben geschilderten Versuchen wurden analoge Bestimmungen an drei Loten ausgeführt, welche alle beiden Augen sichtbar waren. Das mediane Lot (L_1) wurde binokular fixiert, ein zweites Lot (L_2) stand 12,48 mm rechts und 10 mm hinten von dem obengenannten; ein drittes Lot (L_3) befand sich noch weiter rechts beiläufig im Längshoropter. Dieses wurde nun durch eine Frontalverschiebung so eingestellt, dass die Seitenabstände $L_3 L_2$ und $L_2 L_1$ gleich erschienen. Bei der Verschmelzung zum binokular-stereoskopischen Eindrucke erfuhr der rechtsäugige Seitenabstand sozusagen eine Schrumpfung, der linksäugige eine Schwellung, so dass der gemeinsame Eindruck etwa dem Mittel entsprach. Dieses kommt auch — von den relativ kleinen Diskrepanzen im indirekten Sehen (vgl. oben) abgesehen — in der objektiven Einstellungsweise von Lot 3 ziemlich gut zum Ausdruck (vgl. Tab. VI).

IV. Schlussbetrachtung.

An der Tatsache, dass im Wheatstone-Panum'schen Grenzfalle des binokularen Tiefensehens der Seitenabstand zweier gleicher Objekte, von denen das vordere das hintere für ein Auge völlig verdeckt, bei zweiäugiger und einäugiger Beobachtung verschieden erscheint, kann nach all dem Ausgeführten kein Zweifel sein. Was nun eine Erklärung dieses Phänomens anlangt, so kann es ja nicht zweifelhaft sein, dass der Eindruck des fixierten Lotes (L_1) in jenem Auge, welchem hiedurch das zweite Lot (L_2) verdeckt wird, von entscheidender Bedeutung ist für den scheinbaren Abstand der beiden Lote und für das Vertikalerscheinen des nur dem anderen Auge sichtbaren Lotes. Zur Ergänzung der oben angeführten Beweisgründe sei noch ein spezielles Versuchsergebnis angeführt. Wird an der gewöhnlichen Versuchsanordnung das mediane Lot (L_1) für das linke Auge durch zwei Streifen weissen Kartons von oben und unten her bis auf die bifoveal fixierte Perle abgedeckt (also linkes Auge bloss L_3 , rechtes Auge $L_1 L_2 L_3$ sehend), so erscheint erstens nicht bloss L_1 , sondern auch L_2 schief mit dem oberen Ende nach links geneigt. Zweitens erscheint aber auch der Seitenabstand $L_1 L_2$ alsbald grösser wie bei unbehindertem Binokularsehen, und zwar — abgesehen von der Störung durch das nunmehrige Schieferscheinen von L_1 und L_2 — wesentlich gleich gross wie bei rein rechtsäugiger Betrachtung. Man vergleiche die hierbei erhaltenen Werte (Tab. VII).

Tabelle VII. Beobachtungen schwarzer Lote auf weissem Grunde in 25 cm Abstand bei symmetrischer Konvergenz.

Abstand des medianen Fixierlotes (L_1) von den äusseren Augenwinkeln	Entfernung des Fernlotes (L_2) vom Fixierlote (L_1)	Reiner Seitenabstand des Messlotes (L_3)		
		bei unbehindertem Binokularsehen von L_1 und L_3	bei Abdeckung von L_1 bis auf die Perle für das linke Auge	bei völligem Verdecken des linken Auges, also unokular-rechtsäugiger Beobachtung
		Mittel	Mittel	Mittel
25 mm	100 mm {	A. 35,67 mm	36,72 mm	36,75 mm
		B. 35,16 mm	36,6 mm	36,2 mm

Der linksäugige Eindruck des fixierten Lotes (L_1) beeinflusst also einerseits den „korrespondenten“¹⁾ rechtsäugigen Eindruck desselben Lotes und bestimmt mit ihm verschmelzend die subjektive Frontal- oder Kernebene. Das Messlot L_3 wurde ja so lange fein abgestuft verschoben, bis sein binokular verschmolzener Eindruck gerade in dieser Ebene erschien. Das Lot selbst kommt dabei objektiv in den Längshoropter zu stehen, seine Bilder treffen „korrespondierende“ Stellen in den beiden Augen. Dass die Verschmelzung des rechts- und des linksäugigen Eindruckes von L_1 , ebenso von L_3 , eine dauernde ist, beweist das andauernde scheinbare Vertikalbleiben von L_1 , ebenso von L_3 , während jeder einäugige Eindruck dieser Lote allein für sich schräg erscheint. — Andererseits jedoch beeinflusst der linksäugige Eindruck des fixierten Lotes (L_1) gleichzeitig den querdissparaten, ausschliesslich rechtsäugigen Eindruck des gedeckten Lotes (L_2) und bedingt im Verein mit diesem sein zwangsmässiges Erscheinen hinter der Kernebene, und zwar in einem erheblich geringeren Seitenabstande, als es der Seitenabstand der isolierten rechtsäugigen Eindrücke von L_1 und L_2 ist. Allerdings geht diese Einflussnahme auf den Seitenabstand nicht so weit — nämlich bis etwa zur Hälfte oder zum Mittel — wie dies bei der Einflussnahme eines linksäugigen Eindruckes auf einen querdissparaten rechtsäugigen Eindruck unter stereoskopischer Verschmelzung geschieht.

