

(Aus dem physikal. Institut der kais. techn. Hochschule zu Moskau.)

Studien über das Weber-Fechner'sche Gesetz.

II. Mitteilung.

Über den Einfluss der Geschwindigkeit des Reizzuwachses auf den Schwellenwert der Gesichtsempfindung.

Von

Professor Dr. **P. Lasareff.**

(Mit 5 Textfiguren.)

Die fundamentale psychophysische Formel von Fechner stellt eine Beziehung zwischen der Intensität des Reizes j und der Intensität der Empfindung E dar, und diese Formel lautet:

$$\frac{\Delta j}{j} = \text{Konst. oder } dE = \frac{dj}{j}.$$

In dieser Formel nimmt man an, dass die Reizänderung nach einem bestimmten Gesetz erfolgt, und wenn z. B. zwei äussere Reize zugleich oder nacheinander einwirken, so muss der Quotient $\frac{\Delta j}{j}$ für beide Fälle einen besonderen Wert haben.

Wir können die Änderung des Reizes einer und derselben Stelle der Netzhaut ganz kontinuierlich verlaufen lassen, und die Stärke der Empfindung muss in diesem Falle von der Geschwindigkeit dieser Änderung abhängen. Der Zweck vorliegender Arbeit ist die quantitative Untersuchung der Beziehung der Geschwindigkeit, mit welcher das reizende Licht sich ändert zu dem Wert $\frac{dj}{j}$, welcher dieser Geschwindigkeit entspricht.

Die Methode.

Die Methode besteht darin, dass das Licht, dessen Intensität kontinuierlich sich vergrössert oder vermindert (nach der Gleichung $j = c + bt$, wo c und b Konstante und t die Zeit bedeutet), ins

Auge des Beobachters fällt, und man bestimmt die Zeit t , welche eben genügend ist, um den eben merklichen Empfindungszuwachs hervorrufen zu können, wobei die ganze Reizänderung während der Zeit t den Wert Δj erreicht.

Die Versuchsanordnung war folgende: Das Licht einer Glühlampe G_1 (Fig. 1) passiert ein spaltförmiges Diaphragma D und fällt nach dem Durchgang durch eine Mattglasplatte M auf den Lummer-Brodhun'schen Photometer¹⁾ $L_1 B_1 F$, wobei der Beobachter, welcher durch das Fernrohr F sieht, ein zentrales von der Lampe G_1 beleuchtetes Feld blickt. Das Licht, welches von der Glühlampe G_1 ins Photometer fällt, kann mit dem Lichte, welches von der

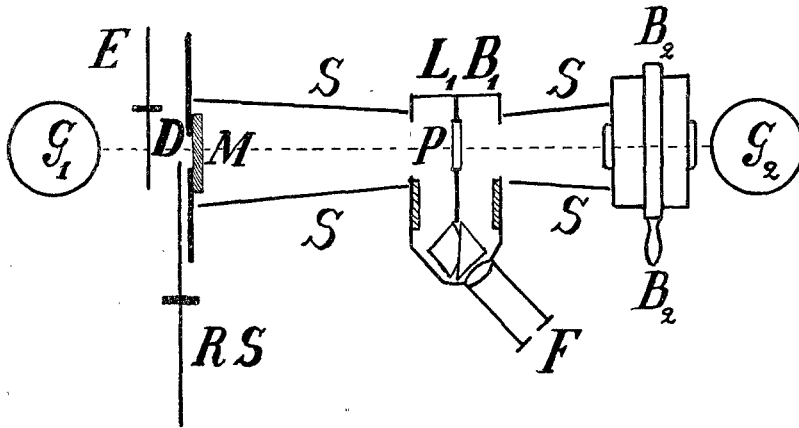


Fig. 1.

Glühlampe G_2 ausgeht, verglichen werden, wozu die andere Seite des Photometers mit dieser zweiten Lampe beleuchtet wird; eine beliebige Schwächung dieses Lichtes mittels des Brodhun'schen Sektors²⁾ $B_2 B_2$ gestattet, jede Intensität des Lichtes, welches das Photometer von links beleuchtet, mit irgendeinem willkürlichen Maasse zu messen. Um die Intensität des Lichtes der Glühlampe G_1 linear ändern zu können, wurde vor das Diaphragma D eine rotierende Scheibe RS gestellt, welche folgende Gestalt hat.

Auf die Peripherie einer runden Scheibe O , S_1 , S_2 . . . S_7 (Fig. 2), deren Mittelpunkt in A liegt, wurde ein solcher Ausschnitt

1) O. Lummer und E. Brodhun, Zeitschr. f. Instrumentenkunde Bd. 9 S. 23, 41. 1889.

