

„größer“, „kleiner“ usw. ihren Ausdruck findet, komplizierte Prozesse einschiebt: Hand- und Armbewegungen oder doch die Bilder derselben sowie die motorischen Impulse zu den Wörtern „oben“, „unten“ etc. sollen erst die Lokalisation ermöglichen. Als ob eine Bewegung oder der Impuls zu einer solchen oder gar der Antrieb zur Wortartikulation die Raumauffassung mit sich führte! Auch den Begriff Suggestion, den Verf. für die von ihm vorausgesetzte Erweckung sensorisch-motorischer Vorstellungen durch Reiz und Nebenreiz einführt, würde Referent lieber vermeiden, und die Versuche, welche PEARCE über den Zusammenhang zwischen Intelligenz und Neigung zu den beschriebenen Lokalisationstäuschungen an Schulkindern angestellt hat, dürften sein allgemeines Urteil über die Beziehung der Intelligenz zur Suggestibilität kaum rechtfertigen.

DÜRR (Würzburg).

B. BOURDON. **La perception visuelle de l'espace.** 442 S. 143 Fig, *Bibliothèque de pédagogie et de psychologie*, publié sous la direction de ALFRED BINET, 4. Paris, Schleicher frères, 1902.

Das Buch ist zweifellos als eine literarische Erscheinung von hervorragender Bedeutung auf dem Gebiete der Gesichtswahrnehmungen zu betrachten: es ist zunächst ein außerordentlich verdienstliches Werk, das verwickelte und in zahllosen Einzelarbeiten zerstreute Literaturmaterial über die visuelle Raumwahrnehmung einer kritischen Bearbeitung und monographischen Darstellung unterzogen zu haben, und das um so mehr, als diese Darstellung an Klarheit der Auffassung und Eleganz des Stiles nichts zu wünschen übrig läßt; dann aber bedeutet das Buch in allen möglichen Einzelfragen des behandelten Gebietes einen sehr wesentlichen Fortschritt, sei es daß die Fragestellung klarer als bisher geschehen präzisiert und Anregung zu neuen Untersuchungen gegeben wurde, sei es daß durch Ausführung ausgedehnter Reihen eigener Experimentaluntersuchungen wertvolle Ergebnisse erzielt oder Lösungen alter Probleme angebahnt wurden. Und das letztere ist in jedem Kapitel, ja fast in jedem Abschnitt des Buches der Fall. Es wird also, wie ich annehme, den Lesern dieser Zeitschrift, welche auf gleichem Gebiete arbeiten oder sich interessieren, willkommen sein, das Buch B.s hier durch eingehende Besprechung berücksichtigt zu finden.

Im einleitenden Kapitel werden zunächst in aller Kürze die wichtigsten Tatsachen aus der Anatomie des Auges und die Grundbegriffe der physiologischen Dioptrik rekapituliert; nachdem die Gesetze der Lichtbrechung in den brechenden Medien des Auges, die Berechnung des Strahlenganges mit Hilfe der optischen Kardinalpunkte nach GAUSS, die Bestimmung der optischen Konstanten des Auges, die Funktion der Iris, die Entwicklung der von HELMHOLTZ eingeführten Begriffe der optischen Achse, der Gesichtslinie, der Visierlinien und der Richtungslinien, die sphärische und chromatische Aberration des Lichtes im Sehorgan und endlich die Refraktionsanomalien mit Einschluss des physiologischen und pathologischen Korneal- und Linsenastigmatismus in knappster Darstellung gestreift und durch Anführung weniger prägnanter Versuche illustriert sind, nachdem dann kurz die Berechnung der Größe der Netzhautbilder an LISTINGS reduziertem

Auge vorgeführt worden ist, finden die für die Raumwahrnehmung wesentlichen peripherischen Werkzeuge des Sehorganes, der Akkommodationsapparat und die Augenbewegungen eingehendere Berücksichtigung. Es werden die Begriffe der Akkommodationsbreite, des Punctum proximum und remotum an der Hand des SCHEINERSchen und anderer Experimente vorgeführt, dann werden die bisher wenig erfolgreichen Versuche besprochen, durch welche über den zeitlichen Verlauf und die Geschwindigkeit des Akkommodationsvorganges Aufschluß gesucht wurde; es schliessen sich weitere Bemerkungen an über das Zusammenwirken von Akkommodation und Irisbewegung, über die Abhängigkeit der Grösse der Zerstreuungskreise von der Weite der Pupille und die Möglichkeit ungenaue Linseneinstellung durch künstliche Verengerung der Pupille (stenopäische Brille) zu kompensieren, und schliesslich wird die Tatsache, daß im emmetropischen Auge bei Einstellung auf Entfernungen von 4 m —  $\infty$  ein Wechsel des Akkommodationszustandes nicht nachgewiesen werden kann (BOURDON), dazu benutzt, um die ausserordentlich geringe Rolle des Akkommodationsapparates für die Tiefenwahrnehmung zu demonstrieren. Als wesentlich wichtiger erweisen sich in dieser Beziehung die Augenbewegungen. Schon ein Auge für sich ist bis zu einem gewissen Grade fähig, die Wahrnehmung von Entfernungsdifferenzen zu vermitteln; denn bei Bewegungen des Auges verändert das Pupillenzentrum und der Knotenpunkt seinen Ort im Raume und die Gegenstände werden infolgedessen unter veränderter Parallaxe gesehen; viel gröfser wird die parallaktische Verschiebung natürlich, wenn Bewegungen des Kopfes und des Rumpfes hinzukommen.

