

und für Rot 0,057 sec.; gegenüber 0,15 bis 0,28 sec. bei *Exner*. Weiter hat die Arbeit keinen Wert. Denn sie besagt einmal nichts über die mittlere Wellenlänge der benutzten Spektralbezirke — es wurde nämlich immer aus dem Gedächtnis auf den gleichen Farbenton eingestellt (!) —, dann aber auch nichts zur Beantwortung der Frage, ob und inwieweit an den Anstiegszeiten die Farbe oder die Helligkeit des Spektralbezirkes beteiligt ist. Nach unseren weiter unten dargelegten Beobachtungen mit dem Stereo-Spektralphotometer scheidet die Farbe als Ursache für die Verschiedenheit der Anstiegszeiten ganz aus, und wir haben darin nur die Auswirkung der in den einzelnen Spektralbezirken herrschenden Helligkeiten zu erblicken. Daß von den drei obigen Zahlen die für Blau größer ist als die für Grün, ist verständlich, da beide Farben auf derselben Seite des Maximums der Helligkeit liegen und Blau von dem Maximum weiter entfernt und daher weniger hell ist als Grün. Der angegebene Wert aber für den Spektralbezirk Rot, der auf der anderen Seite des Maximums der Intensitätskurve liegt, hätte ebensogut gleich dem für Grün oder größer sein können. Daß er kleiner ist, ist ein Beweis dafür, daß der von *Kunkel* benutzte Spektralbezirk Rot sehr viel näher am Helligkeitsmaximum lag, als der von ihm benutzte Spektralbezirk Grün.

*Kunkel* hat dann noch versucht, seine Messungen auf Spektralfarben von angeblich gleicher Helligkeit zu reduzieren. Da aber hierzu ganz willkürliche Annahmen gemacht werden aus Mangel an einem festen Anhalt für die Anerkennung der Gleichheit der Helligkeit verschiedenfarbiger Lichter, so ist dieses Unternehmen als gescheitert anzusehen.

Die Schwierigkeiten beim Vergleich der Helligkeiten zweier Farben sind ja außerordentlich groß, und es ist allen bisher hierfür angegebenen Methoden nicht gelungen, sie zu überwinden. *Fraunhofer* und *Arthur König* haben versucht, allein durch subjektiven Vergleich der Farben untereinander bzw. der einzelnen Farben mit weißem Licht die Helligkeitsverteilung im Sonnenspektrum zu ermitteln. Die Resultate sind sehr wenig übereinstimmend. *Helmholtz* hat in seiner *Physiolog. Optik*, 2. Aufl., S. 440 u. ff. wiederholt erklärt, daß er sich ein Urteil über Gleichheit heterochromer Helligkeiten nicht zutraue. „Für mich selbst“, sagt *Helmholtz*, „habe ich durchaus den sinnlichen Eindruck, daß es sich bei heterochromen Helligkeitsvergleichen nicht um Vergleichen einer Größe, sondern um das Zusammenwirken von zweien, Helligkeit und Farbenglut, handelt, für die ich keine einfache Summe zu bilden weiß und die ich auch wissenschaftlich noch nicht definieren kann.“

Daß wir es hierbei in der Tat mit zwei voneinander gänzlich verschiedenen Empfindungen zu tun haben, beweist schon allein der Umstand,

## Die Stereoskopie im Dienste der isochromen und heterochromen Photometrie<sup>1)</sup>.

Von C. Pulfrich, Jena.

(Fortsetzung.)

### 10. Die bisherigen Schwierigkeiten beim Vergleich der Helligkeiten zweier Farben.

Nach derselben Methode wie *S. Exner* hat später *A. Kunkel* (*Pflügers Archiv* 9, S. 197, 1874) versucht, die Zeiten zu bestimmen, welche die verschiedenen Teile des prismatischen Spektrums brauchen, um zum Maximum der Empfindung zu gelangen. Auch er fand, daß für die von ihm benutzten Spektralbezirke „Blau“, „Grün“ und „Rot“ das Empfindungsmaximum bei einem stärkeren Reiz — größere Spaltbreite des Spektralapparates — schneller erreicht wird als bei einem schwächeren. Nur waren in Anbetracht des Umstandes, daß als Lichtquelle nicht wie bei *Exner* durch Gasflammen erhellte Scheiben, die mit weißem Papier überzogen waren, benutzt wurden, sondern das spektralzerlegte sehr viel hellere Licht der Petroleumflamme, die Anstiegszeiten erheblich kleiner als bei *Exner*, nämlich für Blau 0,102 sec., für Grün 0,097 sec.

