

F. HILLEBRAND. **Theorie der scheinbaren Gröfse bei binokularem Sehen.** *Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie* 72. 1902.

Unter „scheinbarer Gröfse“ versteht H. das, was man wohl auch als unmittelbaren Gröfseneindruck bezeichnen kann, „die Ausdehnung des Empfindungsinhalts im Sehraum“, das, was HERING als „Sehgröfse“ bezeichnete, eine Bestimmung, die von der scheinbaren Gröfse im physikalischen Sinne (dem Gesichtswinkel) aber auch von der „geschätzten Gröfse“, dem Ergebnis einer reflektierenden Beurteilung, wohl zu unterscheiden ist. Sie muß jedenfalls vom Gesichtswinkel abhängen, außerdem aber auch noch durch die Verhältnisse der Entfernung mitbestimmt werden. Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war, zu ermitteln, wie sich bei binokularer Beobachtung (und unveränderlicher Blickebene) der Gesichtswinkel mit der Entfernung ändern muß, damit die scheinbare Gröfse konstant bleibt.

Im Anschluß an die bekannte Tatsache, daß zwei Objekte von etwa linearer Form (Eisenbahnschienen, Baumreihen), die sich parallel zueinander direkt vom Beobachter fort in die Entfernung erstrecken, in dieser Richtung zu konvergieren scheinen, wurde zunächst die Aufgabe gestellt, zwei vom Beobachter fort über eine 4 m lange Tischplatte hin verlaufende Fäden auf scheinbaren Parallelismus einzustellen. Es ergibt sich, daß die Fäden stets etwas divergent gestellt werden müssen (bis etwa 3°), um so stärker, je größer der Abstand der Fäden voneinander ist, jedoch niemals auch nur annähernd so stark, daß etwa dieser Abstand an der entferntesten Stelle unter gleichem Gesichtswinkel erschiene wie an einem nahen.

Ob die Einstellung mit fixiertem oder mit beliebig wanderndem Blick gemacht wurde, war in diesem Falle ohne nennenswerten Einfluß auf das Resultat.

Die bei dieser Versuchsanordnung gestellte Aufgabe ist nur annähernd zu erfüllen, weil die objektiv gradlinigen Objekte nicht gradlinig, sondern auch etwas gekrümmt erscheinen (wenigstens in den dem Beobachter näheren Teilen). In einer folgenden Reihe wurden daher neun Paare vertikaler Fäden so aufgestellt wie die Bäume, die eine vom Beobachter fort verlaufende Allee einfassen, und dabei der Querabstand jedes Paares sich gegenüberliegender Fäden variabel gemacht. Die Aufgabe war dann, diese alleeartig angeordneten Fäden so einzustellen, daß ihre Fußpunkte in parallelen geraden Linien zu stehen scheinen. In Wirklichkeit bilden sie dann gewisse, vom Verf. als *Alleekurven* bezeichnete, schwachgekrümmte und zwar gegen die Medianebene konkave Linien, die also mit ihrem, dem Beobachter nahen Teile am stärksten in den entfernten schwächer divergieren. Hier waren übrigens die Ergebnisse verschieden je nachdem die Einstellung mit fixiertem oder mit beliebig wanderndem Blick gemacht wurde; im letzteren Falle war sowohl die Divergenz gegen die Entfernung wie die Konkavität merklich geringer.

Die Versuche lehren, daß dasjenige Moment, das neben dem Gesichtswinkel die scheinbare Gröfse bestimmt, jedenfalls nicht in der objektiven Entfernung gefunden werden kann; Verf. wirft nun die Frage auf, ob hier vielmehr die scheinbaren (gesehenen) Entfernungsunterschiede maßgebend

seien, von welchen hier angenommen werden darf, daß sie sich lediglich nach den Verhältnissen des binokularen Sehens richten. In der Tat findet sich nun, daß wenn man den Winkelwert, um welchen zwei Punkte einer solchen Alleekurve für das rechte Auge voneinander absteigen, mit μ , und den Winkelwert, um den sie für das linke Auge voneinander absteigen, mit ν bezeichnet, die Verhältnisse $\frac{\mu}{\nu}$ für alle Teile einer solchen Kurve sehr annähernd konstant sind. Da nun die Gesichtswinkel, unter denen die Querlinien gesehen werden, den Winkeln μ , die Querdisparationen aber den Werten $\mu - \nu$ proportional sich ändern, so folgt, daß die verschieden entfernten Objekte dann gleich groß erscheinen, wenn die Unterschiede der Gesichtswinkel zu den Unterschieden ihrer Disparationen in einem ganz bestimmten Verhältnis stehen. Dieses Gesetz bewährt sich mit großer Annäherung, wenn die Versuche so gemacht werden, daß stets bei Fixation eines Fadens die Einstellung des nächstentfernteren Paares auf gleichen Querabstand gemacht wird. Es involviert, daß jenseits einer gewissen Grenze, wo sich die Querdisparationen nicht mehr merklich ändern, auch die Gesichtswinkel konstant bleiben.

Über den absoluten Wert jenes Verhältnisses $\frac{\mu}{\nu}$ oder $\frac{\mu}{\mu - \nu}$ gibt die Theorie keine Auskunft; mit anderen Worten: sie läßt unentschieden, welche Zunahme des Netzhautbildes zu einem bestimmten Betrage der Querdisparation gehört. Dagegen kann, wenn dieser Wert für eine Alleekurve von gewisser Breite ermittelt ist, sein Betrag auch für Alleekurven von anderer Breite berechnet werden, wenn man über die Gestalt des für den betreffenden Beobachter geltenden Längshoropters gewisse Annahmen macht; die vom Verf. unter Zugrundelegung eines empirischen Längshoropters berechneten Werte $\frac{\mu}{\nu}$ stehen mit den durch die Beobachtung gefundenen ebenfalls in guter Übereinstimmung.