Das wichtigste Mittel zur visuellen Tiefenwahrnehmung aber ist uns darin gegeben, daß wir beim Binokularsehen die Gegenstände mit jedem Einzelauge von zwei verschiedenen Punkten im Raume aus „stereoskopisch“ sehen und die beiden differenten Netzhautbilder zu einer plastischen Wahrnehmung kombinieren können. Für das Studium dieser Funktion ist die Kenntnis der Augenbewegungen Grundlage.

DONDERS stellte zunächst das Gesetz fest, daß für eine jede bestimmte Stellung der Blicklinie auch das ganze Auge eine bestimmte Lage im Koordinatensystem des Kopfes einnimmt. LISTING fand dann, daß bei Übergang des Auges aus der Primärstellung in eine sekundäre (parallele Blicklinien) die Drehung des Bulbus um eine Achse erfolgt, welche zur Ausgangs- und Endlage der Blicklinie senkrecht ist. Über die Geschwindigkeit der Augenbewegungen und über den Verlauf der Bewegung im einzelnen ist noch nichts Genaueres bekannt, da noch keine geeignete Registriermethode gefunden ist.

Das LISTINGSche Gesetz beansprucht nur Gültigkeit, solange es sich um Bewegungen mit parallel bleibenden Sehachsen handelt. Bei Konvergenz der Sehachsen ist mit Blickhebung Divergenz der bei Primärstellung senkrechten Netzhautmeridiane nach oben, bei Blicksenkung Divergenz nach unten verknüpft, d. h. es treten sog. Raddrehungen ein. Ebensolche und zwar im Sinne einer Kompensation der Drehung des Vertikalmeridianes der Netzhaut sind nachzuweisen, wenn der Kopf oder Körper seitwärts geneigt wird. Auch kann man zwei je einem Auge sichtbare Linien, welche leicht divergieren oder einen Höhenunterschied aufweisen,



durch abnorme Augenbewegungen zur Vereinigung bringen, so daß das Bild nur einer Linie wahrgenommen wird. Diese wie überhaupt die meisten Feststellungen über Augenbewegungen sind größtenteils in der bekannten Weise durch Nachbildversuche gewonnen und vom Verf. ausgiebig kontrolliert.

In Kürze wird dann auf die bekannte Synergie von Akkommodation und Konvergenz und auf den Konvergenzspielraum bei bestimmter Einstellung des Akkommodationsapparates, der sich durch Wahrnehmung von Doppelbildern nachweisen läßt, hingewiesen und einige abschließende Bemerkungen des Kapitels gelten der Ausdehnung des Gesichtsfeldes bei monokularer und binokularer Beobachtung, bei bewegtem und festgestelltem Auge, sowie der Größe des Fixierfeldes, d. i. der Größe des Feldes, welches bei festgestelltem Kopf, aber bewegtem Auge foveal gesehen werden kann.

Im zweiten Kapitel werden in knapper Übersicht die wichtigsten physiologischen Funktionen hervorgehoben, welche für die visuelle Raumwahrnehmung in Betracht kommen. Die Sehschärfe im direkten und indirekten Sehen und ihre Bedeutung für die Richtungswahrnehmung findet Erwähnung und auf die Rolle des zeitlichen Ablaufes der Netzhauterregung für die Wahrnehmung von Bewegungen wird an der Hand einige Versuche hingewiesen. Bemerkenswert ist die Wichtigkeit, welche BOURDON nach eigenen Versuchen den taktilen und Muskelempfindungen der Augenlider für die Beurteilung der Stellung des Auges zuzuerkennen geneigt ist. Nachdem dann die Bedeutung der Kopf- und Körperbewegungen und der in deren Gefolge auftretenden parallaktischen Verschiebungen der Objekte und die fundamentale Wichtigkeit, welche die binokulare Vereinigung der beiden monokularen, inkongruenten Netzhautbilder (Stereoskopie) für die Tiefenwahrnehmung spielt, betont worden ist, werden einige mehr psychologische Faktoren, welche für unsere Raumauffassung wesentliche Bedeutung haben, näher besprochen. Die Schlüsse, welche wir aus der wechselnden Größe und Form der Netzhautbilder auf die Größe, Richtung und Entfernung der Objekte unter Zuhilfenahme früherer Erfahrungen ziehen, werden nach diesen ihren Ursachen analysiert; für die Kenntnis der Stellung des Auges im Kopfe erkennt BOURDON den Innervationsgefühlen, welche von den Augenmuskeln zentripetal verlaufen müßten, nicht die Bedeutung zu, welche HELMHOLTZ für dieselben in Anspruch nahm, vielmehr schließt sich B. der Theorie WUNDTs an, nach welcher die Vorstellung der vorher willkürlich ausgeführten Augenbewegungen der Hauptsache nach die Kenntnis der Augenstellung vermittelt.