<sup>1)</sup> Im Auszug vorgetragen auf dem Physikertag in Jena am 21. IX. 1921.

daß für den Fall der Farbenblindheit immer noch die andere Empfindung, die der Helligkeit, fortbesteht. Im übrigen trifft der von *Helmholtz* angewandte Ausdruck Farbenglut nicht für alle Farben zu. Rot und gelb nennt man bekanntlich *warme* Farben, grün und blau *kalte* Farben, und jedermann weiß, daß eine Landschaft selbst bei trübem Wetter durch ein gelbes oder rotes Glas gesehen, geradezu aufleuchtet, während eine Landschaft, selbst bei Sonnenbeleuchtung durch ein grünes oder blaues Glas betrachtet, einen kalten Eindruck hervorruft. Es ist daher begreiflich, daß man im allgemeinen versucht ist, rote und gelbe Farben als heller und grüne und blaue als weniger hell anzusehen, als sie in Wirklichkeit sind. Ich komme auf diesen Unterschied in den Schlußbemerkungen zu dieser Schrift noch einmal zurück.

Ich will über die anderen für den Vergleich heterochromer Helligkeiten angegebenen Methoden nur kurz hinweggehen, da sie in Wirk-

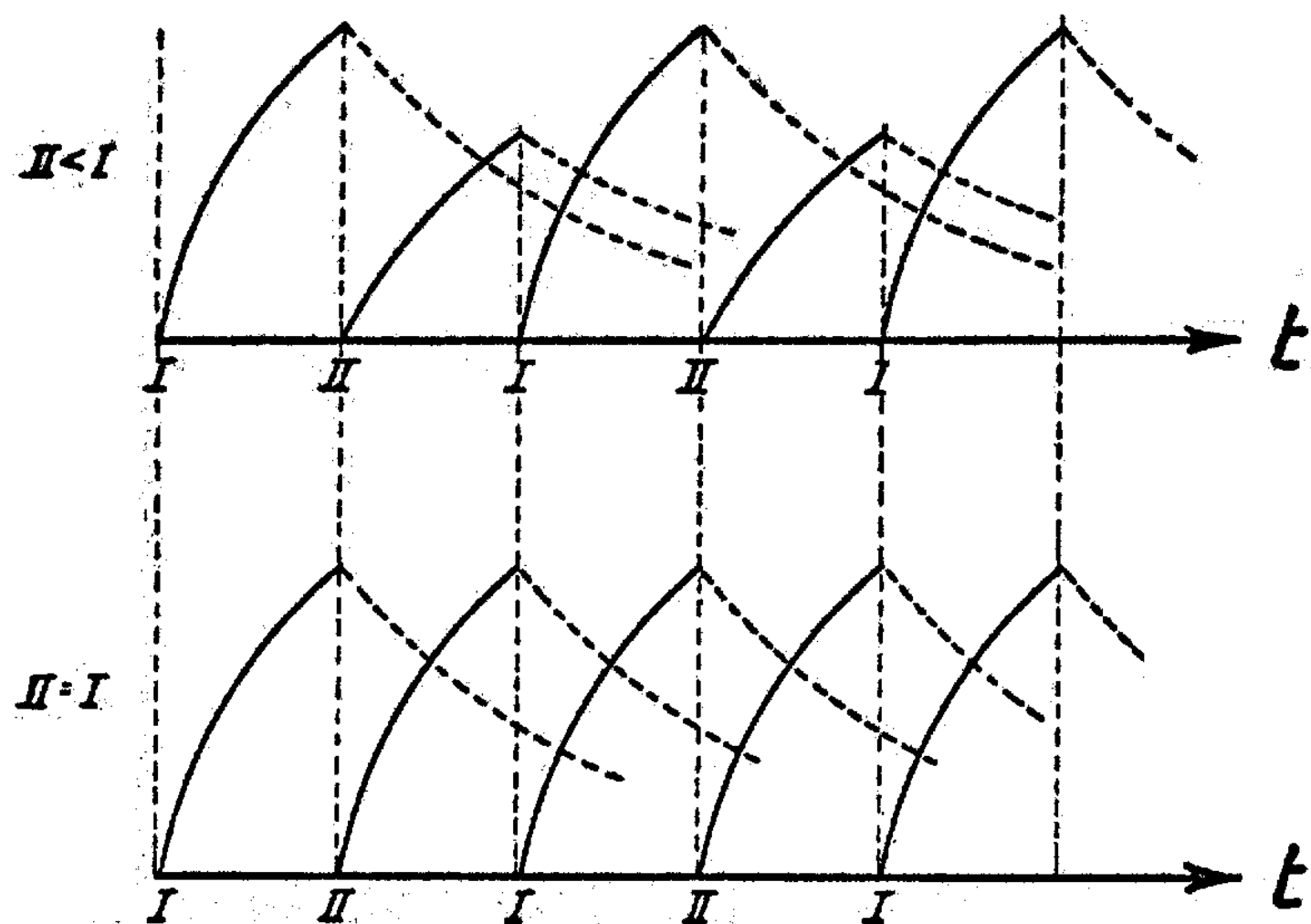


Fig. 11. Verlauf der Empfindungen bei einem periodischen Wechsel zweier Helligkeiten I und II (Flimmerverfahren).

lichkeit nur *Notbehelfe* oder *Umgehungen der Aufgabe* darstellen. Dahin gehören die Sehschärfenmethode, die Messung der Pupillenweite, die Benutzung der stark exzentrisch gelegenen Teile der Netzhaut, in denen die farben-tüchtigen Empfindungselemente fehlen, ferner die Vergleichung der Helligkeiten im Dämmersehen an der unteren Grenze der Lichtstärke, wo mit den Farben ihre Verschiedenheit verschwindet, und endlich die Verwendung von Farbenblindern. Vielleicht die beste unter allen bisher für die Zwecke der heterochromen Photometrie benutzten Methoden ist die sog. *Flimmermethode*: Es werden die miteinander zu vergleichenden heterochromen