Ref. möchte zu der interessanten, aber nicht ganz leicht lesbaren Arbeit eine Bemerkung machen, die vielleicht dem Verständnis förderlich sein kann. Der Formulierung, die der Verf. jener Gesetzmäßigkeit gibt, daß gleiche Zunahmen des Gesichtswinkels gleichen Unterschieden der gesehenen Entfernung entsprechen, wobei diese nach den Querdisparationen gemessen sein sollen, haftet, wie dem Ref. scheint, mindestens auf den ersten Blick etwas Befremdendes an.

Man wird nämlich doch fragen müssen, ob wirklich die gesehenen Entfernungen nach den Querdisparationen gemessen werden können, ob z. B. der Tiefenabstand eines ersten von einem zweiten und dieses von einem dritten Fadenpaar gleich erscheint, wenn die Unterschiede der Querdisparationen jedesmal die gleichen sind. Ob sich dies so verhält, ist zum mindesten zweifelhaft, ja es ist gerade im Hinblick auf die von H. gefundene Gesetzmäßigkeit wenig wahrscheinlich. Denn eine Beziehung zwischen den gesehenen Entfernungen in diesem Sinne und dem für die Erzielung gleichen Größeneindrucks erforderlichen Gesichtswinkel könnte wohl kaum von der hier angegebenen Form einer linearen Abhängigkeit sein. Hiernach wäre wohl richtiger zu sagen, daß Verf. eine gesetzmäßige Beziehung

zwischen den Querdissparationen und Gesichtswinkeln aufstellt, daß dabei aber die wirklichen Werte der gesehenen Entfernungen ganz in suspenso bleiben. Nimmt man an, daß es gerade die gesehene Entfernung ist, die (neben dem Gesichtswinkel) den Größeneindruck bestimmt, so wird man sagen dürfen, daß hierdurch der Aufstellung des Verf. zunächst noch eine gewisse Unvollständigkeit oder Undurchsichtigkeit anhaftet. Vielleicht ist aber an der von H. gefundenen Gesetzmäßigkeit gerade das beachtenswert, daß zwischen jenen beiden physiologischen Momenten (Zunahme des Gesichtswinkels und der Querdissparation) eine einfache Beziehung stattfindet, trotz der viel verwickelteren Art, in der der Wert der gesehenen Entfernung sich bestimmt.

v. KRIES (Freiburg i. B.).

FRANK ALLEN. **Persistence of Vision in Color-Blind Subjects.** *Physical Review* 15 (4), 193—225.

In früheren, an normalen Augen vorgenommenen Versuchen hatte ALLEN gefunden, daß die Flimmerwerte verschiedenfarbiger Lichter sich in gesetzmäßiger Weise mit der Wellenlänge im Spektrum ändern, so zwar, daß die Lichter der beiden Enden des Spektrums erheblich geringerer Reizzahl pro Sekunde bedürfen, um eine kontinuierliche Lichtempfindung zu erzeugen, als die des mittleren Spektralabschnittes. Wird die Zeiteinheit (Sekunde) durch die Zahl der Lichtreize dividiert, welche gerade nötig ist, um den Eindruck einer ununterbrochenen Netzhautbelichtung hervorzurufen, so erhält man den Flimmerwert des betreffenden Lichtes, und trägt man diese für die einzelnen verschiedenfarbigen Lichter erhaltenen Werte als Funktion der Wellenlänge in ein System rechtwinkliger Koordinaten ein, so ergibt sich eine glatte Kurve, welche für das normale Auge bis 560 $\mu\mu$ fällt und dann wieder ansteigt.

Die gleichen Untersuchungen, an 26 farbenblinden Individuen wiederholt, ergaben sehr bemerkenswerte Abweichungen von diesem normalen Kurventypus. ALLEN unterscheidet nach den Flimmerwertbestimmungen 6 verschiedene Typen unter den Farbenblinden: 1. solche mit abnorm großen Flimmerwerten am roten Spektralende, sonst aber normalem Kurvenverlauf. 2. Solche mit abnorm großen Werten im mittleren (gelbgrün bis blaugrün) Teile des Spektrums. 3. Kurven, welche durch zu große Flimmerwerte im Rot und dann noch einmal im Grün von der Norm abweichen (Kombination von Typus 1 und 2). 4. Eine Modifikation des vorigen: die Kurven fallen im ganzen Rot und Grün auseinander. 5. Abnorm große Flimmerwerte im Rot und Violett, Mitte normal. 6. Abnorm große Flimmerwerte im Grün und Violett, rotes Spektralende normal. 7. Die sämtlichen Flimmerwerte sind größer als die des normalen Auges; die Kurven laufen parallel, die des Farbenblinden liegt aber auf größerer Ordinatenhöhe als die des Normalen. Ein 8. Typus ist nicht beobachtet, wird aber theoretisch postuliert: die Flimmerwerte würden nur am violetten Ende des Spektrums von der Norm abweichen, im mittleren und roten Teil aber mit denen des normalen Auges übereinstimmen.

Eine exakte Prüfung der Farbenblinden auf Typendifferenzen ist nicht vorgenommen worden und die knappen Angaben über die Resultate der HOLMGRENSCHEN Wollproben reichen nicht aus, um ein Urteil in diesem