Mit Kapitel 3 beginnt die spezielle Besprechung der einzelnen für die Raumwahrnehmung wesentlichen physiologischen und psychologischen Faktoren, zuerst die der Sehschärfe. Nach kurzen kritischen Vorbemerkungen über die üblichen Prüfungsmethoden folgen quantitative Angaben über die maximale Sehleistung der Netzhaut, d. h. über den kleinsten Gesichtswinkel, unter dem zwei Punkte als zwei erkannt werden können, normale dioptrische Verhältnisse vorausgesetzt. Daran fügen sich Erörterungen über die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Helligkeit und Farbe des Objektes, über die Bedeutung der Irradiation und des Kontrastes für die Sichtbarkeit kleinster Gegenstände und über die Abnahme der Seh-

schärfe mit dem Alter, die teils auf leichte Trübung der brechenden Medien, teils auf Veränderungen in der Netzhaut und im gesamten Nervenapparat zurückgeführt werden. Nachdem auch die geringere Sehschärfe im indirekten Sehen Berücksichtigung gefunden hat und besonders hervorgehoben ist, daß mit der Zunahme des Winkels zwischen Gesichtslinie und Richtungslinie des Objektes die Sehschärfe progressiv abnimmt, folgt die Diskussion über die von HELMHOLTZ und HENSEN entwickelte Ansicht, daß die quantitativen Verhältnisse der Sehschärfe in den anatomischen Feststellungen über die Anordnung der Netzhautelemente, speziell der Zapfen, eine befriedigende Erklärung finden. BOURDON ist der Ansicht, daß dies für die foveale Sehschärfe, wenn auch nicht einwandfrei, so doch zutreffend, sein kann, daß aber die Theorie für die Verhältnisse des indirekten Sehens kaum ausreicht. — Erörterungen über die Sehschärfe bei Dunkeladaptation (Stäbchensehschärfe) fehlen.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Formwahrnehmung, für deren Zustandekommen als wesentlichster Faktor die Qualität der Netzhautbilder der Objekte in Betracht kommt. Zwar spielen zweifellos auch Kopf- und Augenbewegungen eine gewisse Rolle, doch haben dieselben wohl nur den Zweck, bei größeren Objekten der Netzhaut resp. der Fovea centralis eine geschlossene Reihe von Netzhautbildern zuzuführen, aus deren Kombination die Wahrnehmungen der Formen des Objektes dann ermöglicht ist. Die analytische Untersuchung beschränkt sich auf den einfachsten Fall, nämlich den festzustellen, mit welcher Genauigkeit eine Linie als gerade resp. gebrochen erkannt werden kann. Die Aufgabe war, 3 Lichtpunkte im sonst dunkeln Gesichtsfeld so einzustellen, daß ihre Verbindung eine Gerade bildet; bei einigen Versuchen wurde der mittlere Punkt fixiert, bei anderen wurde die Strecke zwischen den beiden äußeren Punkten beliebig mit dem Blick durchlaufen. Es zeigte sich, daß in beiden Fällen die Fehler sehr gering waren, im letzten noch geringer als im ersten. Die gleichen Versuche, bei indirektem Sehen wiederholt, ergaben das bekannte Resultat, daß eine Gerade als konkav zur Fovea gekrümmte Kurve erscheint und daß Kurven, deren Bilder eine gewisse Konvexität zur Fovea hin aufweisen, als Gerade gesehen werden. Als wahrscheinlich richtige mathematische Formulierung und Erklärung dieser Erscheinung betrachtet BOURDON die folgende: Indirekt gesehene krumme Linien erscheinen gerade, wenn sie auf solchen kleinen Netzhautkreisen abgebildet werden, welche großen durch die Fovea gehenden parallel sind. Mit dieser Ansicht tritt B. in Gegensatz zu der von HELMHOLTZ entwickelten Theorie, nach welcher für die Beurteilung der geraden Linie den Augenbewegungen ausschlaggebende Bedeutung zuerkannt wird und welche eine mathematische Formulierung in der bekannten Konstruktion der durch den Occipitalpunkt ziehenden „Richtkreise“ gefunden hat.

Bei Untersuchung der Größsenwahrnehmung, welche im 5. Kapitel folgt, werden wiederum die in Betracht kommenden physiologischen Hilfsmittel der Reihe nach besprochen. Den Augen-, Kopf- und Körperbewegungen wird, wie für die Formwahrnehmung, auch hier eine nur sekundäre Bedeutung zuerkannt, die GröÙe der Netzhautbilder dagegen als von hervorragender Wichtigkeit für das Größsenurteil aufgefaßt, ebenso die durch Erfahrung ge-