2) E. Brodhun, Zeitschr. f. Instrumentenkunde Bd. 14 S. 310. 1894.

gemacht, dass die bezüglichen Halbmesser an den Stellen S_1, S_2, S_3, S_4 usw. um $\frac{a}{4}, \frac{a}{2}, \frac{3a}{4}, a$ usw. abgekürzt waren. Wenn eine solche Scheibe, welche in der Fig. 2 gestrichelt ist, um den Punkt A gleichmässig rotiert und die einzelnen Teile der Scheibe vor dem gleichmässig beleuchteten Diaphragma D passieren (Fig. 1 u. 2), so ändert sich die Lichtenergie, welche aus der Spalte D ausgeht, linear und beleuchtet die linke Seite der Gipsplatte des Photometers P

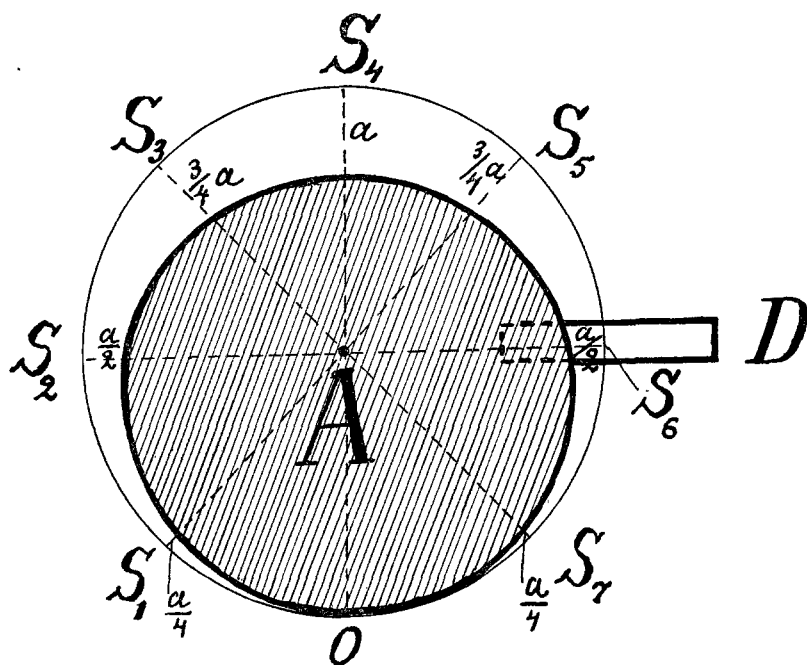


Fig. 2.

mit der Intensität, welche nach der Gleichung $j = c + bt$ variiert. Es wurden vier solche Scheiben angefertigt, bei denen a 4, 8, 16 und 32 mm hatte.

Um die gleichförmige Rotationsgeschwindigkeit erteilen zu können und diese Geschwindigkeit während der Rotation nach Belieben variieren zu können, wurde folgende Anordnung gewählt. Eine Achse AA (Fig. 3) wurde mittels eines Elektromotors in eine langsame gleichmässige Bewegung versetzt. Der Motor konnte mit verschiedenen Geschwindigkeiten laufen. Die Achse AA trägt eine bewegliche Rolle R , welche von dem Be-

obachtungsort aus während der Bewegung nach oben oder nach unten verschoben werden konnte. Diese Rolle stützt sich auf eine Scheibe K , welche mittels der Achse B mit der obenbeschriebenen (Fig. 2) Scheibe RS fest verbunden ist. Die Verschiebung der Rolle R bei einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit der Achse AA gestattet, der Scheibe RS eine verschiedene Rotationsgeschwindigkeit zu erteilen.

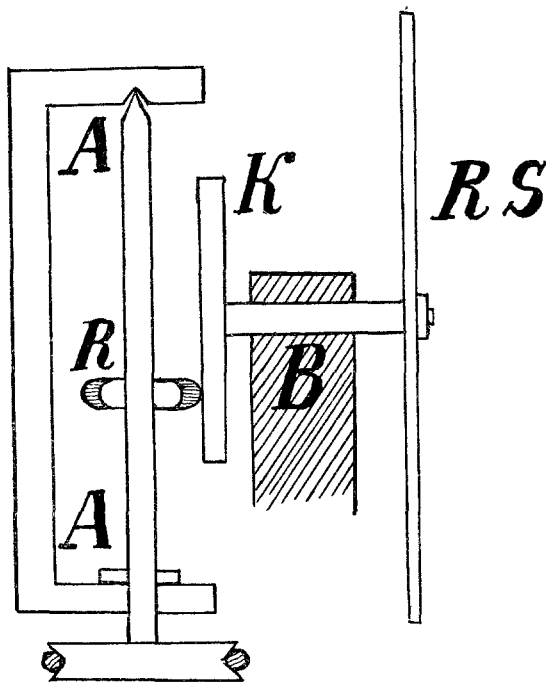


Fig. 3.

