

(Aus der physikalischen Abteilung des physiologischen Instituts
der Universität Berlin.)

Über die Sehschärfe im Flimmerlicht.

Von

Dr. H. FEILCHENFELD.

Wenn man zwischen dem Auge und dem Sehobjekte Scheiben aus undurchsichtigen und durchsichtigen Sektoren rotieren läßt, so können diese Scheiben die Wahrnehmung der Objekte in dreierlei Weise beeinträchtigen: 1. bei schnellster Rotation durch Herabsetzung der Gesamthelligkeit, 2. bei langsamer Rotation durch Verkürzung der Expositionszeit des Objekts, indem der schwarze Sektor sich schon wieder vor das Auge schiebt, bevor noch die Wahrnehmung gelungen ist. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es aber 3. eine mittlere Geschwindigkeit der rotierenden Scheibe, durch die das eigentümliche Gefühl des Flimmerns hervorgerufen wird; und dieses Gefühl bringt eine neue, eigenartige Beeinträchtigung der Gesichtswahrnehmung mit sich. Diese dritte Form der Sehstörung bildet den Gegenstand der folgenden Untersuchung.

Die Versuchsanordnung gestaltete sich einfach. Das Auge war 10 Meter von den Sehproben entfernt. Als Sehproben wurden SNELLENSche Haken aus den „Optotypi PFLÜGER“ benutzt, jedoch so, daß auf der Mitte eines weißen quadratischen Kartons immer nur ein schwarzer Haken aufgetragen war. Der Karton, und somit auch der Haken konnte nach jeder der vier Richtungen beliebig gehängt werden. Die Beleuchtung des Quadrats geschah im auffallenden Licht und zwar durch sechs 25kerzige, drei 16kerzige Glühlampen. Später wurde die Beleuchtungsintensität modifiziert. Beobachtet wurde monokular,

und zwar ausschließlich mit meinem linken Auge. Von einer Fixation des Kopfes durch Beißbrettchen konnte man absehen, da für eine absolute Ruhelage ja kein Grund vorliegt. Es empfiehlt sich vielmehr eine möglichst bequeme Lagerung des Kopfes. Ich hielt denselben zwischen beiden Händen, während die Ellbogen sich fest auf den Tisch stützten. Das Auge war unbeweglich auf die Sehprobe gerichtet. 20 cm vor dem Auge rotierte die Metallscheibe, auf der ein schwarzer Quadrant mit einem durchsichtigen abwechselte. Die Scheibe wurde durch einen exakt gleichmäßig laufenden Motor getrieben, die Variation der Umdrehungen durch Einschaltung von Widerständen und Änderungen der Übertragung bewirkt. Der Untersuchungsraum war im übrigen dunkel. Ein Haken wurde als richtig erkannt betrachtet, wenn in einer Reihe von zehn nacheinander erfolgten Prüfungen sich nicht mehr als zwei Fehler befanden, resp. die ersten fünf Prüfungen richtig ausfielen.

Während der Pausen zwischen den Untersuchungsreihen blieb das Auge der leuchtenden Fläche zugewendet, so daß der zur Beobachtung dienende Netzhautteil dauernd in einem ziemlich gleichmäßigen Zustande mittlerer Helladaptation sich erhielt.

I. Visus ohne Kreisel = 1,75.

	Umdrehungen des Kreisels in der Minute	Visus
1.	1500	1,75
2.	1200	1,75
3.	900	1,5
4.	600	1,5 ?
5.	300	1,5 ?
6.	120	1,5
7.	60	1,75

Diese Feststellungen sind das Ergebnis von je drei Untersuchungsreihen, die an aufeinander folgenden Tagen ausgeführt sind. Über 1. die Drehgeschwindigkeit zu erhöhen, hatte keinen Zweck; denn schon bei 1500 Umdrehungen „flackerte“ es nicht mehr. Ebenso hatte sich bei 7. das Flackern verloren. Den Höhepunkt erreichte es bei 4. und 5., wo auch die Sehstörung am größten war. Zur Beobachtung wurde beliebig lange Zeit gewährt. Auf diese Weise wurde die eingangs erwähnte, bei

langsamer Rotation sich ergebende Ursache zur Sehstörung — Verkürzung der Expositionszeit — ausgeschaltet; denn wenn ich bei einmaligen Vorübergehen der Scheibenöffnung den Haken nicht erkannte, so konnte ich doch durch Summierung der Eindrücke zu einem richtigen Urteil gelangen. In der Tat erforderte bei 6. die Wahrnehmung 10 Sekunden und bei 7. 20 Sekunden. Aus den Resultaten 1. und 2. geht andererseits hervor, daß bei der gewählten Beleuchtungsstärke der erste Faktor — die Herabsetzung der Gesamthelligkeit — gar nicht in Betracht kommt; denn der vor dem Auge rotierende Kreisel beeinträchtigte die Sehleistung nicht in einem durch unsere Methode feststellbaren Masse.