wonnene Fähigkeit, die bei verschiedenem Abstand der Objekte wechselnden Bildgrößen zu einem Urteil über die absolute GröÙe zu verwerten. DaÙ die GröÙe des Netzhautbildes allein keine Garantie für ein sicheres GröÙenurteil gibt, wird durch verschiedene Tatsachen bewiesen: Der Mond erscheint uns am Horizont gröÙer als im Zenith, obwohl sein Netzhautbild seine GröÙe nicht geändert hat; die GröÙe von Nachbildern erscheint verschieden, je nach der Entfernung, in welche unsere Vorstellung sie projiziert; beim GröÙenvergleich geometrisch ähnlicher Objekte von unbekannter GröÙe und von unbekanntem Abstände kommen regelmäßig groÙe Irrtümer vor, namentlich bei unokularer Beobachtung (Versuch, über die GröÙenrelation zweier leuchtender Kreise in der Dunkelheit zu urteilen). Es folgen Versuche, welche durch GröÙenvergleich dreier Fäden über die Wahrnehmbarkeit geringster GröÙenunterschiede Aufschluss geben. Es zeigte sich, daÙ die Empfindlichkeit dafür nicht besonders groÙ ist, geringer bei feststehendem als bei freibeweglichem Auge, genauer für vertikale als für horizontale ausgedehnte Objekte. Was dann die Versuche über GröÙenschwellen betrifft, so ergaben diese keine eindeutigen Resultate, da mit der WinkelgröÙe auch die Helligkeitsempfindung zunimmt, da ferner die Helligkeit überhaupt sowie der Kontrast eine wesentliche Rolle spielt und da endlich bei Untersuchung minimaler ObjektgröÙen die Irradiation sich sehr störend geltend macht. Die GröÙenschätzung im indirekten Sehen erwies sich, wie zu erwarten, als sehr ungenau. Der GröÙenvergleich geometrisch ähnlicher Flächen von einfacher Konfiguration erfolgte mit ziemlich groÙer Genauigkeit, doch machte sich hier die Tendenz geltend, lineare Distanzen, nicht die unmittelbare Flächenanschauung für das Urteil zu verwerten. Das Kapitel bringt dann noch einige Bemerkungen über Mikropsie bei Akkommodationslähmung; dieselbe wird als eine Urteiltäuschung aufgefaÙt, welche im Gefolge exzessiver Akkommodations- und Konvergenzanstrengungen sich einstellt. Endlich wird darauf hingewiesen, daÙ die exakte GröÙenschätzung als eine durch psychische Faktoren, Erinnerungsbilder etc. höchst komplizierte Funktion zu betrachten ist, wie sich insbesondere aus der Tatsache ergibt, daÙ Kinder es langsam erlernen müssen, aus den GröÙen der Netzhautbilder richtige Schlüsse auf die absoluten ObjektgröÙen zu ziehen.

Im 6. Kapitel geht der Verf. dazu über, die Wahrnehmung von Lage und Richtung der Objekte zu untersuchen. Hier spielen nun die Netzhauterregungen nicht mehr die ausschließliche maßgebende Rolle wie bei den bisher besprochenen Funktionen des Raumsinnes: Von einer bestimmten Netzhautstelle aus, z. B. von der Fovea können alle möglichen Lagen, so gut rechts wie links, oben wie unten, zur Wahrnehmung kommen, auch erhalten Nachbilder bei Kopf- und Augenbewegungen andere Richtungen und Lagen, als den Originalobjekten entspricht etc., alles Beweise für die Unzuverlässigkeit der reinen Netzhauterregungen als Indikatoren für Lage und Richtung. Wesentlich sind für diese Wahrnehmungen vielmehr die Gefühle für die Augen-, Kopf- und Körperstellung im Raume und ferner die komplexen Schlüsse aus früheren Erfahrungen. Dabei zeigt sich, daÙ die Augen-, Kopf- und Körperbewegungen sich gegenseitig bis zu einem gewissen Grade kompensieren resp. vertreten können. Es wird dann speziell die Schätzung

der medianen Lage bei unokularer und binokularer Beobachtung untersucht; es zeigt sich bei Versuchen, einen Lichtpunkt im Dunkeln median einzustellen, daß dieses bei symmetrischer Kopf-, Körper- und Augenstellung am exaktesten erfolgt, daß aber mit dem Wechsel dieser Stellungen sich auch die Vorstellung der Medianen ändert und schwankend wird, ferner daß für diese Wahrnehmung das Binokularsehen wesentlich ist, indem bei einäugiger Beobachtung fehlerhaft und unsicher eingestellt wird; im Dunkeln erfolgten die Einstellungen viel ungenauer als im hellen. Bei Versuchen, den Lichtpunkt in die Horizontallinie zu bringen, erwies sich der Unterschied zwischen binokular und monokular gemachten Einstellungen viel geringer. Bei manchen Beobachtern war für die Vorstellung der horizontalen die Augenhöhe, für andere die mittlere Kopfhöhe maßgebend.

Auch für die Richtungswahrnehmungen spielen ebenfalls die Netzhauterregungen keine hervorragend wichtige Rolle. Die Urteile über vertikale und horizontale Richtung (Einstellung einer Lichtlinie im Dunkeln) erfolgen bei symmetrischer Kopf- und Körperhaltung ziemlich genau, sowohl bei primärer Blicklage, wie beim Blick nach oben, unten, rechts und links; schwieriger wird die Sachlage, wenn der Blick nach oben oder unten und zugleich seitwärts gewendet wird; aber auch hier sind die Fehler gering. Ganz anders bei Neigung des Kopfes oder Körpers nach einer Seite. Hier entwickelt sich das bekannte AUBERTSche Phänomen, darin bestehend, daß eine tatsächlich senkrechte Lichtlinie geneigt erscheint und zwar nach der der Kopfneigung entgegengesetzten Richtung (bei geringen Kopfneigungen findet B. wie NAGEL gleichsinnige Neigung der Linie, welche bei stärkerer Kopfneigung ( $40-65^\circ$ ) in entgegengesetzte Richtung umschlägt). Erhellte man das Zimmer, so verschwindet das Phänomen, ein Beweis dafür, daß das Urteil über Richtungen in hohem Grade durch die Sichtbarkeit von Gegenständen bekannter Richtung beeinflusst wird. B. erklärt die Erscheinung 1. aus kompensatorischen Raddrehungen der Augen und 2. aus Urteilstäuschungen über den Grad der Kopfneigung (Versuch: Kopfneigung betrug  $90^\circ$  nach rechts, die Lichtlinie mußte um  $26^\circ$  nach rechts geneigt werden um vertikal zu erscheinen, Nachbildversuche ergaben die Raddrehung  $= 8 - 9^\circ$ ; die Schätzung der Kopfneigung erfolgte durchschnittlich um  $18^\circ$  falsch;  $18 + 8 = 26$ ).

