

↓  
Demonstration des SCHEINERSchen Versuches  
nebst Betrachtungen über das Zustandekommen  
von Raumvorstellungen.

Von

Dr. HEINE,

I. Assistenten der Augenklinik,  
früherem Assistenten des Physiol. Instituts zu Marburg.

(Mit 7 Figuren im Text.)

Betrachtet man eine Nadelspitze mit einem Auge durch ein Kartenblatt mit zwei möglichst kleinen Löchern, deren Distanz die Weite der Pupille nicht übertrifft, so sieht man im Falle, daß das Auge gerade auf die Nadel eingestellt ist, diese einfach, in jedem anderen Falle doppelt.

Um nach diesem Prinzip Refraktion und Akkommodation eines Auges zu bestimmen, hat man vorgeschlagen, an den unteren Rand der Orbita einen Streifen Papier anzulehnen, welcher horizontal nach vorn irgendwie festgehalten wird. Trägt dieses Papier in der Mitte einen sagittal zum Auge verlaufenden schwarzen Strich, so erscheint dieser Strich dem emmetropischen Auge, durch ein doppelt durchlochstes Kartenblatt gesehen, seiner ganzen Länge nach doppelt, falls sich das Auge in der Ruhelage befindet. Macht das Auge jetzt eine maximale Akkommodationsanstrengung, so müssen die zwei Linien (die Akkommodationsbreite zu 10 Dioptrien angenommen) in einer Entfernung von 10 cm vor dem Auge zusammenlaufen. Hat man vor das Auge eine Konvexlinse von 10 *D* gesetzt, so muß der Schnittpunkt beider Linien *ceteris paribus* 5 cm vor dem Auge liegen.

Liegt er bei einem 20jährigen Manne, dessen Akkommodationsbreite bekanntlich annähernd genau 10 *D* beträgt, diesseits der 5 cm-Marke, so ist Myopie, liegt er jenseits, so ist

Hypermetropie vorhanden, falls eine Parese des Akkommodationsmuskels ausgeschlossen ist.

Diesen Versuch kann man in folgender Weise objektivieren. Wie Fig. 1 schematisch zeigt, stellt man im verdunkelten Auditorium die elektrische Lampe am besten mitten zwischen den Zuhörern auf und befestigt vor dieser eine matt geschliffene Glasplatte von ca. 5 cm Durchmesser (*G*). Diese steckt in einem runden Rahmen und wird grell beleuchtet. Vor dieser wird eine Nadel (*N*) oder ein Draht so ausgespannt, daß er senkrecht gestellt ist. Dieser Draht muß sich um seinen Mittelpunkt so drehen lassen, daß sein oberes Ende der matten Glasscheibe, sein unteres dem Bildschirm genähert werden kann. Vor diesem Draht befindet sich eine gut achromatische und aplanatische Loupe [STEINHELL, München] von ca. 10 *D*, *O* i. d. Figur 1. Steht der Draht senkrecht, so entwirft die Loupe auf dem Schirm *S* das daneben gezeichnete Bild; wird nun der Draht in der oben angegebenen Weise geneigt, so erscheint Bild 2. Der Stab erscheint nur in der Mitte scharf, oben und unten verwaschen. Es stellt also *S* die Retina vor, *O* die brechenden Medien des auf *N* eingestellten Auges. Bringt man zwischen *O* und *N* nun einen Schirm mit