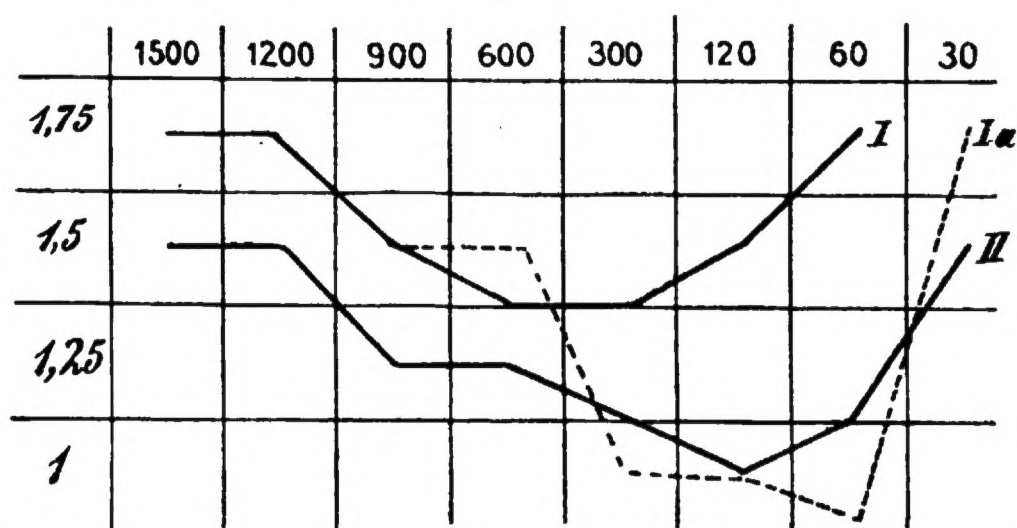
Eine Herabsetzung der Beleuchtung auf die Hälfte (drei 25kerzige, zwei 16kerzige Glühlampen) ergibt schon etwas andere Resultate:

II. Visus ohne Kreisel = 1,75.			
	Umdrehungen in der Minute	Visus	Zur Beobachtung geforderte Zeit
1.	1500	1,5	2 Sek.
2.	1200	1,5	2 "
3.	900	1,25	3 "
4.	600	1,25	3 "
5.	300	1,25 ?	5 "
6.	120	1,0	8 "
7.	60	1,25	60 "
8.	30	1,5	15 "

Daß die Sehleistung auch jetzt ohne Kreisel noch die normale Höhe hat, stimmt mit unserer ersten Feststellung vollkommen überein; denn dort war die Sehleistung noch normal, wenn der Kreisel sich mit der größten Geschwindigkeit drehte und so durch seine beiden schwarzen Quadranten eine Herabsetzung der Gesamthelligkeit auf $\frac{1}{2}$ bewirkte. Hier wird dieselbe Herabsetzung durch Abschwächung der Beleuchtungsquelle erzielt. Wird nun die Verdunkelung durch den Kreisel noch fortgesetzt, so sinkt die Sehleistung auf 1,5. Dieser Verlust ist offenbar allein auf den ersten Faktor — Herabsetzung der Gesamthelligkeit — zurückzuführen, wie aus einem Vergleich der Versuchsreihen I und II hervorgeht. Graphisch dargestellt

(Figur 1) ergeben beide Reihen ziemlich parallel verlaufende Kurven, nur daß die Sehschärfen in Reihe II um etwa $\frac{1}{4}$ hinter denen in Reihe III zurückbleiben. Hatte sich nun in Reihe I bei den Geschwindigkeiten 1. und 2. das Flackern noch gar nicht als die Sehschärfe herabsetzendes Moment bemerkbar gemacht, so kann in Reihe II für die Herabsetzung der Sehkraft, die bei den Geschwindigkeiten 1. und 2. gefunden wird, nur die Verringerung der Beleuchtung als solche, nicht aber das Flackern in Betracht kommen; denn es ist bekannt, daß bei schwacher Beleuchtung das Flackern sogar schon bei einer geringeren Drehgeschwindigkeit aufhört, als sie bei erhöhter Beleuchtung erforderlich sein würde.

Fig. 1.



I Sehschärfe bei starker Beleuchtung. *Ia* dasselbe bei fortgesetzter Beobachtungsdauer. *II* Sehschärfe bei schwacher Beleuchtung. Ordinatens bilden die Sehschärfen, Abszissen bilden die Umdrehungszahlen der Scheibe in der Minute.

Andererseits muß man a priori voraussetzen, daß nach unten hin, d. h. durch Verlangsamung der Drehgeschwindigkeit das Flackern bei schwacher Beleuchtung später zum Verschwinden gebracht wird als bei starker; denn das Gefühl des Flackerns hört auf, wenn der Einzeleindruck scharf genug als isolierter wahrgenommen wird. Das wird aber bei schwacher Beleuchtung erst nach größerer Verlangsamung der Drehgeschwindigkeit, d. h. längerer Exposition des Objekts zutreffen. So hatte ich jetzt bei 60 Drehungen in der Tat noch das Gefühl des Flackerns und erst bei 30 Drehungen hörte dasselbe auf.

Ich habe dann noch Beobachtungsreihen mit 2×25 kerziger und 2×16 kerziger Beleuchtung aufgenommen, die ganz denselben gesetzmässigen Verlauf zeigten.