Von den Lageempfindungen geht B. im 7. Kapitel zur Besprechung der Wahrnehmung von Lageveränderungen, also von Bewegungen über. Die Bedeutung der Augenbewegungen wird hier durch die Tatsache illustriert, daß die Bewegung isolierter Lichtpunkte beim Verfolgen mit dem Blick (Fovea), wenn also das Bild seinen Ort auf der Retina nicht wechselt, wahrgenommen werden kann; allerdings erscheint die Bewegung dann langsamer, auch hat die Schwelle dementsprechend einen größeren Geschwindigkeitswert, als bei Beobachtung mit immobilem Auge. Sind unbewegliche Objekte im Gesichtsfeld, so können 15—20 mal geringere Bewegungsgeschwindigkeiten wahrgenommen werden, als bei ausschließlicher Sichtbarkeit eines isolierten bewegten Lichtobjektes. An die Besprechung dieser Versuche schließen sich dann einige Bemerkungen über die maximale Bewegung an, welche als solche wahrgenommen werden kann. Bei größeren Geschwindigkeiten würde ein bewegter Lichtpunkt als Licht-



linie erscheinen. Die Zeit, welche zwischen zwei am gleichen Orte erscheinenden Lichtreizen (Flimmern, Versuche am Episkotister) verstreichen muß, damit sie getrennt wahrgenommen werden können, und das zur Wahrnehmung örtlich und zeitlich getrennter Lichtreize (Bewegung) nötige Zeitintervall, sind annähernd gleich.

Der Successivvergleich zwischen zwei Bewegungsgeschwindigkeiten, besonders wenn diese langsam ablaufen, ergibt sehr ungenaue Resultate. Für das Studium schneller Bewegungen und der Verschmelzung von aufeinander folgenden Reizen zum Gefühl der Bewegung (Kinematograph) ist die Kenntnis des zeitlichen Ablaufes der Netzhauterregung, der Nachbildeerscheinungen etc. Grundlage. Eine optische Täuschung von Interesse im Gebiete der Bewegungslehre besteht darin, daß ruhende Objekte, besonders wenn man sie fixiert, bei Anwesenheit bewegter sich ebenfalls scheinbar bewegen. Beim Sehen mit stark peripheren Netzhautteilen wird Bewegung vielleicht bei etwas größeren Minimalgeschwindigkeiten wahrgenommen als bei direktem Beobachten des Objektes.

Im 8. Kapitel beginnt mit Vorführung der Theorie der korrespondierenden Punkte der Netzhaut die Besprechung des Binokularsehens und der Tiefenwahrnehmung. Nach allgemeinen Vorbemerkungen über gekreuzte und ungekreuzte Doppelbilder und Entwicklung des Begriffes der identischen oder korrespondierenden Netzhautpunkte wird die Frage erörtert, ob es möglich ist, daß mit korrespondierenden Netzhautpunkten doppelt und mit nicht korrespondierenden einfach gesehen werden kann. B. vertritt mit HERING gegen WHEATSTONE und HELMHOLTZ die Ansicht, daß beides nicht möglich sei, und daß die entgegengesetzt aufgefaßten Erscheinungen, namentlich die Beobachtungen an Schielenden durch Unterdrückung des Inhaltes eines Sehfeldes zu stande gekommen sind. Nachdem die von VOLKMANN, DONDER, HELMHOLTZ und HERING angegebenen Versuche, nach welchen zwei von je einem Auge gesehene Linien scheinbar parallel eingestellt stets nach oben divergieren, erörtert worden sind, folgen kurze Angaben über die mathematische Berechnung des Horopters und das Kapitel schließt mit der Vorführung größerer Versuchsreihen, welche beweisen, daß die Empfindungen korrespondierender Netzhautpunkte sich nicht nur dadurch unterscheiden, daß jedes Auge das Objekt in etwas differenter Lage sieht, sondern daß auch ein subjektives Orgengefühl von Bedeutung ist, welches uns z. B. mit großer Sicherheit, auch wenn wir darüber durch keine anderen Mittel Kenntnis gewinnen können, anzeigt, welches von beiden Augen von einem Lichtreiz betroffen ist.

