

(Aus der Universitäts-Augenklinik, Bern [Direktor: Prof. Dr. H. Goldmann].)

Stiles-Crawford-Effekt.

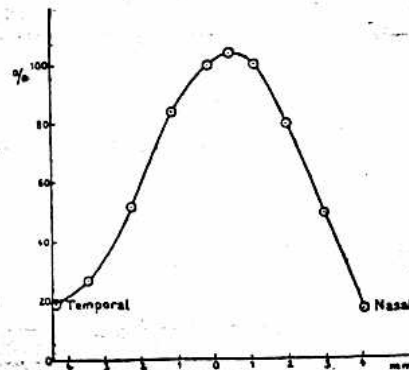
Von H. GOLDMANN.

1933 entdeckten *Stiles* und *Crawford* (1), daß es für die Helligkeitsempfindung, welche ein Objekt vermittelt, nicht gleichgültig ist, an welchem Ort der Strahlengang vom Objekt zur Netzhaut die Pupille des Beobachters passiert. Am hellsten erscheint uns ein Gegenstand, wenn die Strahlen, die von ihm ausgehen, zirka die Pupillenmitte durchsetzen; immer weniger hell, je weiter peripher die Pupille vom Strahlengang benützt wird, natürlich vorausgesetzt, daß der Bildort auf der Netzhaut der gleiche bleibt¹ (Fig. 1).

Abszisse: Abstand des Strahlendurchstoßpunktes von der Pupillenmitte in mm.

Ordinate: Betrag in %, auf den die Intensität des zentral die Pupille durchstoßenden Bündels herabgesetzt werden muß, um dem peripheren Bündel gleich hell zu erscheinen.

(Nach *Stiles* und *Crawford*.)



Zwei Möglichkeiten stehen zur Erklärung des merkwürdigen Effektes zur Verfügung.

1. Die peripher die Augenmedien durchsetzenden Strahlen erleiden aus irgendeinem Grunde eine Verminderung an Intensität (Medieneffekt).

¹ In *Stiles'* (4) eigener Darstellung: It is now well established that light rays of the same spectral character and physical intensity entering the eye through different points of the pupil may produce visual impressions which differ in brightness and colour even though the patch of retina stimulated (the fovea) is kept the same.

2. Die Rezeptoren der Netzhaut sind für Strahlen, welche sie in ihrer Längsrichtung durchsetzen, am empfindlichsten; schräg auftreffende Strahlen erregen die Netzhautelemente weniger als axial einfallende (Netzhauteffekt) (*Wright und Nelson, 2*).

Bisher sind nur indirekte Indizien dafür erbracht worden, daß die zweite Erklärung wahrscheinlicher ist als die erste *Crawford* (3) zeigte, daß der Effekt für Schwellenreize immer nur in der Fovea, extrafoveal aber im Dunkelauge kaum hervorzurufen ist. Dasselbe konnte *Stiles* (4) bestätigen und zeigen, daß der Effekt für monochromatische extrafoveale Schwellenreize im Dunkelauge ausbleibt, wenn man Licht unter $580 \text{ m}\mu$ verwendet. Während *Stiles* und *Crawford* diesen Unterschied zwischen Hell- und Dunkelaug als Beweis für die Entstehung des Effektes in der Netzhaut interpretieren, führt *Best* (5) diese Differenz im Verhalten darauf zurück, «daß durch unscharfe Abbildung bei Durchtritt des Lichtbündels durch periphere Pupillenteile mehr zerstreutes Licht auf der Netzhaut verlorengeht, während der Stäbchenapparat bei Dunkeladaptation durch Summation in den Synapsen diese Helligkeitsfehler wieder wettmacht».

Es treten auch Farbtondifferenzen auf, wenn man gleiches monochromatisches Licht axial und excentrisch durch die Pupille schiebt (*Stiles, 6*).

Craik (7) schnitt in der Hinterwand eines Katzenauges ein Fenster aus und brachte dort eine Photozelle an. Eine Lochblende wurde vor der Hornhaut hin und her verschoben. Dabei zeigte die Photozelle keine Intensitätsänderung, also keinen *Stiles-Crawford*-Effekt an. *Craik* glaubt daraus schließen zu können, daß der *St.-Cr.*-Effekt kein Medieneffekt, sondern ein Netzhautphänomen sei; aber er setzt natürlich stillschweigend voraus, daß die Katze einen *St.-Cr.*-Effekt hat, was nicht bewiesen werden kann, und gerade wenn es sich um einen Medieneffekt handeln würde, so wären Unterschiede von Tierart zu Tierart durchaus verständlich.