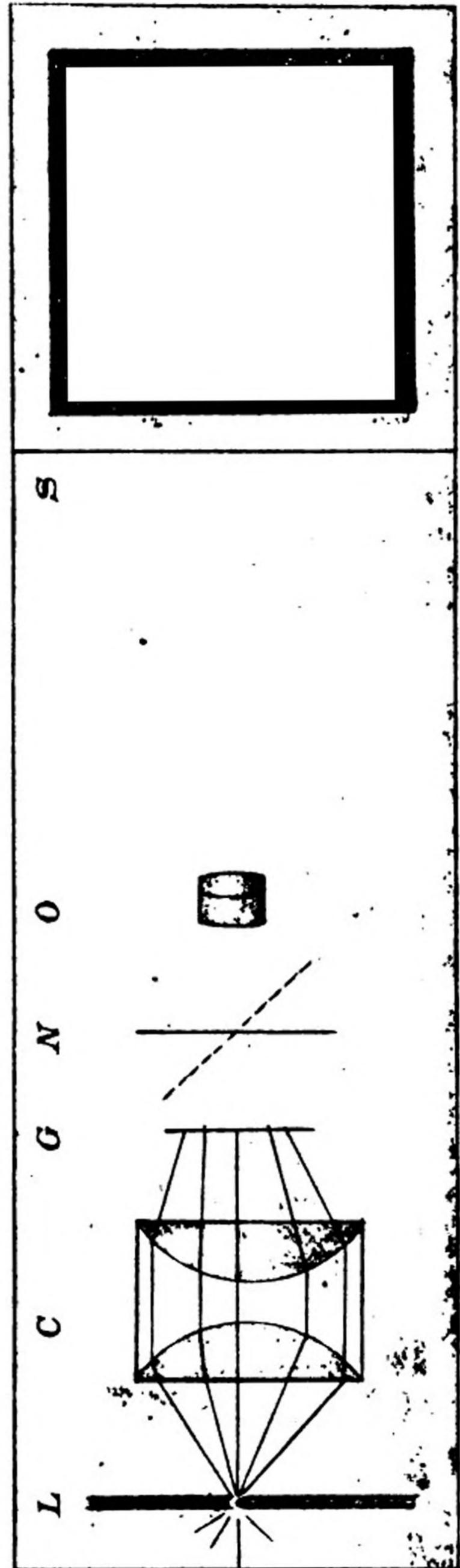


Fig. 1.

einem Loch von ca.  $\frac{1}{2}$  cm Durchmesser, so wird das Bild des Drahtes auf eine etwas grössere Strecke wieder hergestellt. Man kann so die Wirkung der stenopäischen Brille veranschaulichen. Nimmt man aber einen Schirm mit zwei solchen horizontal nebeneinander gelegenen Löchern, welche 1—2 cm

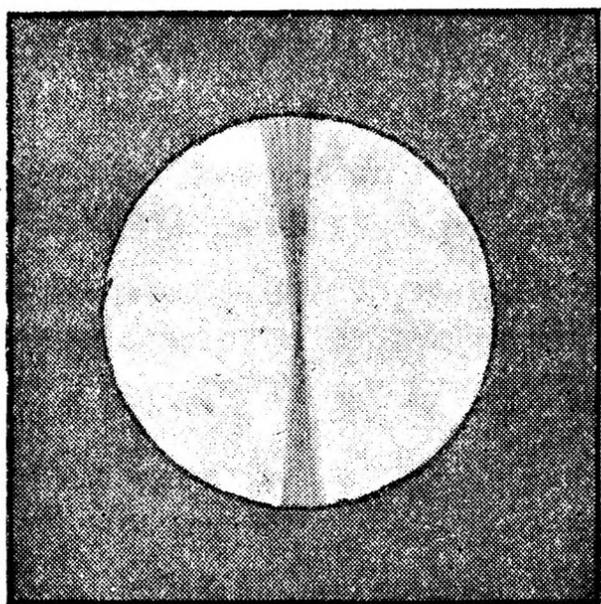


Fig. 2.