Helligkeiten in schnellem Wechsel dem Auge zugeführt, und man ändert die eine der beiden Helligkeiten so lange ab, bis ein *Minimum des Flimmerns* eintritt. Auch gegen diese Methode lassen sich mancherlei Bedenken geltend machen, und die mit ihr erhaltenen Resultate sind im allgemeinen wenig zuverlässig. Doch ist ihr die innere Berechtigung nicht ab-

zusprechen, wie ein Blick auf die nebenstehende Fig. 11 zu erkennen gibt. Als Abszisse ist die Zeit und als Ordinaten sind die durch die periodisch wiederkehrenden Belichtungen hervorgerufenen Empfindungen aufgetragen. In der oberen Figur ist angenommen, daß die miteinander verglichenen heterochromen Helligkeiten verschieden ( $II < I$ ), in der unteren, daß sie gleich groß seien. Wie die Übereinanderlagerung der Empfindungen in ihrem Anstieg und in ihren Nachbildern sich vollzieht, sei dahingestellt. Jedenfalls bringt die Herbeiführung gleicher Helligkeiten die sämtlichen Empfindungsmaxima auf die gleiche Höhe und reduziert die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden *gleichgroßen* Maximis — entsprechend der Einstellung auf das Minimum des Flimmerns — auf die Hälfte.

Im übrigen stimme ich mit manchem Physiker und manchem Physiologen darin überein, wenn ich sage, daß es eine eigentliche Photometrie heterochromer Lichter bisher nicht gegeben hat. Was uns fehlt, sagt Herr v. Kries, der Herausgeber des 3. Bandes der 3. Auflage von *Helmholtz Physiolog. Optik*, ist eine Methode, bei der die Beurteilung der Gleichheit zweier heterochromer Helligkeiten sich gründet auf ein bestimmtes physiologisches Element. So lange das nicht gefunden, sei man nicht berechtigt, zwei heterochrome Helligkeiten als gleich hell anzusehen.

#### 11. Die Zeitdifferenz der beiden Empfindungen bildet den Anhalt für den Vergleich und die Messung heterochromer Helligkeiten.