Für die binokulare Tiefenwahrnehmung, deren Besprechung im 9. Kapitel folgt, bilden die Konvergenz der Augen und die in jedem Auge verschiedenen Netzhauterregungen die wesentlichsten Hilfsmittel. Durch eine geeignete Versuchsanordnung gelang es B., zunächst die Konvergenz für sich zu untersuchen und die Verschiedenheit der beiden Netzhauterregungen so gut wie vollständig auszuschließen. Es zeigte sich, daß eine Änderung des Konvergenzgrades jedes Auges um 7 Minuten genügte, um einen Unterschied im Abstand verhältnismäßig entfernter Objekte (10 und 25 m) zur Wahrnehmung zu bringen, daß dagegen 20 Minuten Konvergenzdrehung jedes Auges nötig waren, um bei näheren Objekten

(1—2 m) Tiefenunterschiede kenntlich erscheinen zu lassen. Immerhin fand B. das Muskelgefühl für den Konvergenzgrad bei weitem nicht so fein differenziert, wie WUNDT angibt. Versuche, die absolute Entfernung nur aus dem Konvergenzgrad zu beurteilen, lehrten vielmehr, daß schon bei 2 m Objektabstand sehr grobe Fehler gemacht werden. Sehr viel wichtiger für die Tiefenwahrnehmung erscheint die Differenz der beiden Netzhautbilder; Versuche, bei welchen drei Nadeln in eine frontale Ebene einzustellen waren, zeigten in der Tat, daß dieses beim Binokularsehen mit außerordentlicher Exaktheit, namentlich bei geringen Abständen der Objekte vom Auge (30—60 cm) möglich ist; die Empfindlichkeit für Tiefenunterschiede erwies sich erheblich größer, als nach den Verhältnissen der Sehschärfe (monokularen) zu erwarten war, ein Resultat, durch welches sich B. zu HELMHOLTZ in Kontroverse setzt. Wie die erfolgreichen Versuche, Tiefenwahrnehmungen bei Momentanbeleuchtung zu erzielen und die Experimente an HERINGS Fallapparat lehren, kommt den Augenbewegungen für die Tiefenwahrnehmung nur nebensächliche Bedeutung zu. B. fand weiter, daß mit Abnahme der Beleuchtung das körperliche Sehen wesentlich beeinträchtigt werde, gibt aber nichts Näheres über die Verhältnisse der Adaptation bei diesen Versuchen an. Es folgen dann Bemerkungen über Wahrnehmbarkeit der Gestaltung gerader und krummer Linien, deren einzelne Punkte verschiedenen Abstand von den Augen aufweisen, und über den Einfluß, den Teilungen auf Flächen und Linien für das Tiefenurteil besitzen. Die detaillierte Analyse der für die Wahrnehmung medianer, vertikaler und horizontaler Linien in Betracht kommenden Faktoren, zeigt, daß den Netzhautmeridianen, auf welche die Bilder fallen, eine gewisse, aber nicht ausschlaggebende Bedeutung zukommt, denn dieselben wechseln je nach Abstand, Konvergenzgrad und Blickhebung, daneben kommen jedenfalls in hohem Grade die Urteile über den Abstand des Objektes, ferner die durch die Augen- und Kopfstellung ausgelösten Raumempfindungen und endlich die komplizierten Vorstellungen, welche sich an die Sichtbarkeit anderer bekannter Gegenstände des Gesichtsfeldes anknüpfen, in Betracht. Das Kapitel schließt mit der Besprechung der bekannten stereoskopischen Apparate.

Bei der monokularen Tiefenwahrnehmung (Kapitel 10) spielt die Akkommodation und das Akkommodationsgefühl, falls ein solches existiert, eine ganz minimale Rolle, viel geringer nach Versuchen von HILLEBRANDT und B., als WUNDT und ARER angeben. Auch der Konvergenz kommt kaum Bedeutung zu, denn 1. ist die Akkommodation, mit welcher die Konvergenz ja synergisch verknüpft ist, ungenau und 2. besteht für einen bestimmten Accommodationszustand ein Spielraum des zugehörigen Konvergenzgrades. In der Tat sieht man bei plötzlicher Mitbenutzung des zweiten Auges trotz scharfer akkommodativer Einstellung des ersten Doppelbilder, ein Zeichen für die Unexaktheit der Konvergenz. Ebenso wenig dürfte die parallaktische Verschiebung der Gegenstände wesentlich in Betracht kommen, welche bei Bewegungen eines Auges durch Verlagerung des Pupillenzentrums und des Knotenpunktes im Raume erfolgt, zumal hier der Sehschärfe der Netzhautperipherie mehr zuzumuten wäre, als sie leisten kann. Größere Wichtigkeit haben die bei Kopfbewegungen ablaufenden



Parallaxenveränderungen. Aber auch dieses Hilfsmittel der monokularen Tiefenwahrnehmung versagt fast vollständig, wenn der Abstand unbekannter Objekte, zumal isolierter, etwa eines einzigen Lichtpunktes im Dunkeln, geschätzt werden soll. Sind mehrere solcher Punkte vorhanden, so ist ein relatives Tiefenurteil möglich, fällt aber sehr häufig ganz ungenau aus. Überhaupt spielen bei der monokularen Tiefenschätzung die Kenntnis der wirklichen Grösse des Objektes und die Schlüsse aus der Grösse seines Netzhautbildes sowie der Vergleich des zu beurteilenden Objektes mit anderen im Gesichtsfeld vorhandenen bekannten Gegenständen die wichtigste Rolle.