Das Verhältniss verschiebt sich aber natürlich, sobald man die Beobachtungsdauer auf eine bestimmte Frist beschränkt. Ich habe als solche 5 Sekunden festgesetzt. Man erhält dann folgende Reihen bei den entsprechenden Beleuchtungen wie in Reihe I und II.

Ia.	1.	1500	1,75
	2.	1200	1,75
	3.	900	1,5
	4.	600	1,5
	5.	300	1,0
	6.	120	1,0
	7.	60	1,0 ?
	8.	30	1,75
IIa.	1.	1500	1,5
	2.	1200	1,5
	3.	900	1,25
	4.	600	1,25
	5.	300	1,0
	6.	120	1,0
	7.	60	1,0
	8.	30	1,5

Es schliesst sich also an die Herabsetzung der Sehleistung durch Flackern unmittelbar die durch verkürzte Exposition bewirkte Herabsetzung an. Die Differenz, welche zwischen den Reihen Ia und IIa und den Parallelreihen I und II besteht, bringt den letzteren Faktor eindeutig zum Ausdruck.

Die Untersuchungen von LADD-FRANKLIN und GUTTMANN¹ haben gezeigt, dass die zentrale Sehschärfe durch Schleier in gesetzmässiger Weise herabgesetzt wird. Während die Herabsetzung der Gesamthelligkeit längst als ein die Sehleistung beeinflussendes Moment erkannt ist, zeigte sich jetzt, dass andere, gleichzeitig im Sehfelde erscheinende Objekte, wie sie doch die Konturen eines Schleiers darstellen, ebenfalls die Wahrnehmung des eigentlich beobachteten Objektes erschweren. Es ist nicht zu bezweifeln, dass hier Gründe physikalischer und psycho-

¹ *Zeitschr. f. Psychol.* 31, S. 248.

logischer Natur maßgebend sind. Erstere bestehen darin, daß Sehprobenteile durch Schleierteile verdeckt werden und so Teile des Sehobjektes, welche für die Beurteilung des ganzen wichtig sind, der Wahrnehmung sich entziehen. Letztere könnte man als eine Art „Wettstreit der Sehfelder“ bezeichnen, nur daß die Sehfelder, die sonst als Halbbilder jedem Auge einzeln dargeboten werden, hier beiden Augen sichtbar sind. Aber das eigentümliche Gefühl, daß zwei verschiedenartige Gesichtsobjekte die Wahrnehmung gleichzeitig beschäftigen und aus diesem Grunde miteinander in Konkurrenz treten, bleibt dasselbe. Diesen Versuchen gegenüber hoffte ich durch die Prüfung an der rotierenden Scheibe insofern eine Verfeinerung zu erzielen, als sie den ersten physikalischen Faktor eliminieren und das Problem als ein rein psychologisches hinstellen sollte. Hier wird kein Sehprobenteil auf die Dauer der Wahrnehmung entzogen; das ganze Objekt findet Gelegenheit sich auf der Netzhaut abzubilden.

Wer jedoch die Versuche sowohl mit dem Schleier als mit der rotierenden Scheibe ausführt, wird sich durch Selbstbeobachtung überzeugen, daß die beiden Versuche nicht in diesem Sinne in Parallele gestellt werden dürfen, der psychologische Faktor vielmehr beide Male ein wesentlich verschiedener ist. Bei den Schleierversuchen ist es ein ruhendes, wenn auch dadurch, daß die Akkomodation auf den Schleier nicht eingestellt ist, mehr oder weniger verwaschenes Bild, welches auf der Netzhaut entworfen wird. Dieses kann in der Konkurrenz mit dem beobachteten Objekt sich leichter behaupten und dessen Wahrnehmung beeinträchtigen als ein bewegtes. In der Tat setzt der Schleier die Sehleistung mehr herab als die Scheibe. Bei derselben Beleuchtungsintensität betrug, wenn der Schleier 20 cm vom Auge entfernt aufgestellt wurde, mein Visus 0,5 (Horizontallage des Schleiers) und 1,25 (Diagonallage des Schleiers). Die rotierende Scheibe aber setzte die Sehschärfe bei 20 m Entfernung des Auges nur auf 1,5 bis 1,5? herab. Es bestätigt sich also, daß bewegte, gleichzeitig im Sehfelde erscheinende Objekte die Wahrnehmung weniger stören als ruhende. Andererseits bewirken sie aber ein neues eigenartiges Gefühl des „Flimmerns“, welches die Wahrnehmung begleitet und sich sehr lästig bemerkbar macht. Wie weit dieses Gefühl an sich schon sehstörend wirkt, könnte man durch Parallelversuche feststellen,

in denen das Flimmern nicht durch eine rotierende Scheibe, sondern durch Intermittieren der Beleuchtung bewirkt wird, sei es im auffallenden, sei es, was experimentell sich sehr einfach gestalten würde, im durchfallenden Lichte. Diese Frage würde also einer weiteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

Zum Schlusse spreche ich Herrn Professor NAGEL für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie seine mannigfachen Ratschläge meinen ergebenen Dank aus.

(Eingegangen am 2. Dezember 1903.)