Das am Ende des vorigen Abschnittes erwähnte physiologische Element, welches die Lösung der Aufgabe bringen soll, ist, wie mir scheint, jetzt gefunden. Denn das Kreisen der Marke tritt auch ein, wenn man, wie bereits oben erwähnt wurde, ein Farbfilter von beliebiger Färbung an Stelle des Rauchglases vor ein Auge hält. Alle solche Farbfilter halten von dem auffallenden weißen Licht einen bestimmten Teil zurück, so daß das hindurchgegangene Licht unter allen Umständen schwächer ist als das auffallende. Es ist daher nach den bisherigen Darlegungen ganz natürlich, daß das so geschwächte Licht längere Zeit braucht, um zur Perzeption zu gelangen, als das ungeschwächte, und ferner, daß diese Verzögerung der Perzeption den gleichen Stereo-Effekt hervorbringt, wie wir ihn an Rauchgläsern beobachtet und in seinem Entstehen durch Fig. 5 veranschaulicht haben. Es steht daher auch gar nichts im Wege, nach diesem Verfahren zwei verschiedene Farbfilter nach dem Grade ihrer Durchlässigkeit miteinander zu vergleichen, indem man das eine vor das eine Auge und das andere vor das andere Auge hält. Die Beobachtung der kreisenden Marke entscheidet dann sofort nach Größe und

Vorzeichen über den Helligkeitsunterschied der beiden Farbfilter.

Wir gelangen also damit zu der folgenden *Definition gleicher Helligkeiten*: Wir bezeichnen die Helligkeiten zweier Farben als gleich, wenn die Zeit zwischen Erregung und Empfindung für beide Farben gleich groß ist, und erkennen diese Gleichheit daran, daß in dem Augenblick, in dem die als kreisende Marke der Beobachtung zugänglich gemachte Zeitdifferenz der beiden Empfindungen verschwindet, die kreisende Bewegung in eine geradlinige übergeht. Das ist eine Definition, die für weiße und isochrome Lichter keiner Begründung bedarf. Denn sie gibt nur das wieder, was die Tatsachen besagen. Indem wir dieselbe Definition auch auf heterochrome Lichter ausdehnen, sind wir uns bewußt, damit eine Art Extrapolation zu begehen, die man nicht beweisen, aber auch nicht widerlegen kann. Jedenfalls ist sie in erster Annäherung richtig, und spätere Untersuchungen mögen darüber entscheiden, wie weit diese Annäherung reicht. Einstweilen begnügen wir uns damit,



Fig. 12. Die Rechtsdrehung der Marke geht mittels einer Schleife in die Linksdrehung über.

denn wir haben so für alle Lichter, isochrome und heterochrome, eine einheitliche Definition, einen einheitlichen Vergleichsmaßstab und den großen praktischen Vorteil, damit ein ganz erhebliches Stück weiter zu kommen als bisher möglich war.

Das Meßprinzip, das wir den im II. Teil dieser Abhandlung zu besprechenden Konstruktionen von Stereo-Photometern zugrunde zu legen haben, besteht also darin, daß wir den bei ungleichen Helligkeiten auftretenden scheinbaren Tiefenunterschied zwischen der bewegten und der ruhenden Marke durch Herbeiführung gleicher Helligkeiten zum Verschwinden bringen. In der Stereoskopie ist es nicht anders als in der Photometrie. Die wahre Größe des Tiefenabstandes zweier Körper können wir im stereoskopischen Sehen ebensowenig angeben, wie beim Anblick von zwei verschieden hellen Flächen den Helligkeitsunterschied. Wir können nur angeben, welcher der beiden Körper weiter entfernt ist und welche der beiden Helligkeiten die größere ist. Wohl aber können wir mit größter Sicherheit auf das Verschwinden des Tiefenunterschiedes und auf das Verschwinden des Helligkeitsunterschiedes einstellen und haben

dann hier wie dort in den Maßeinheiten des zur Einstellung auf Gleichheit benutzten Meßapparates ein Maß für den Unterschied.

Zur Demonstration des Meßprinzips machen wir wieder den oben (S. 557) beschriebenen Versuch mit dem an die Fensterscheibe geklebten Bleistift und geben dem Beobachter außer dem auf seine Helligkeit zu untersuchenden Rauch- oder Farbglas noch einen Rauchkeil in die Hand. Das Rauchglas lasse man ihn vor das eine, den Rauchkeil in vertikaler Lage vor das andere Auge halten, und zwar so, daß das Auge an der dünnsten Stelle des Rauchkeiles hindurchschaut. Während man nun den zweiten Bleistift auf der Scheibe hin und her bewegt, hat der Beobachter den Keil langsam in vertikaler Richtung zu verschieben. Er wird dann erkennen, daß die anfänglich beobachtete Kreisbewegung des Stiftes — rechts herum, wenn der Keil vor dem rechten Auge sich befindet — nach und nach in eine geradlinige und gleich darauf wieder in eine kreisende, aber mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung, übergeht.