Ueberblickt man das bisher Gesagte, so haben es zwar die Untersuchungen von *Stiles* und *Crawford* sehr wahrscheinlich gemacht, daß der beschriebene Effekt ein Netzhautphänomen darstellt, aber die Argumentationen von *Best*, die mir keineswegs völlig einleuchten, zeigen, daß die Frage des Sitzes des *St.-Cr.*-Effektes erst dann sauber entschieden ist, wenn man am Menschen direkt untersucht, ob gleiche Beleuchtung der Netzhaut je

nach dem Strahlengang durch die Pupille ungleiche Helligkeitsempfindungen hervorruft oder nicht. Von diesen Ueberlegungen ausgehend, wird im folgenden ein Experiment beschrieben, dessen Ergebnis eindeutig entscheidet, ob der St.-Cr.-Effekt wirklich ein Netzhautphänomen ist oder nicht.

Das Prinzip des Experimentes beruht darauf, daß einem Menschen (künftig der «Untersuchte» genannt) nebeneinander zwei Halbfelder zur Beobachtung dargeboten werden, die einen getrennten Strahlengang haben. Beide Strahlengänge durchsetzen die Pupillarebene des Untersuchten an weit auseinanderliegenden Orten, der eine zentral, der andere peripher. Zu gleicher Zeit wird der Augenhintergrund des Untersuchten, auf dem sich die beiden Halbfelder abbilden, vom Versuchsleiter (dem «Untersucher» oder «Ophthalmoskopierenden») betrachtet. Der Untersucher kann bei dieser Versuchsanordnung erkennen, ob den Halbfeldern, welche vom Untersuchten gleich hell gesehen, also empfunden werden, auf dessen Augenhintergrund auch immer Bilder von gleicher Leuchtdichte entsprechen oder nicht. Sieht der Untersuchte zwei Halbfelder immer dann gleich hell, wenn auch der Untersucher ihre Netzhautbilder gleich hell sieht, dann ist der St.-Cr.-Effekt ein Medieneffekt. Werden vom Untersuchten ungleich helle Netzhauthalbfelder als gleich hell oder gleich helle als ungleich hell empfunden, so ist der St.-Cr.-Effekt ein Netzhauteffekt.

Der Versuch wurde folgendermaßen ausgeführt:

Die Beleuchtungseinrichtung des großen Ophthalmoskops von Gullstrand entwirft bekanntlich ein scharfes leuchtendes Spaltbild in der Pupille des Untersuchten. Der Untersuchte selbst sieht ein rundes Leuchtfeld, das dadurch entsteht, daß auf seiner Netzhaut eine Blendenöffnung abgebildet wird. In unseren Versuchen wurden Felder von zirka 15° und 8° Größe benützt (also Halbfelder von 7,5 bzw. 4° Breite). Man lege in diese Blende ein Prisma von 4° Kantwinkel so ein, daß die Prismenkante die Blendenöffnung gerade halbiert und der Untersuchte das Kreisfeld durch die Prismenkante in senkrechter Richtung geteilt sieht (sonst sieht man infolge der reflektierenden Glasplatte des Ophthalmoskops die Kante doppelt). Abdecken der halben Blendenöffnung durch das Prisma macht, daß zwar der Untersuchte nur die Blendenöffnung von einem mittleren Trennungsstrich durchzogen sieht, daß aber die Strahlen, welche das Prisma durchsetzen, einen anderen Weg nehmen als die frei daran vorbeilaufenden;

in der Pupille des Untersuchten entstehen statt eines nun zwei Spaltbilder, welche in unserem Fall $3\frac{1}{2}$ mm voneinander entfernt liegen. Man kann das eine Bild in die Mitte, das andere in die Peripherie einer erweiterten Pupille legen, also die Bedingungen für das Auftreten eines *Stiles-Crawford-Effektes* schaffen. Zwischen die beiden Spaltbilder in der Pupille legt man die (klein gewählte) Austrittspupille des monokularen *Gullstrand*-schen Beobachtungsrohrs, so daß der Augenhintergrund reflexfrei gesehen wird. Aus technischen Gründen (Verhütung von Vignettierungseffekten, Benützung nicht blendenden Lichtes, Erleichterung der Reflexfreiheit) wurde der Beleuchtungsspalt des Ophthalmoskops auf zirka 1 mm verkürzt, so daß in der Pupille des Untersuchten nur zwei leuchtende Punkte lagen.