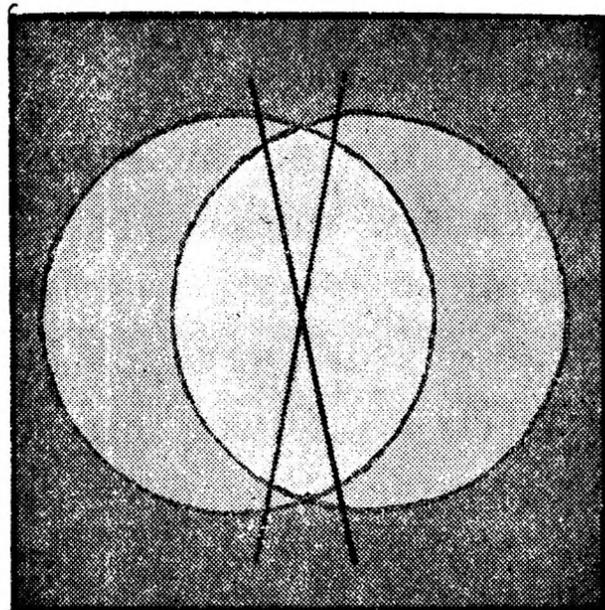
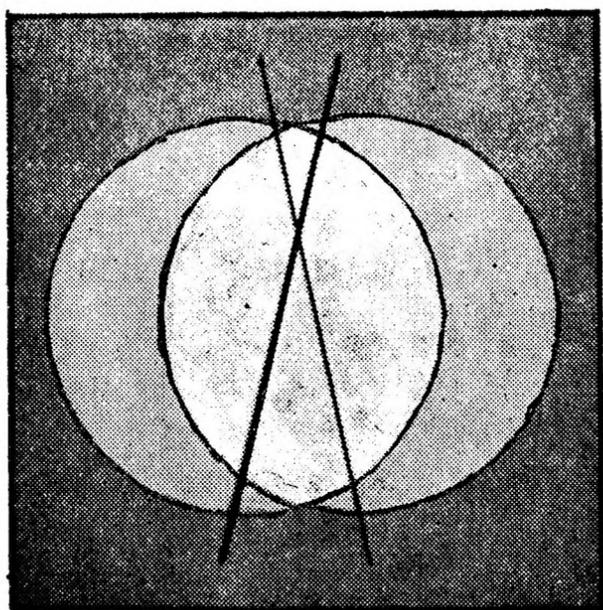
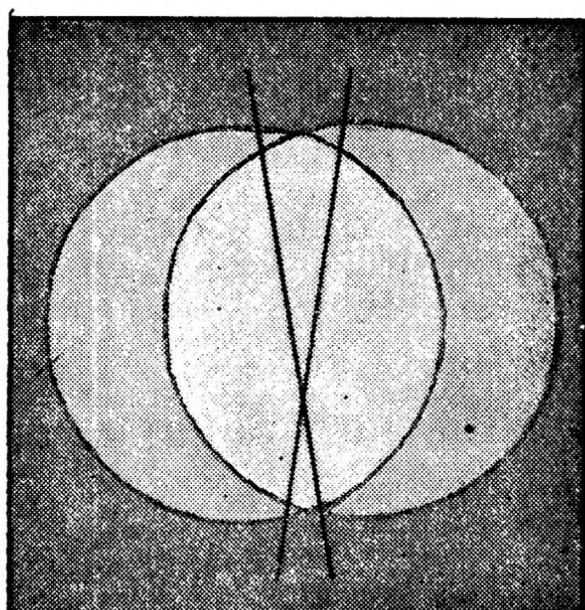


Fig. 3.



*M*

Fig. 4.



*H*

Fig. 5.

von einander entfernt sind, so erscheint auf dem Schirm Bild 3.

Bringt man nun zwischen *O* und *N* eine schwache Konvexlinse an, so versinnbildlicht dieses eine Akkommodationsanstrengung oder, da für die jetzt stärker brechenden Medien das Auge (*O* bis *S*) nun gewissermaßen zu lang gebaut ist, eine myopische Refraktion. Der Kreuzungspunkt der Linien

mufs demnach auf dem Schirm  $S$  (der Netzhaut) nach oben rücken, was beim Auge im Optometerversuch einem Näherheranrücken des Schnittpunktes entspricht (s. Fig. 4).

Ersetzt man nun die Konvexlinse zwischen  $O$  und  $N$  durch eine entsprechende Konkavlinse, so wird die Brechkraft des Systems vermindert (entsprechend einer hyperopischen Refraktion), der Schnittpunkt bei unveränderter Stellung des Stabes rückt nach unten (s. Fig. 5). Hypermetropie und Myopie sind in dieser Anwendung natürlich nur ganz relative Begriffe, indem ich die Ausgangsstellung als Emmetropie bezeichnet habe, gleichwie man auch im Optometer 10  $D$  vor das Auge setzt und dann mit vollem Recht das Auge für emmetropisch erklärt, wenn sich bei Ruhestellung die Linien in einer Entfernung von 10 cm vor dem Auge kreuzen. Die Verhältnisse, wie sie sich im subjektiven SCHEINERSchen Versuch dem emmetropischen unbewaffneten Auge darstellen, würde man im vorliegenden Versuch erhalten, wenn man die Konkavlinse zwischen  $O$  und  $N$  so wählte, dass zwei parallele Linien auf dem Schirm erschienen.

Einem vorgerückteren Publikum lassen sich im Anschluss an diesen Versuch weitere Demonstrationen über identische und korrespondierende Netzhautpunkte und über manche Einzelheiten des binokularen Sehens vortragen.