Verschiebt man den Rauchkeil mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, so kommt die Erscheinung der Geradlinigkeit der Bewegung des Stiftes nicht recht zur Geltung. Man beobachtet vielmehr eine Art Schleife, mehr oder weniger übereinstimmend mit dem in Fig. 12 wiedergegebenen Verlauf. Man muß also, und das ist eine für alle nach dem Stereo-Verfahren gebauten Photometer wohl zu beachtende Vorschrift, in der Nähe der kritischen Stelle jedesmal für einen Augenblick Halt machen und während dieser Zeit die Prüfung der Geradlinigkeit vornehmen.

Im Auditorium gibt man tunlichst jedem Zuhörer ein Rauchglas oder ein Farbglas und einen Rauchkeil in die Hand und projiziert mit Hilfe der in Fig. 4 wiedergegebenen Einrichtung das Schattenbild der bewegten und der ruhenden Marke auf den Schirm.

## 12. Steigerung der Meßgenauigkeit durch eine etwas andere Anordnung der kreisenden Marke.

Wir können den Stereo-Effekt, auf dessen Verschwinden einzustellen ist, unter sonst gleichen Umständen auf seinen doppelten Betrag bringen, wenn wir nach einem Vorschlag eines meiner Kollegen im Zeißwerk, des Herrn Dr. Sander, die bisher als ruhend angesehene Marke n ebenfalls hin und her gehen lassen, und zwar derart, daß die Bewegungen von m und n einander entgegengesetzt sind und so erfolgen, daß die Marken sich jedesmal in der Mitte des Gesichtsfeldes begegnen (s. Fig. 13 b). Es kreisen dann beide Marken in gleichem Sinne und mit der gleichen Geschwindigkeit um denselben Mittelpunkt, und man hat den sinnlichen Eindruck, als liefen sie mit einem Phasenunterschied eines halben Umlaufs hintereinander her (s. Fig. 13b). In der Mitte des Gesichtsfeldes, da, wo sich die beiden

Marken begegnen, gehen die beiden Raumbilder mit einem Tiefenabstand aneinander vorbei, der doppelt so groß ist als der Tiefenabstand der bewegten Raumbildmarke von der ruhenden (s. Fig. 13 a). Für die Messung bedeutet diese Steigerung des Tiefenabstandes somit eine Verdoppelung der Meßgenauigkeit bei gleicher Geschwindigkeit der Bewegung.

Wir benutzen zur Demonstration dieser Erscheinung denselben Apparat (Fig. 4, S. 557), den wir auch zur Demonstration der kreisenden Marke benutzt haben. Die hierzu dienenden Hilfseinrichtungen wurden bereits früher S. 558 (Fußnote) angegeben.

Über den Vorteil dieser Anordnung gegenüber der bisherigen sind sich die Beobachter, die ich um ihr Urteil gefragt habe, ebensowenig wie über die Größe der Ausschläge, die man der kreisenden Marke durch Veränderung des Radius  $r$

Beobachtern bestätigt wird. Mir scheint das auch ganz begreiflich, denn jetzt hat die Marke  $m$  in der Zeit, in der sie sich der Marke  $n$  nähert und von ihr sich wieder entfernt, im Raumbild, also an ihr in der Blickrichtung nach der Tiefe vorbeifliegt, nur eine geringe seitliche Bewegung, ganz im Gegensatz zu der tiefsten Lage der kreisenden Marke, wo die Änderung des Tiefenunterschiedes gegen die feststehende Marke gering, die seitliche Verschiebung senkrecht zur Blickrichtung aber sehr groß ist. Wir können also jetzt eine sehr viel größere Geschwindigkeit in der Bewegung der kreisenden Marke und auch einen sehr viel größeren Radius der Kreisbewegung anwenden als vorher, ohne daß die an  $n$  vorbeifliegende Marke  $m$  aufhört, erkennbar zu sein, so wie das bei der früheren Beobachtungsmethode der Fall ist, wenn die Geschwindigkeit ein gewisses Maß überschreitet (vgl. die

