

Über die Wahrnehmung des Flimmerns durch normale und durch total farbenblinde Personen.

Von
J. v. KRIES.

Die Beobachtungen von SCHATERNIKOFF¹ haben es wahrscheinlich gemacht, daß die Stäbchen resp. der mit ihnen als Endorganen ausgerüstete Bestandteil des Sehorgans eine geringere Empfindlichkeit für schnelle periodische Wechsel des einwirkenden Lichtes besitzen als der trichromatische Bestandteil; es konnte dies daran ersehen werden, daß rotierende Scheiben, um völlig gleichmäßig zu erscheinen und nicht mehr zu flimmern, schneller laufen müssen, wenn man mit gut helladaptiertem Auge, als wenn man mit dunkeladaptiertem Auge beobachtet. Im Hinblick auf die bekannte, neuerdings so viel diskutierte Theorie der totalen Farbenblindheit war hierdurch die Frage nahegelegt, wie sich die mit dieser Anomalie behafteten Personen in Bezug auf die Erscheinungen des Flimmerns rotierender Scheiben verhalten möchten, insbesondere ob für sie bei der gleichen oder schon bei einer geringeren Umdrehungsfrequenz das Flimmern aufhört. Soviel mir bekannt, sind Angaben hierüber in der Literatur nicht vorhanden. Da mir zur Zeit kein Fall der genannten Art zur Verfügung stand, so bat ich Herrn Kollegen UTHOFF, bei sich bietender Gelegenheit dieser Frage seine Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Herr Kollege UTHOFF ist dieser Aufforderung mit sehr dankenswerter Bereitwilligkeit nachgekommen und hat mir über seine Beobachtungen die nachstehenden Mitteilungen gemacht, die ich mit seiner freundlichst erteilten Zustimmung hier bekannt gebe.

¹ *Zeitschr. f. Psychol.* 29, S. 241.

„Versuch mit Episkotister vor weißem Schirm; in dem Episkotister vier gleich große Ausschnitte (sektorförmig); bei einer Umdrehung des Antriebrades gibt es beim Fixieren einer bestimmten Stelle einen 22maligen Wechsel von Hell und Dunkel. Nach dem Metronom gemessen verschwindet für den total Farbenblinden die Erscheinung des Flimmerns bei etwa 60—72 Drehungen des Antriebrades pro Minute, also einem 22—26maligen Wechsel von Hell und Dunkel pro Sekunde. Für unsere normalen Augen (mehrere Beobachter) verschwindet das Phänomen des Flimmerns bei ca. 180 Umdrehungen in einer Minute, also ca. einer Umdrehung in $\frac{1}{3}$ Sekunde. Das normale Auge braucht also eine viel schnellere Rotationsgeschwindigkeit (ca. dreimal schneller) des Episkotisters, um das Flimmern zum Verschwinden zu bringen, als das total farbenblinde.“

Bei erheblicher Herabsetzung der objektiven Beleuchtung ändert sich für den total Farbenblinden in diesem Verhältnis nichts Wesentliches, während für das normale Auge bei der gleichen Herabsetzung der objektiven Beleuchtung die Umdrehungsgeschwindigkeit erheblich vermindert werden muß. Bei einer Beleuchtung, wo meine Sehschärfe nur ca. $\frac{1}{2}$ der normalen beträgt (also ca. eine Meterkerze) braucht auch das normale Auge eine einmalige Umdrehung des Antriebrades in der Sekunde, mit 22maligem Wechsel von Hell und Dunkel, ähnlich wie das total farbenblinde Auge. Es ergibt sich also in Bezug auf das Aufhören der Flimmererscheinung eine erhebliche Differenz zwischen dem normalen und dem total farbenblinden Auge.“

Ferner schrieb mir Hr. U. in zwei weiteren Mitteilungen, daß er noch eine Anzahl anderer mit angeborener totaler Farbenblindheit behafteter Personen in der gleichen Richtung untersucht und ganz den gleichen Befund erhalten habe.

Die Beobachtung ergibt also, in voller Bestätigung dessen, was nach der Theorie vermutet werden konnte, daß im vollen Tageslicht die Erscheinung des Flimmerns für den total Farbenblinden bei einem Lichtwechsel von einigen zwanzig Malen pro Sekunde aufhört, während unter gleichen Umständen das normale Auge einen zwei- bis dreifach schnelleren Lichtwechsel erforderte.

Von theoretischen Fragestellungen abgesehen ist hierdurch

ein weiterer Unterschied zwischen dem Sehen des total Farbenblinden und dem farblosen Sehen normaler Personen festgestellt, ein Unterschied, der sich dem lange bekannten der Sehschärfe anschließt. Als besonders beachtenswert ist hervorzuheben, daß auch in dieser Hinsicht ein Unterschied nicht mehr besteht, sobald unter den Bedingungen des Dämmerungssehens beobachtet wird, und der Unterschied erst unter solchen Umständen hervortritt, die auch für das Sehen von Farben die Möglichkeit gewähren. Wie befriedigend sich die neue Tatsache den Anschauungen der Stäbchentheorie einfügt, das ist so unmittelbar einleuchtend, daß jede Hinzufügung darüber entbehrlich erscheint.