Das 11. Kapitel beschäftigt sich mit den optischen Täuschungen, welche in grosser Zahl vorgeführt werden und deren Erklärung unter eingehender Berücksichtigung der zahlreichen sich widersprechenden Ansichten früherer Forscher zum Teil von neuem versucht wird. Das meiste physiologische Interesse dürfte die Diskussion über die Erscheinung der Irradiation (Akkommodationserscheinung oder reines Netzhautphänomen?) und die Begründung der autokinetischen Bewegungen durch unbewusste Augenbewegungen beanspruchen (contra EXNER).

Im 12. Kapitel ist von den räumlichen Eigenschaften der Nachbilder die Rede. Es wird gezeigt, daß die scheinbare Grösse der Nachbilder wechselt, je nach der Entfernung, in welche unsere Vorstellung sie projiziert, ebenso im allgemeinen ihre Richtung und Lage (Ausnahme: AUBERTSches Phänomen). Die Form wechselt je nach dem Relief der Gegenstände, auf welche das Bild projiziert wird, doch ist dies keine allgemein gültige Regel; vielmehr behalten komplizierte Nachbilder häufig die Raumcharaktere des Originals und scheinen dann vor den Gegenständen, auf welche der Blick gerichtet wird, zu schweben; von Interesse ist das Experiment ROGERS, welchem es gelang, je einem Auge ein Nachbild derselben Gegenstände nacheinander zu imprägnieren und diese Bilder dann zu vereinigen unter Erzielung eines stereoskopischen Effektes. B. ist es im Gegensatz zu WUNDT nicht gelungen, auf identische Netzhautpunkte aufgenommene Nachbilder durch irgendwelche Manipulationen doppelt zu sehen. Die Bewegungen von Nachbildern als Folge von Augenbewegungen studierte B. eingehend, unter anderem auch in der Weise, daß er Drehwindel erzeugte.

Sehr wichtig für die Raumlehre ist das Studium der Entwicklung der Raumauffassung beim Kinde und noch mehr bei Personen, deren Augen mit angeborener Katarakt behaftet waren und welche im Alter entwickelter Intelligenz operiert wurden (Kapitel 13). Bekanntlich laufen beim Neugeborenen die Augenbewegungen ganz regellos und unkoordiniert ab; erst nach Verlauf mehrerer Wochen lernt das Kind Objektbewegungen mit dem Auge zu folgen und noch monatelang scheint es den grössten Täuschungen über Grösse, Tiefendimension und Abstand der Objekte zu unterliegen. — Blindgeborene gewinnen durch Tastempfindungen und Muskelgefühle ziemlich präzise Raumvorstellungen, die natürlich mit visuellen Raumbegriffen so gut wie nichts gemein haben. Da quantitatives Sehen stets erhalten ist, so sind einige visuelle Raumempfindungen, wenn auch in äusserst reduziertem Masse möglich, z. B. die für

Richtung und Lage eines Lichtobjektes; dagegen fehlt Sehschärfe, Formsinn, Größenwahrnehmung und Auffassung der Tiefendimension durch den Gesichtssinn vollständig. Nach der Operation kann die Sehschärfe normal werden, indessen ist die Verwertung der Seheindrücke dadurch anfangs sehr beschränkt, daß die Augenbewegungen unkoordiniert ablaufen und die Fixierung der Objekte, überhaupt die willkürliche Beherrschung der Blickrichtung nicht gelingt. Die Operierten wissen zunächst nichts mit ihrem neuen Sinn anzufangen; die visuelle Wahrnehmung von Lage, Richtung, Form, Größe, Bewegung und namentlich der Tiefenausdehnung erfolgt zuerst noch äußerst ungenau und es bedarf mühsamer Erziehung und langer Übung, um die früher durch Gefühl etc. gewonnenen Raumvorstellungen mit den Empfindungen in Konnex zu bringen und begrifflich zu identifizieren, welche nach der Operation durch das Sehorgan vermittelt werden.