1) Wirklich korrespondent wird nur die binokular fixierte Perle abgebildet, die obere und untere Strecke des Lotes (L_1) hingegen mit zunehmender Dissipation. (Darauf bezieht sich die Bezeichnung der Eindrücke des fixierten Lotes als „korrespondent“ unter Anführungszeichen im weiteren Texte oben.) Der transfoveale Lotmeridian und der physiologische Vertikalmeridian oder Längsmittelschnitt stimmen eben nicht überein. Wenn trotzdem unter den gewählten Beobachtungsbedingungen das fixierte Lot keinen stereoskopischen Eindruck macht, also mit dem oberen Ende nicht gegen den Beobachter zu, mit dem unteren nicht vom Beobachter weg geneigt erscheint, so liegt dies — wie M. Sachs und J. Meller (Über einige eigentümliche Lokalisationsphänomene in einem Falle von hochgradiger Netzhautinkongruenz. Arch. f. Ophthalm. Bd. 57 S. 1—23. 1903) gezeigt haben — an dem anpassungsweisen, individuell erworbenen Vertikalsehen, welches die beiden Lotmeridiane bei gewöhnlicher binokularer Beobachtung vermitteln. Die genannten Untersucher konnten dieses Verhalten sogar in einem Falle (J. Meller) feststellen, welcher einen besonders hohen Grad von Netzhautinkongruenz, nämlich eine Divergenz beider Längsmittelschnitte von 14° bei Primärstellung der Augen, aufwies.

Der transfoveale Eindruck im linken Auge entfaltet demnach — gemäss der Vorstellung von A. Tschermak — gleichzeitig und nicht etwa in gelegentlichem oder raschem Wechsel (Beweis: Konstantbleiben der vertikalen Richtung und des geringeren Seitenabstandes von L_1 und L_2) zwei Funktionen, indem er mit zwei Eindrücken des rechten Auges, nämlich sowohl mit dem „korrespondierenden“ transfovealen Eindrucke des rechten Auges als auch mit dem gleichgestalteten, aber querdissipaten Eindrucke des rechten Auges zusammenarbeitet. Das Zusammenarbeiten mit dem „korrespondierenden“ Eindrucke, welches die Empfindung der subjektiven Frontal- oder Kernebene vermittelt, sei nach A. Tschermak Planfunktion oder Planiskopie (korrekter wäre „Homaloskopie“: *ὁμαλος* = eben) genannt; das Zusammenarbeiten mit dem querdissipaten Eindrucke, welches einen zwangsmässigen bestimmten Tiefeneindruck vermittelt, sei als Stereofunktion¹⁾ oder Stereoskopie im weiteren Sinne bezeichnet. In dem hier analysierten Falle ist also der vom fixierten Lote gereizte Lotmeridian des linken Auges, der etwas vom Längsmittelschnitt abweicht, gleichzeitig an einer Planfunktion (im Verein mit dem Meridian des L_1 im rechten Auge) und an einer Stereofunktion (im Verein mit dem Meridian des L_2 im rechten Auge — in anderen Fällen eventuell mit mehreren unokularen Eindrücken des rechten Auges [vgl. Kap. I]!) beteiligt. Augenscheinlich ist dieses Verhalten wesentlich dadurch begünstigt, dass die Eindrücke von L_1 und L_2 an Farbe und Form identisch sind. — Die Frage, welcher Art jenes in gewisser Hinsicht stereoskopische Zusammenarbeiten ist, speziell die Frage, ob die Helligkeit und Farbe des deckenden Eindruckes für jene des gedeckten Eindruckes irgendwelche Bedeutung besitzt, oder ob eine ausschliesslich subjektiv-räumliche Einflussnahme stattfindet, bedarf noch der weiteren Untersuchung. — Die gekennzeichnete Vorstellung ergibt sich ungezwungen aus all den angeführten Beobachtungstatsachen. Sie wird einerseits dem von Hering erwiesenen Satze gerecht, dass in dem Wheatstone-Panum'schen Grenzfall das normale Zusammenarbeiten der beiden Augen, die angeborene Korrespondenz oder normale Sehrichtungsgemeinschaft der Netzhäute keineswegs aufhört und durch ein Doppeltsehen mit identischen oder korrespondierenden Stellen