Im Anschluß an die obige Mitteilung möchte ich ferner noch mit einigen Bemerkungen auf eine unlängst erschienene Untersuchung von PORTER¹ eingehen, deren Ergebnisse in diesem Zusammenhange von besonderem Interesse sind. P. ermittelte, wie die für das Verschwinden des Flimmerns erforderliche Frequenz der Lichtwechsel von der Intensität der Beleuchtung abhängt und zwar für einen sehr großen Spielraum der Beleuchtungen. Er fand nun, daß die diese Abhängigkeit ausdrückende Kurve sich deutlich aus zwei Stücken zusammensetzt, die, beide nahezu gradlinig, fast unvermittelt mit einem Knick ineinander übergehen. Jeder der Teile stellt eine gleichartige Abhängigkeit dar (die Verschmelzungsfrequenz wächst proportional dem Logarithmus der Beleuchtung), aber der eine mit einer, der andere mit einer anderen Konstanten. — Diese Erscheinung stellt nun für die zeitliche Unterscheidungsfähigkeit genau das Nämliche dar, wie es von KÖNIG² für die räumliche, die Sehschärfe, gefunden wurde.

KÖNIG fand die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtung ebenfalls in zwei Gebiete auseinanderfallend; in beiden wächst die Sehschärfe dem Logarithmus der Beleuchtung proportional, aber in dem einen Stück langsam, im anderen weit schneller, so daß die ganze Kurve sich aus zwei verschieden geneigten und mit scharfer Ecke zusammenstoßenden gradlinigen Stücken zusammensetzt. Aber auch die Beleuchtungsstärken bei denen die PORTERSche und die KÖNIGSche Kurve

¹ *Proceedings of the Royal Society London* 70, S. 313.

² *Sitzungsberichte der Berliner Akademie* 1897, S. 559.

ihren Knick zeigen, sind sehr nahezu dieselben. PORTER gibt diesen Wert auf eine Kerze im Abstand von 2 m (also $\frac{1}{4}$ M.K.) an; doch ist zu berücksichtigen, daß bei den rotierenden Scheiben mit gleichen schwarzen und weißen Sektoren diese Helligkeit nur mit ihrer Hälfte in Betracht kommt (also $\frac{1}{8}$ M.K.). Der Knick der KÖNIGSchen Kurve liegt bei einer Beleuchtung zwischen 0,1 und 0,2, gerechnet in Einheiten, die die Beleuchtung durch ein HEFNERlicht aus 1 m Abstand bedeuten. Das Verhältnis von PORTERS Kerze zum HEFNERlicht ist nicht genau bekannt; da aber die üblichen Normalkerzen von diesem nicht sehr verschieden sind, so ist ersichtlich, daß beide Werte in der Tat mit der hier in Frage kommenden Genauigkeit zusammenfallen.

Sehschärfe und die durch die Flimmerbeobachtungen gemessene zeitliche Unterscheidungsfähigkeit hängen also von der Beleuchtung in ganz ähnlicher Weise ab; bei geringsten Lichtstärken wachsen beide langsam; bei einer annähernd bestimmten Stärke ändert sich sprungweise für beide die Art der Abhängigkeit und es tritt ein viel schnelleres Wachsen ein, welches natürlich nicht unbegrenzt, aber bis zu sehr hohen Lichtstärken in annähernd konstanter Weise stattfindet.

Wie KÖNIG damals sogleich bemerkte, ist die sich unmittelbar aufdrängende Deutung die, daß bei den niedrigsten Intensitäten ein Bestandteil des Sehorgans in Betracht kommt, der dann, wenn die Intensität einen gewissen Wert übersteigt, von einem anderen abgelöst wird und diesem gegenüber alsbald zurücktritt, eine Anschauung, die ja den wesentlichen Inhalt der Stäbchenhypothese ausmacht. Die ganze Erscheinung ist also auf dem Boden der Stäbchenhypothese unmittelbar verständlich. Das Gleiche gilt von dem analogen Befunde PORTERS. Auch die anderen speziellen Werte, um die es sich handelt, stehen mit dem hiernach zu erwartenden in guter Übereinstimmung. PORTER fand den Knick seiner Kurve bei einer Frequenz von etwa 18 Lichtwechseln pro Sekunde, fast genau übereinstimmend mit demjenigen Wert, den SCHATERNIKOFF erreichen konnte, wenn er die Lichter unterhalb derjenigen Grenze hielt, bei der sie auf den farbentüchtigen Bestandteil des Sehorgans zu wirken anfangen. Als Schwelle des fovealen Sehens fand PERTZ die Helligkeit einer Magnesiumoxydfläche, die von einem HEFNER-

licht aus der Entfernung von 5,5 M. bestrahlt wird. Danach dürften jene von KÖNIG und PORTER gefundenen Beleuchtungen die wirkliche Zapfenschwelle nicht ganz unerheblich (etwa um das 2—3fache) übertreffen; indessen versteht sich auch von selbst, daß der Knick jener die Abhängigkeit darstellenden Kurven erst da zu erwarten ist, wo die Wirkung der Zapfen gegenüber der der Stäbchen erheblich ins Gewicht fällt. — Eine gewisse Unsicherheit haftet übrigens den Ergebnissen PORTERS insofern an, als die Adaptationszustände nicht speziell berücksichtigt worden sind. Da aber die Beobachtungen bei schwachem Licht wohl alle mit gut dunkeladaptiertem Auge ausgeführt worden sein werden, so dürften die entscheidenden Punkte hierdurch nicht in Frage gestellt werden.

(Eingegangen am 23. April 1903.)