Einen Versuch, der vielleicht einiges psychophysisches Interesse verdient, möchte ich mit obiger Versuchsanordnung erläutern: Hält man vor jedes Auge in einer Entfernung von 10—20 cm ein Streichholz vor einem schwarzen Hintergrunde senkrecht in die Luft und erschläfft die Akkomodation, wobei sich die Blicklinien mehr oder weniger parallel stellen, so erhält man, wenn die Distanz der Streichhölzer die der beiden Pupillen nicht übertrifft, in jedem Auge zwei [unscharfe] Bilder. Man kann leicht die zwei benachbarten (d. i. mittleren) davon zur Deckung bringen und die äusseren Bilder vorläufig ignorieren, so dass man das doppelte Objekt scheinbar binokular einfach sieht. Die Schärfe des Bildes ist für den Versuch völlig hinreichend. Nähert man jetzt, wie in Fig. 6 gezeichnet ist, die unteren Enden der Hölzer einander, ohne dass ihr Abstand vom Auge geändert wird, so kann anstatt des binokular einfach gesehenen Objektes jetzt ein Kreuz  $\times$  gesehen werden, wie in Fig. 3, es kann aber auch bei nicht zu starker Neigung der Hölzer das Holz trotzdem noch einfach gesehen werden; man erhält dann aber stets einen

zwingenden stereoskopischen Eindruck derart, daß das obere Ende von uns entfernt, das untere uns genähert erscheint. Rechts und links von dem stereoskopischen Einbilde sieht man je ein Holz entsprechend den nicht zur Deckung gebrachten äußeren Bildern. Diese äußeren Hölzer scheinen im Versuche eine der Neigung des mittleren Einbildes entgegengesetzte Bewegung auszuführen, d. h., wenn sich das obere Ende des mittleren Holzes von uns entfernt, nähern sich uns die oberen

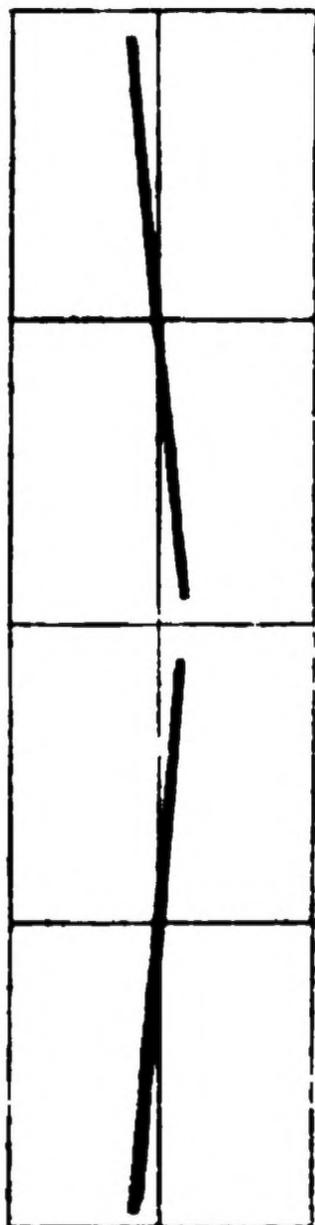


Fig. 6.

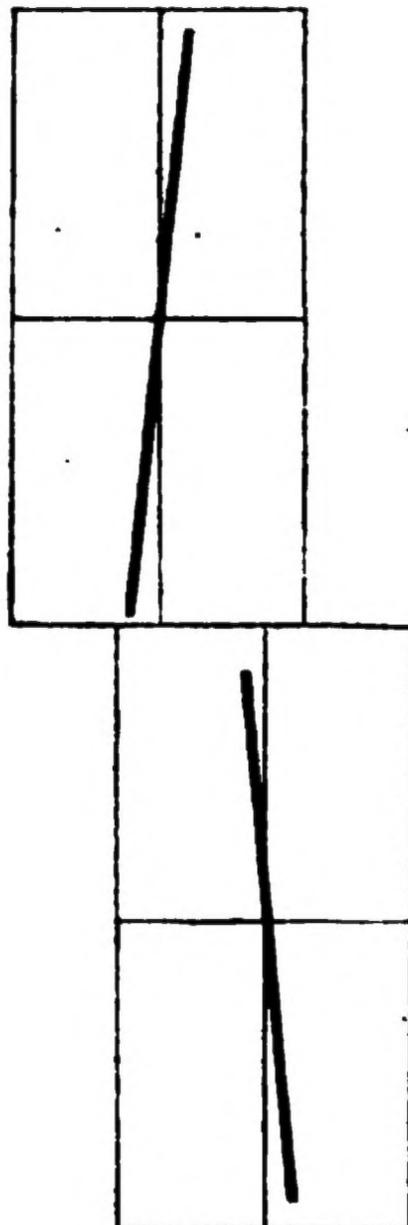


Fig. 7.