Die Rotationsperiode der Scheibe RS wurde mittels einer Sekundenuhr bestimmt, wobei jeder Wert τ als Mittel aus zehn Beobachtungen genommen wurde.

Die Beobachtungen wurden bei verschiedenen Intensitäten des auffallenden Lichtes vorgenommen. Um die Schwächung des Lichtes bequem realisieren zu können, wurde vor die Lampe G_1 (Fig. 1) ein rotierender Sektor E gestellt, welcher gestattete, das Licht um zwei- oder viermal zu vermindern.

Die Versuche wurden auf folgende Weise angestellt: Es wurden bei der maximalen und minimalen Verdeckung des Diaphragmas D mit der Scheibe RS (Fig. 1) die Beleuchtungsintensitäten des zen-

tralen Feldes des Photometers ermittelt, wozu die Intensität des Lichtes, welches von der Lampe G_1 auf das Photometer fällt, bei der bezüglichen Stellung der Scheibe RS mit dem Lichte, welches von der Glühlampe G_2 ausgeht, verglichen wird; auf diese Weise wurden j und Δj ermittelt. Dann wird die Scheibe RS in gleichförmige Rotation versetzt, und man findet eine solche Rotationsgeschwindigkeit, für welche die Beleuchtungsänderung des Feldes eben erst wahrgenommen werden kann. Zu dem Zweck verschiebt man die Rolle R (Fig. 3) und sucht eine solche Stellung derselben, wo diese Geschwindigkeit erreicht ist. Nachher bestimmt man die Rotationsperiode der Scheibe τ und die Zeit t , während welcher die Intensität des Lichtes um Δj sich vergrößert (oder vermindert). Diese Zeit ist, wie es leicht zu sehen ist, gleich $\frac{\tau}{2}$ (vgl. Fig. 2).

Bei allen diesen Versuchen ist die Periode τ so gross gewählt, dass die Erscheinung des Flimmerns vollkommen ausgeschlossen ist.

Resultate.

Die Resultate sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt, wobei die Werte für $\frac{\Delta j}{j}$ und t (in Sekunden) angeführt sind.

Tabelle I. ($j = \text{Konst.}$)

t	0,16	0,25	0,5	0,55	} erste Reihe
$\frac{\Delta j}{j}$	0,03	0,11	0,20	0,28	
t	0,26	0,75	1,55		} zweite Reihe
$\frac{\Delta j}{j}$	0,14	0,29	0,64		
t	0,75	2,5	4,5		} dritte Reihe
$\frac{\Delta j}{j}$	0,31	1,00	1,71		

Fig. 4 stellt die gewonnenen Resultate graphisch dar. Die Abszisse stellt die Zeit t , die Ordinate $\frac{\Delta j}{j}$ dar. Wie man sieht, ist die Beziehung zwischen $\frac{\Delta j}{j}$ ($j = \text{Konst.}$) und t eine lineare.

Um den Einfluss der Intensität des Lichtes ermitteln zu können, wurden die Versuche bei verschiedenen Intensitäten des auffallenden Lichtes vorgenommen, wobei $\frac{\Delta j}{j}$ in jeder Versuchsreihe den konstanten Wert hatte.

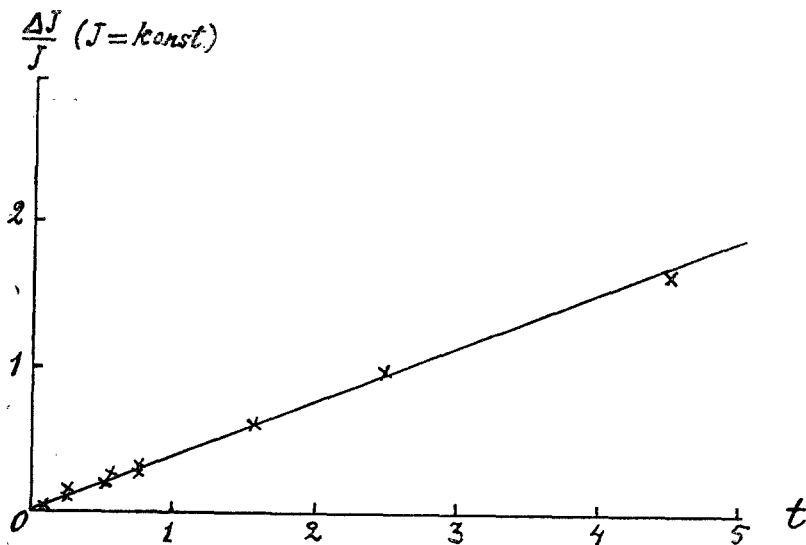


Fig. 4.