Im 14. Kapitel wird die vielumstrittene Frage kritisch und experimentell erörtert, aus welchem Grunde uns der Himmel ein abgeplattetes Gewölbe zu sein, die Gestirne den bestimmten Abstand von etwa 100 m zu haben scheinen und warum Sonne und Mond am Horizont größer als am Zenith erscheinen. Auf keine dieser Fragen wird eine vollständige Antwort gegeben, wohl aber interessante Beiträge zu ihrer Lösung geliefert. B. stellt fest, daß der scheinbare Abstand der Gestirne wechselt je nachdem, welche bekannten irdischen Gegenstände gleichzeitig im Gesichtsfeld sich befinden und durch unwillkürlichen Vergleich das Urteil über den Abstand beeinflussen; auch ändert sich der scheinbare Abstand mit der Tageszeit und vor allem mit der Höhe des Gestirnes über dem Horizont. Damit der Himmel gewölbt erscheine, müssen Objekte von bestimmtem scheinbaren Abstand (Sterne, Wolken) denselben bedecken oder am Horizont sichtbar sein; anderenfalls, z. B. in sehr dunklen Nächten und bei Betrachtung des Himmels in Rückenlage, also bei Ausschluss der irdischen Objekte aus dem Gesichtsfeld, bleibt die Erscheinung aus. Für das Problem des scheinbaren Größenwechsels von Mond und Sonne, wenn sie vom Horizont sich zum Zenith erheben, ist zunächst die Feststellung wesentlich, daß die Größe des Netzhautbildes diesen Wechsel nicht mitmacht, vielmehr fast konstant bleibt. Als Erklärungsursache kommt also nur eine scheinbare Änderung des Abstandes in Frage. Messungen ergeben nun, daß alle frontalen Abstände am Zenith kleiner erscheinen als am Horizont und daß Gestirne vom Zenith zum Horizont durch Spiegel projiziert ebenfalls eine scheinbare Vergrößerung erfahren. Der bekannte Erklärungsversuch von HELMHOLTZ, der die Beeinflussung des Urteils durch die Wahrnehmung der bekannten Abstände der irdischen Objekte bei Betrachtung der Gestirne am Horizont und deren Dunklererscheinen für wesentlich hielt, wird bemängelt; ebensowenig kann sich B. der Argumentation STROOBANTS anschließen, welcher fand, daß mit der Blickhebung stets eine scheinbare Verkleinerung der Abstände verknüpft sei, denn eigene Messungen bestätigten diese Angaben für die Augen B.s und anderer nicht. Wie für dieses Phänomen bleibt B. auch für die scheinbare gewölbte Gestalt des Himmels eine eigene Erklärung schuldig; auch hier werden Einwände gegen die Ansichten HELMHOLTZ, ZEHNDER, HERING und WUNDT



geltend gemacht, welche B. den Anschluß an eine dieser Theorien bedenkl. erscheinen lassen.

Das Schlußkapitel bringt in Kürze einige Daten über den assoziativen Zusammenhang zwischen visuellen Raumvorstellungen und solchen, welche auf sensible Erregungen und auf Wahrnehmung und Beurteilung von Bewegungen der Hände, der Beine und des Körpers etc. basiert sind. Von Interesse ist es da, daß Blindgeborene die Geometrie lernen können, ohne eine visuelle Vorstellung von den planimetrischen Figuren zu besitzen und daß andererseits Menschen, welche jegliches Muskelgefühl, überhaupt die Sensibilität verloren haben, unter Kontrolle der Augen einigermaßen korrekte Bewegungen im Raume ausführen können. Wie mannigfache Experimente lehren, sind Modifikationen im assoziativen Zusammenhang gewisser visueller Raumvorstellungen, z. B. der Richtungsempfindung und normalerweise daran geknüpfter sensibler und Bewegungsvorstellungen ohne Schwierigkeiten zu bewirken.

Man wird aus dieser Übersicht ersehen, daß das Buch eine Fülle neuer Experimente bringt und daß der Verf. während er einerseits mit großer Umsicht und Kritik die Ergebnisse früherer Forscher würdigt, auf der anderen Seite fast in jeder Frage sehr beachtenswerte originelle Ansichten vorträgt. Da B. es verstanden hat, mit einer knappen und übersichtlichen Darstellung die angenehme Eleganz des Stiles, welche die französischen Bücher fast typisch auszeichnet, zu verbinden, so kann das Buch zu eingehendem Studium nicht genug empfohlen werden. Jeder aber, der selbst auf dem Gebiete der visuellen Raumwahrnehmung zu arbeiten beabsichtigt, wird die experimentellen Ergebnisse B.s und seine theoretischen Folgerungen aufs genaueste zu berücksichtigen haben.

H. PIPER (Berlin).

R. MACDOUGALL. **The Subjective Horizon.** *Psychol. Rev.*, Mon. Sup. 4; *Harvard Psych. Studies* 1, 145—166. 1903.

Der Beobachter saß vor einem senkrechten Streifen schwarzen Holzes, 7 Fuß hoch und  $\frac{1}{2}$  Fuß breit und bewegte eine weiße Scheibe von 1 cm Durchmesser auf und ab, bis er sie genau in Augenhöhe glaubte. In diesem Falle war eine Abweichung nach unten zu bemerken. Um die Wirkung des Gesichtsbildes des Zimmers auszuschließen, wurden die Versuche im Dunkelzimmer wiederholt, wo nichts als die weiße Scheibe sichtbar war. In diesem Falle waren größere Schwankungen des Urteils bemerkbar als im vorhergehenden Fall. Die konstante Abweichung nach unten war bedeutend größer. Verf. weist darauf hin, daß Signallichter auf hoher See gewöhnlich viel höher erscheinen als sie in Wirklichkeit sind. In einer weiteren Versuchsreihe mußte der Beobachter im Dunkelzimmer zunächst seine Augen horizontal einstellen, und dann an einer plötzlich erleuchteten Skala die Höhe des subjektiven Horizonts ablesen. In diesem Falle wurde eine beträchtliche Abweichung nach oben festgestellt. Verf. betont als einen wahrscheinlich wichtigen Faktor, daß die Augenachsen unter diesen Umständen nahezu parallel gerichtet sind. Die stereoskopische Funktion der Augen scheint jedoch einflußlos zu sein, da die Ergebnisse dieselben waren, wenn nur ein Auge geöffnet war. Ferner wurde festgestellt, daß ungewöhnliche Lagen des Körpers das Urteil beeinflussen,