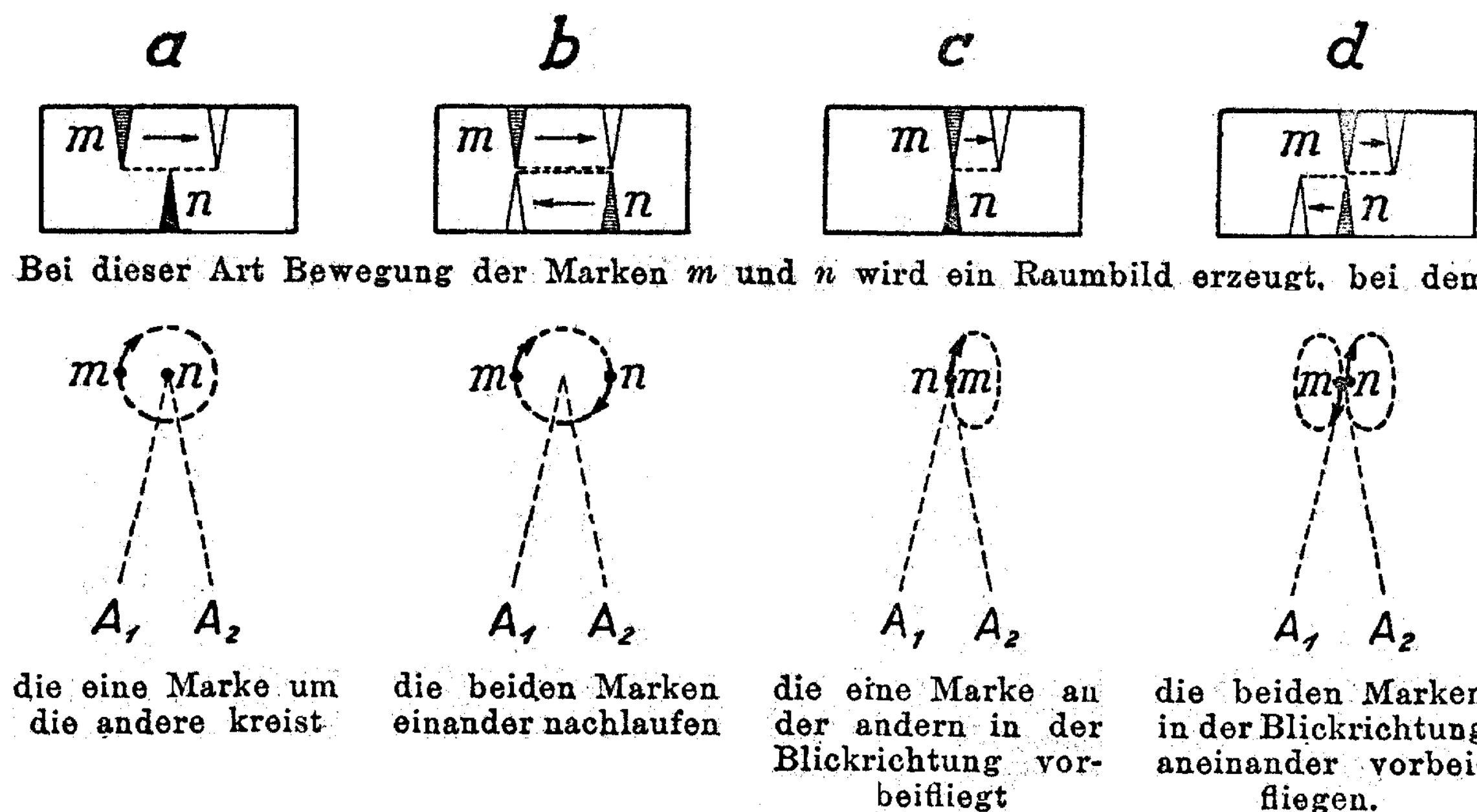


Fig. 13.

der Drehscheibe zu geben hat, und über die Geschwindigkeit der Bewegung einig. Einer dieser Beobachter hat mir erklärt, daß er glaube, am besten einstellen zu können, wenn man die Marke  $n$  ganz in Wegfall bringt.

Herr. Geheimrat *Haber*, dem ich eines der ersten Versuchsinstrumente mit einer ruhenden und einer bewegten Marke für die vom ihm beabsichtigte Untersuchung kolloidaler Lösungen zur Verfügung gestellt hatte, hat mir nach mehrmonatiger Beschäftigung mit dem Apparat den Vorschlag gemacht, die bewegte Marke  $m$  nicht um die ruhende  $n$ , sondern um einen seitwärts gelegenen Punkt kreisen zu lassen (siehe Fig. 13 c), dessen Abstand von der Marke  $n$  gleich ist dem Radius der Drehscheibe. In solchem Falle hat dann die Marke  $m$  — man vergleiche auch den in Fig. 7 S. 561 angegebenen Verlauf der Kurven gleicher Zeitparallaxen — in dem Augenblick, in dem sie an der feststehenden Marke  $n$  vorbei kommt, die größte Beschleunigung nach der Tiefe. Die Beobachtung sei sehr viel bequemer, was mir auch von anderen

Bemerkungen über die am Stereo-Komparator vorgenommenen Messungen S. 553).