Die folgende Tab. II zeigt die Resultate dieser Untersuchung.

Tabelle II.

Relative Intensität j	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	} erste Reihe
$\frac{\Delta j}{j}$	0,25			
t	0,5	0,6	0,5	
Relative Intensität j	1	$\frac{1}{2}$		} zweite Reihe
$\frac{\Delta j}{j}$	0,36			
t	0,75	0,74		
Relative Intensität j	1	$\frac{1}{2}$		} dritte Reihe
$\frac{\Delta j}{j}$	0,7			
t	2,0	2,1		
Relative Intensität j	1	$\frac{1}{2}$		} vierte Reihe
$\frac{\Delta j}{j}$	2,0			
t	6,0	5,0		

Die Resultate dieser Tabelle sind graphisch in Fig. 5 dargestellt. Als die Abszissen sind t , als die Ordinaten $\frac{\Delta j}{j}$ aufgetragen. Die Werte $\frac{\Delta j}{j}$, welche der ganzen Intensität = 1 entsprechen, sind

durch Punkte, diejenigen der $\frac{1}{2}$ Intensitäten durch Ringe und diejenigen der $\frac{1}{4}$ Intensitäten durch Kreuze bezeichnet.

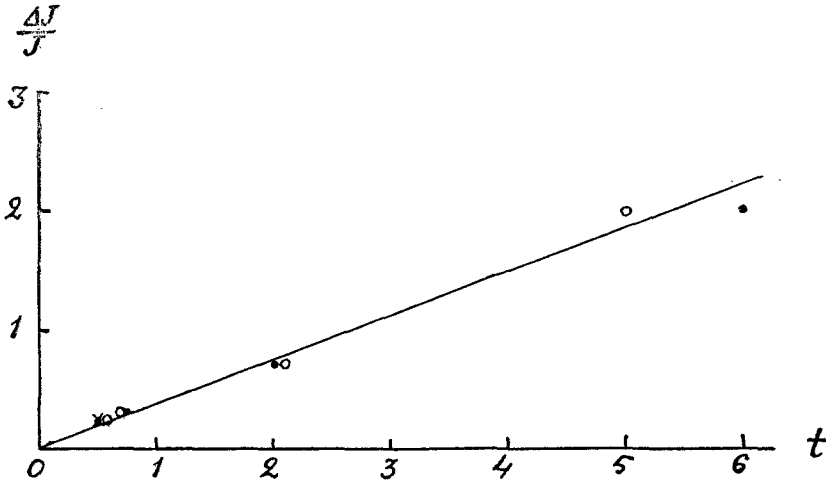


Fig. 5.

Wie leicht zu sehen ist, bleibt das Produkt $\frac{\Delta j}{j} \cdot \frac{1}{t}$ bei einem eben erst merklichen Reiz konstant, und wir können jetzt an Stelle des Fechner'schen Gesetzes

$$\frac{dj}{j} = \text{Konst.}$$

eine verallgemeinerte Beziehung

$$\frac{dj}{dt} \cdot \frac{1}{j} = \text{Konst.}$$

setzen.

Diese Formel kann in anderer Weise geschrieben werden. Ist die Lichtänderung periodisch (wie es bei obenbeschriebenen Versuchen der Fall ist) und hat dieselbe die Periode τ , so muss zwischen Periode τ ($\frac{\tau}{2} = t$) und $\frac{\Delta j}{j}$ auch eine Beziehung

$$\frac{\Delta j}{j} \cdot \frac{1}{\tau} = \text{Konst.} = k$$

vorhanden sein.

$\frac{1}{\tau}$ stellt die Zahl der Lichtänderungen in der Sekunde n dar, folglich ist

$$\frac{Aj}{j} \cdot n = \text{Konst.} = k \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

Wenn deshalb das Nervensystem die äusseren Reize als verschiedene empfindet, so muss die äussere Energie die Beziehung (I) befriedigen, und es kann deshalb die Lichtenergie von unserem Nervensystem nur portionsweise aufgenommen werden, wobei das Energieelement, welches der Elementarempfindung entspricht, durch folgende Gleichung $Aj = \frac{kj}{n}$ dargestellt wird.