1) Man entschuldige die kaum zu vermeidende vox hybrida: Planiskopie bzw. Stereofunktion.

ersetzt wird. Andererseits berücksichtigt jene Vorstellung den oben festgestellten Einfluss des einen Auges auf verdeckte unokulare Eindrücke des anderen Auges — ein Einfluss, welcher qualitativ, wenn auch nicht quantitativ, dem Zusammenarbeiten beider Augen beim gewöhnlichen stereoskopischen Einfachsehen vergleichbar ist. Allerdings wird damit nicht die Vorstellung vertreten, dass unter Aufhören der Verschmelzung der beiden Eindrücke von L_1 nunmehr ein gewöhnliches stereoskopisches Einfachsehen mit disparaten Netzhautstellen, nämlich mit dem transfovealen Lotmeridian (L_1) des linken und einem exzentrischen Lotmeridian (L_2) des rechten Auges, stattfindet. Der Umstand, dass eine und dieselbe Netzhautstelle (und zwar nicht bloss die Fovea bezw. der transfoveale Lotmeridian, sondern auch ein exzentrischer Lotmeridian) gleichzeitig an einer Planifunktion und einer Stereofunktion — bei Gegebensein mehrerer gedeckter Objekte sogar an einer Stereofunktion in mehrfacher Hinsicht — beteiligt sein kann, eröffnet gewiss so manche Perspektive für eine Theorie der binokularen Tiefenwahrnehmung überhaupt. Doch ist heute noch nicht der Zeitpunkt gekommen, die Formulierung einer solchen zu versuchen, für welche Hering's klassische Arbeiten den dauernden Grund gelegt haben.

Ergebnisse.

1. Der Seitenabstand zweier gleicher Objekte, z. B. zweier Lote, von denen das vordere das hintere für ein Auge völlig verdeckt — im vorstehenden als Wheatstone-Panum'scher Grenzfall des binokularen Tiefensehens bezeichnet —, erscheint bei zwei-äugiger Beobachtung erheblich kleiner als bei unokularer Beobachtung mit jenem Auge, für welches das betreffende Objekt allein sichtbar ist.

2. Dieses Verhalten wurde durch Herstellung einer Abstandsgleichung mittelst eines dritten, im Längshoropter verschieblichen Lotes zahlenmässig charakterisiert (nicht gemessen!). Die subjektive Abstandsänderung übertrifft deutlich an relativer Grösse um ein Erhebliches die objektive Änderung der Lotanordnung, welche bloss etwa $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ ausmacht. Allerdings erreicht die subjektive Abstandsänderung bei binokularer Beobachtung keineswegs die Hälfte des unokularen Wertes. Die binokulare Lokalisation eines stereoskopisch und einfach gesehenen Objektes nimmt hingegen eine Mittelstellung ein zwischen den beiden Werten für unokulare Beobachtung.

3. Jene lokale Änderung des subjektiven Maassstabes liess sich sowohl bei Verwendung schwarzer Lote auf weissem Grunde als bei Verwendung von weissen auf Schwarz, für symmetrische wie für asymmetrische Konvergenz in verschiedenen Abständen nachweisen und zahlenmässig charakterisieren.

4. Sobald das Binokularsehen für das fixierte, deckende Lot aufgehoben ist, wird dessen einäugiger Eindruck, ebenso jener des gedeckten Lotes schief, entsprechend der Abweichung des Vertikalmeridians oder Längsmittelschnittes vom Lotmeridian.

5. Der Eindruck des fixierten Lotes in demjenigen Auge, welchem hiedurch das zweite Lot verdeckt wird, beeinflusst sowohl den korrespondierenden Eindruck dieses Lotes im anderen Auge (vertikales Verschmelzungsbild!) als den disparaten Eindruck des gedeckten Lotes, so dass dessen scheinbarer Abstand und dessen Vertikalerscheinen hiedurch bestimmt wird. Der vom fixierten Lote gereizte Meridian des erstgenannten Auges entfaltet gemäss der Vorstellung von A. Tschermak gleichzeitig zwei Funktionen, eine Planifunktion und eine Stereofunktion.