Ich möchte hier noch auf einen anderen sehr wichtigen Vorteil dieser Anordnung aufmerksam machen. Die beiden früheren durch Fig. 13 a und b gekennzeichneten Anordnungen verlangen nämlich ein für den ganzen Verlauf der kreisenden Marken tunlichst gleichmäßig beleuchtetes Gesichtsfeld, was bei den weiter unten zu besprechenden Stereo-Photometern nicht immer leicht zu erreichen ist, denn bei dem Kreisen der Marken achtet man weniger auf einzelne Teile der Kreisbahn als vielmehr auf den Gesamteindruck. Jetzt ist das anders, da die Aufmerksamkeit des Beobachters ausschließlich auf den Teil des Gesichtsfeldes gerichtet ist, wo die Marke  $m$  an der feststehenden  $n$  in der Blickrichtung vorbeifliegt. Daß man diesen Teil in die Mitte des Gesichtsfeldes legt, ist selbstverständlich, es steht auch nichts im Wege, diesen Teil des Gesichtsfeldes durch Abblendung der übrigen Teile zu isolieren [?].  
Man kann sogar in Verfolgung dieser Methode

noch einen Schritt weiter gehen, indem man auch hier die ruhende Marke  $n$  in Bewegung setzt, jetzt aber so, daß  $m$  und  $n$  aufeinander zulaufen und in dem Moment, in dem sie sich treffen, oder kurz vorher, oder kurz nachher wieder auseinandergehen (s. Fig. 13 d). Es entstehen dann wieder zwei in gleicher Richtung kreisende Raumbilder, die aber, sofern der Abstand der beiden Kreismittelpunkte gleich ist dem doppelten Radius der Drehscheibe, in dem Moment der Begegnung die entgegengesetzte Bewegungsrichtung nach der Tiefe haben. Der Erfolg dieser Anordnung ist also eine noch weitergehende Steigerung der Meßgenauigkeit.

Die Vorführung auch dieser Erscheinungen auf dem Projektionsschirm mit Hilfe des Apparates in Fig. 4 begegnet keinerlei Schwierigkeiten.

Ich habe oben auf Seite 558 ein einfaches Experiment beschrieben, wie man auch ohne Projektionsapparat allein mit zwei Bleistiften das Kreisen der Marke zeigen kann. In gleicher Weise lassen sich auch die übrigen Erscheinungen vorführen. Insonderheit bei 13 c kehrt man in der Bewegung des hin und her gehenden Bleistiftes jedesmal bei dem an der Fensterscheibe befestigten Bleistift um. Bei der Vorführung der Erscheinungen 13 b und 13 d nimmt man in jede Hand einen Bleistift, hält sie nebeneinander in gleicher Höhe und bewegt sie über- und gegeneinander, wie in der Fig. 13 angegeben.

### 13. Auswahl geeigneter Beobachter.

Die stereophotometrische Methode stellt an den Beobachter Anforderungen, die den bisherigen photometrischen Methoden völlig fremd sind. Der Beobachter muß nicht allein stereoskopisch sehen können, was ja bei der Mehrzahl der Menschen der Fall ist, er muß auch *gut* stereoskopisch sehen können, wenn er an Genauigkeit das aus der Methode herausholen will, was sie zu leisten imstande ist. Wer daher nicht über ein gutes stereoskopisches Sehvermögen verfügt, hat wenig Aussicht, mit den Stereo-Photometern Ersprießliches zu leisten. Er wird es auch nie lernen, die Übung kann ihm nicht ersetzen, was ihm die Natur versagt hat.

Der Verwendung eines Beobachters zu stereophotometrischen Messungen sollte daher eine eingehende *Prüfung* desselben an der Hand der von mir im Jahre 1908 entworfenen *Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen* (Meß 204) — mit Schlüssel und Stereoskop zu beziehen von Carl Zeiß, Jena — vorangehen, mit dieser Prüfungstafel deshalb, weil sie für die Beurteilung der Fähigkeit des Beobachters im stereoskopischen Sehen einen genauen ziffernmäßigen Anhalt bietet. Jedenfalls sollte man bei der Veröffentlichung von Messungsergebnissen und von Genauigkeitsangaben für die vorliegende Methode niemals unterlassen, auch über das Ergebnis dieser Prüfung zu berichten.