Enden der Hölzer, welche wir rechts und links davon sehen. Ich erkläre mir dies so: Durch die Betrachtung des mittleren Holzes sind wir geneigt, alles, was sich vor uns befindet — entsprechend der scheinbaren Neigung des Holzes — in sagittale Ebenen zu verlegen. Projizieren wir das Bild des rechten Holzes aus seiner Frontalebene in die entsprechende Sagittalebene, so müssen wir dabei den Eindruck erhalten, als ob sich das obere Ende innerhalb dieser Sagittalebene uns etwas zugeneigt hätte. Ein Stab, der in einer frontalen Ebene oben etwas nach links geneigt ist, macht dem rechten Auge

denselben Eindruck wie ein Stab, welcher in einer sagittalen Ebene oben dem Auge etwas näher gelegen ist.

Folgt man der Lehre von MÜLLER, HERING u. A., daß nur mit anatomisch „identischen“ Netzhautpunkten binokular wirklich einfach gesehen wird, so muß man zur Erklärung des Phänomens nun entweder eine Rotation beider Augen in einander entgegengesetztem Sinne annehmen, es muß sich z. B. das linke Auge in Uhrzeigerrichtung, das rechte in Gegenzeigerrichtung drehen, oder aber das Einfachsehen ist nur ein scheinbares, ein wirkliches Einfachsehen findet überhaupt nicht statt.

Auch diesen oben geschilderten Versuch kann meine Versuchsanordnung bis zu einem gewissen Grade nachahmen. Freilich stellt der Raum zwischen Linse und Schirm nur ein Auge dar; wenn wir aber vor die Linse das Diaphragma mit den zwei Löchern einschalten, deren eines man mit rotem und deren anderes man mit grünem Glas verdecken kann, so können wir das eine als die rechte, das andere als die linke Pupille ansehen. Auf dem Schirm haben wir dann das kombinierte Netzhautbild. Befindet sich der Stab *N* in der durch die gestrichelte Linie angezeigten geneigten Lage, so haben wir auf dem Schirm Bild 3. Dieses Bild ist dasselbe, welches wir in dem subjektiven Versuch mit den zwei Streichhölzern zu sehen bekommen, falls keine stereoskopische Verschmelzung stattfindet.

Da nun eine Raddrehung zum Zwecke des binokularen Einfachsehens der Augen nicht stattfindet (siehe Seite 280), so zeigt die Figur auf dem Schirm, daß die Bilder nicht auf identischen Netzhautpunkten entstehen können. Wie trotzdem scheinbar einfach, und zwar stereoskopisch gesehen wird, veranschaulicht die Stellung des Stabes vor der mattgeschliffenen Glasscheibe: es kann eine Reizung jener zwei nicht genau vertikalen Punktsysteme (je eines Systems in jedem Auge), welche mit den vertikalen identischen Punktsystemen spitze Winkel bilden (in einem Auge mit positivem, im anderen mit negativem Vorzeichen), einerseits durch ein gekreuztes Linienpaar, andererseits aber auch durch eine einzige Linie erzeugt werden, vorausgesetzt, daß diese in der Medianebene geneigt ist.

Ein wirkliches „Einfach“sehen findet in dem subjektiven Versuch durchaus nicht statt. Davon kann man sich folgendermaßen überzeugen: Armiert man beide Augen mit Gläsern von  $+ 10,0 D$  und betrachtet mit jedem Auge je

einen in 10 cm vor dem Auge des emmetropischen Untersuchers aufgespannten Faden, so genügt eine geringe Raddrehung der Fäden, um sie gekreuzt erscheinen zu lassen. Bespannt man z. B. zwei Plangläser diametral mit feinsten Spinnweb- oder Coconfäden, steckt man diese in ein Brillengestell, dessen Fassungen je durch ein seitlich angebrachtes Zahnrad beliebig schnell um die Blicklinien rotiert werden können, und betrachtet je einen senkrechten Faden mit je einem Auge (bei Akkommodationserschaffung mit Hilfe von  $+ 10 D$ ), so treten bei genauester Einstellung und gespannter Aufmerksamkeit schon bei circa  $10^\circ$  Neigung jederseits Doppelbilder auf. Schon vorher wird die Linie oben und unten verwaschen, doch erst bei fast  $10^\circ$  Neigung beiderseits erhält man wirkliche Doppelbilder. Die zwingende stereoskopische Vorstellung geht dann verloren, sie kann jedoch durch Verminderung der Aufmerksamkeit bei gleicher Fadenstellung wieder hervorgerufen werden.