Wenn der Untersuchte die Mitte der Prismenkante fixiert, so sieht der ophthalmoskopierende Untersucher am Augenhintergrund zwei Halbfelder mit einem scharfen Trennungsstrich, und zwar erscheinen die beiden Halbfelder am Augenhintergrund gleich hell, gleichgültig ob man die beiden Spaltbilder in der Pupille symmetrisch zueinander oder so aufstellt, daß das eine in der Pupillenmitte, das andere in deren Peripherie liegt. *Der Untersuchte sieht aber etwas sehr Verschiedenes*: bei angenähert symmetrischem Durchtritt der beiden Büschel durch die Pupille sieht er beide Felder gleich hell; durchsetzt das eine Büschel peripher die Pupille, das andere zentral, so erscheint ihm das Halbfeld, dem der periphere Durchtritt entspricht, viel dunkler als das andere; indessen sieht wie gesagt der Untersucher des Augenhintergrundes beide Felder immer gleich hell.

Legt man vor das eine Halbfeld ein Grauglas von zirka 40% Absorption und läßt den Strahlengang so durch die Pupille des Untersuchten gehen, daß das geschwächte Licht die Pupillenmitte, das ungeschwächte die Peripherie passiert, dann sieht der Untersuchte immer noch das dem peripheren Strahlengang entsprechende Halbfeld dunkler als das andere, während dem Ophthalmoskopierenden gerade umgekehrt am Augenhintergrund das Halbfeld mit dem peripheren Strahlengang heller erscheint. Läßt man jetzt die beiden Spaltbildchen zusammen quer über die Pupille wandern, so ändert sich der Eindruck für den Untersuchten wieder ständig; das erst dunklere Feld wird immer heller, gleicht bald dem 2. an Helligkeit, um es schließlich noch weitaus darin zu übertreffen. Der Untersucher hingegen sieht am Augenhintergrund des Untersuchten *stets unverändert zwei*

verschieden helle Felder. (Die in der Patientepupille liegende Eintrittslücke des Beobachtungsfernrohres änderte während dieses Versuches seine Lage nicht).

Ich habe den Versuch an mehreren Personen, deren Pupillen mit Glaukosan erweitert waren, vorgenommen, immer mit dem gleichen Resultat. Daraus folgt eindeutig, daß der Stiles-Crawford-Effekt ein Netzhautphänomen ist, daß also die Helligkeitsempfindung vom Azimut der auf die Netzhautelemente auffallenden Strahlung abhängt: Was die Ursache dieses Phänomens ist, können wir vorläufig noch nicht angeben. Eine Pigmentwanderung im Hellauge, welche die Erscheinung am leichtesten erklären würde, ist bisher am Menschen nie nachgewiesen worden. Von Planarienaugen ist es bekannt, daß ihre Sinneszellen auch ohne Pigmenthülle für seitlich einfallende Strahlen unempfindlich sind (Tagliaferro, 8); der St.-Cr.-Effekt scheint also phylogenetisch sehr alt zu sein. Das Phänomen hat sicher eine große praktische Bedeutung für das Sehen, da es im Hellauge das störende Streulicht ausschaltet. Allerdings würde die hohe Leuchtdichte von Bildern bei weiter Pupille nicht mehr voll ausgenützt; aber wir haben und brauchen weite Pupillen nur im Dunklen, und gerade im Dunkelaug verschwindet der Stiles-Crawford-Effekt weitgehend.

Zusammenfassung.

Es wird eine Versuchsanordnung beschrieben, mit deren Hilfe eindeutig der Nachweis gelingt, daß der Stiles-Crawford-Effekt in der Netzhaut zustande kommt.

Summary.

Description of an experiment arrangement with the help of which proof is obtained that the Stiles-Crawford effect is produced in the retina.

Résumé.

L'auteur décrit un procédé expérimental pour prouver que l'effet de Stiles-Crawford se produit dans la rétine.

Literatur.

1. Stiles, W. S., u. Crawford, B. H., Proc. Roy. Soc. B. 112, 428, 1933; B. 116, 55, 1934. — 2. Wright, W. D., u. Nelson, J. H., Proc. Phys. Soc. London 48, 401, 1936. — 3. Crawford, B. H., Proc. Roy. Soc. B. 124, 81, 1937. — 4. Stiles, W. S., Proc. Roy. Soc. B. 127, 64, 1939. — 5. Best, F., Zbl. f. d. ges. Ophth. 40, 74, 1937. — 6. Stiles, W. S., Proc. Roy. Soc. B. 123, 90, 1937. — 7. Craik, K. J. W., Journ. of Physiol. 98, 179, 1940. — 8. Siehe v. Studnitz, G., «Physiologie des Sehens», Leipzig 1940. S. 45.