Die richtige Bewertung eines Beobachters für stereophotometrische Messungen ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil ein an der Hand der Prüfungstafel festgestellter Defekt des Beobachters im stereoskopischen Sehen in der Regel auf einem *Unterschied* im Sehvermögen der beiden Augen beruht. In solchen Fällen hat dann das schwächere Auge nicht nur eine geringere Sehschärfe, es *ermüdet* auch schneller, was dann zur Folge hat, daß die Perzeption eines Lichteindrucks in diesem Auge längere Zeit in Anspruch nimmt als in dem anderen Auge. Man braucht sich daher nicht darüber zu verwundern, wenn ein Beobachter, der mit einem solchen Unterschied der beiden Augen behaftet ist, entweder sofort oder erst nach einiger Zeit ein Kreisen der Marke auch dann wahrnimmt, wenn die Helligkeiten für beide Augen genau gleich sind. Ich habe auf solche Fälle bereits früher (S. 558) hingewiesen. Gewiß können auch solche Beobachter mit zu Messungen herangezogen werden unter Beachtung der Vorschrift natürlich, daß man das zu messende Objekt einmal vor das rechte und dann vor das linke Auge setzt und aus den Messungen das Mittel bildet. Aber besser ist, nur solche Personen zu verwenden, die auch die letzten Feinheiten der Prüfungstafel zu erkennen vermögen, da bei diesen jeder Verdacht einer ungleichen Perzeption und einer ungleichen Ermüdung ausgeschlossen ist.

Es ist mir am 10. März d. J. nach einem vor der „Physikalisch-technischen“ und der „Beleuchtungstechnischen Gesellschaft“ in Berlin gehaltenen Vortrage über den vorliegenden Gegenstand von einem der Herren Diskussionsredner entgegengehalten worden, daß der neuen Methode doch wohl ein gewisses persönliches Moment anhafte, das es zweifelhaft erscheinen lasse, daß verschiedene Beobachter übereinstimmende Resultate erhalten. Das ist sicher so, aber daran ist nicht die Methode, sondern der Beobachter selbst schuld. Tatsächlich sind bisher alle Abweichungen zwischen den Angaben verschiedener Personen bei der Messung eines und desselben Helligkeitsunterschiedes auf Defekte im stereoskopischen Sehvermögen des einen oder des anderen Beobachters zurückzuführen gewesen, während die Angaben derjenigen Personen, die ein vollwertiges stereoskopisches Sehvermögen besitzen, unter sich innerhalb der zulässigen Beobachtungsfehler übereinstimmen. Es entspricht das nicht nur meinen Erfahrungen allein. Herr Geheimrat *Haber* hat sich bei Gelegenheit der vorerwähnten Diskussion in genau dem gleichen Sinne ausgesprochen. Sein Urteil gründet sich auf die Messungen, die er, sein Assistent Herr *F. Matthias* und einige andere Herren vom *Kaiser-Wilhelm-Institut* mit dem ersten im vorigen Herbst provisorisch zusammengestellten Versuchsinstrument ausgeführt haben. Inzwischen hat das Institut einen anderen Apparat in wesentlich besserer Ausführung erhalten, und Herr *Matthias* berichtet über die mit diesem

Apparat gemachten Erfahrungen in einem an mich gerichteten Schreiben vom 16. April d. J. wie folgt: „Es haben außer mir auch andere Herren des Instituts gute Resultate mit dem neuen Photometer erzielt. Als besonders erfreulich kann ich die Tatsache mitteilen, daß die Meßergebnisse von drei Beobachtern auf durchschnittlich 2 % übereinstimmen. Die Empfindlichkeit steigt mit der Übung. Herren, die noch niemals mit dem Apparat gearbeitet haben, erreichen eine Genauigkeit von 6—8 %, nach einiger Übung stieg sie auf 2—3 %. Die Ermüdungserscheinungen, die sich früher so lästig bemerkbar machten, treten bei dem neuen Apparat nicht mehr in die Erscheinung.“

Fortsetzung und Schluß (II. Teil: Anwendung der neuen Methode) folgen einige Hefte später.