Dafs man eine Raddrehung nicht beobachten kann, und dafs eine Drehung der horizontalen Linien (Fig. 6 u. 7) beim Versuch mit der Zeichnung subjektiv nicht wahrzunehmen ist, läfst WUNDT (*Physiologische Psychologie* II 195/6 und 222—234) die Annahme einer Rotation unhaltbar erscheinen. Er nimmt deshalb für beide Augen aufser den Doppelsystemen identischer Netzhautpunkte (anatomischer Deckpunkte) noch Doppelsysteme korrespondierender Netzhautpunkte (physiologischer Deckpunkte) an, mit welchen nur unter Umständen, je nach Übung und Erfahrung, einfach gesehen wird. Diese Wahrnehmungen sollen dann oft eine psychische Komponente, z. B. der Raumvorstellung und dergleichen haben.

Für das Zustandekommen von stereoskopischen Eindrücken Raddrehungen beider Bulbi in einander entgegengesetzter Richtung anzunehmen, scheint mir abgesehen von den oben schon angeführten Gründen auch aus folgendem unrichtig: rotiert man in dem soeben beschriebenen Versuch mit dem Brillengestell beide Fäden in entgegengesetzter Richtung gleichzeitig hin und her, so hat man den Eindruck eines einzigen in der Medianebene pendelnden Fadens. Diese Pendelbewegungen kann man nun so schnell machen — mehrere in einer Sekunde — dafs von einer Einstellung des Auges durch entsprechend schnellere Rotation schlechterdings nicht geredet werden kann.

Somit gehört zum stereoskopischen Sehen eine wirkliche Inkongruenz beider Netzhautbilder.

HERING (*Zur Lehre vom Ortssinn der Netzhaut*. Leipzig 1861. S. 64) sagt hierzu gelegentlich der Besprechung einer Arbeit

**MEISSNERS:** „Sobald man sich bemüht, das stereoskopische Einfachsehen dadurch zu erklären, daß man die wirkliche Inkongruenz beider Netzhautbilder durch hypothetische Umformungen der Netzhaut aufzuheben, oder sonstwie die Bilder für die Wahrnehmung wieder kongruent zu machen sucht, sobald verzichtet man auch auf eine ausreichende Erklärung des doppeläugigen stereoskopischen Sehens.“

Das „Einfach“sehen mit „korrespondierenden“ Netzhautpunkten ist also nur ein scheinbares.

Wie, so wird man nun fragen, kommt dieses Einfachsehen zu stande?

HERING sagt l. c. S. 333:

„Zwei Empfindungen werden selbstverständlich um so schwieriger unterschieden, je ähnlicher sie sind“ . . . um so leichter werden sie unterschieden, je unähnlicher sie sind . . . „aber dies beruht nicht, wie VOLKMANN wollte, darauf, daß die „Seele“ etwa folgendermaßen kalkuliert: die Bilder sind so verschieden, folglich werden sie wohl nicht einem und demselben Gegenstande entsprechen, folglich sehe ich sie zweckmäßiger doppelt, sondern es beruht auf dem ganz allgemein gültigen Erfahrungssatze, den man ebenso einen physiologischen als einen psychologischen nennen kann, daß zwei Empfindungen um so schwerer zu sondern sind, je ähnlicher sie sind. Wenn man daher mit VOLKMANN „psychisch“ erklären will, so muß man nicht das „Verschmelzen“ der Doppelbilder für einen Akt psychischer Arbeit halten, denn das Einfachsehen der Doppelbilder ist ein ganz primitiver Zustand, sondern man muß das Doppeltsehen der Doppelbilder „psychisch“ erklären; dieses lernt man allerdings erst durch Übung und Aufpassen.“

Es liegt nicht in meiner Absicht, näher auf diese Seite der Sache einzugehen. Mir kam es darauf an, die physikalisch-physiologischen Vorgänge beim Zustandekommen von Raumvorstellungen zu veranschaulichen.

---

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Physiologischen Institut begonnen. Herr Prof. KOSSEL ließ mir bereitwilligst die nötigen Apparate in seiner mechanischen Werkstatt anfertigen. Herr Prof. HESS unterstützte mich bei der späteren Ausarbeitung freundlichst mit seinem Rat. Beiden Herren danke ich bestens für ihr Interesse.

---