

(Aus dem Physiologischen Institut Freiburg i. Br.)

Zur Kenntniss der nachlaufenden Bilder.

Von

A. SAMOJLOFF,

Privatdocent an der Universität Moskau.

(Mit 3 Fig.)

Im Sommer 1898 wurde ich im Freiburger Physiologischen Institut mit den Erscheinungen bekannt, die Prof. v. KRIES in seiner Arbeit über die Wirkung kurz dauernder Lichtreize auf das Sehorgan¹ beschrieben hat. Nur über einen Theil dieser Erscheinungen besteht eine genügende Uebereinstimmung aller Autoren, die sich mit dem Gegenstand beschäftigt haben; in wichtigen Beziehungen dagegen sind namentlich die von KRIES gemachten Angaben neuerdings von HESS² bestritten worden. Ich folgte daher gern dem Vorschlage des Herrn Prof. v. KRIES, einige Versuche in dieser Richtung anzustellen und dabei mein Augenmerk auf die zwischen ihm und H. controvers gebliebenen Punkte zu richten. Es sind dies hauptsächlich zwei; erstens beschreibt v. Kr. das nachlaufende Bild als ein in der Regel schwach complementär gefärbtes, während es nach HESS dem primären Bild gleichfarbig sein soll; zweitens soll nach Kr. die Erscheinung an der Stelle des deutlichsten Sehens fehlen, so daß bei bewegtem Object das nachlaufende Bild einen mäßig großen centralen Bezirk zu überspringen scheint, bei kurz dauernder Belichtung der periphere Reiz eine in zwei Theile auseinanderfallende („doppelschlägige“) Empfindung, der centrale dagegen nur eine einfache liefern soll; dieser Unterschied des centralen und peripheren Bezirks wird von HESS überhaupt geleugnet und die betr. Angabe auf gewisse Täuschungen und Beobachtungsfehler zurückgeführt.

¹ *Zeitschr. f. Psychol.* XII, S. 81.

² HESS, Experimentelle Untersuchungen über die Nachbilder bewegter leuchtender Punkte. *Archiv f. Ophthalmologie* XLIV, 3, S. 445.

Sehr leicht konnte ich mich nun davon überzeugen, daß bei den in Freiburg benutzten Versuchseinrichtungen die Erscheinungen überzeugend so aussahen, wie sie v. Kr. beschrieben hat. In beiden Beziehungen ist von Hess auf gewisse Täuschungsquellen hingewiesen worden. Die ohne große Schwierigkeit auszuführende Aufgabe bestand darin, die Methode so zu modificiren, daß diese Täuschungsquellen vollkommen ausgeschlossen würden und zu prüfen, ob die Erscheinungen dabei unverändert blieben oder sich etwa in der Weise modificirten, wie dies im Sinne der Angaben von Hess erwartet werden könnte.

Ich schicke einige allgemeine Bemerkungen über die benutzte Methode voraus. Da die Verwendung homogener spectraler Lichter, wie aus den früheren Beobachtungen bekannt ist, im Allgemeinen entbehrt werden kann und jedenfalls für die eben erwähnten Fragen ganz ohne Belang war, so habe ich auf die umständlichen, von Kr. früher beschriebenen Einrichtungen ganz verzichtet und mich ausschliesslich des nachstehend kurz beschriebenen, im Freiburger Institut seit einigen Jahren benutzten aber noch nicht publicirten Apparates bedient. Derselbe, in Fig. 1 im Grundriss, in Fig. 2 in Vorderansicht dargestellt, besteht aus einem grossen

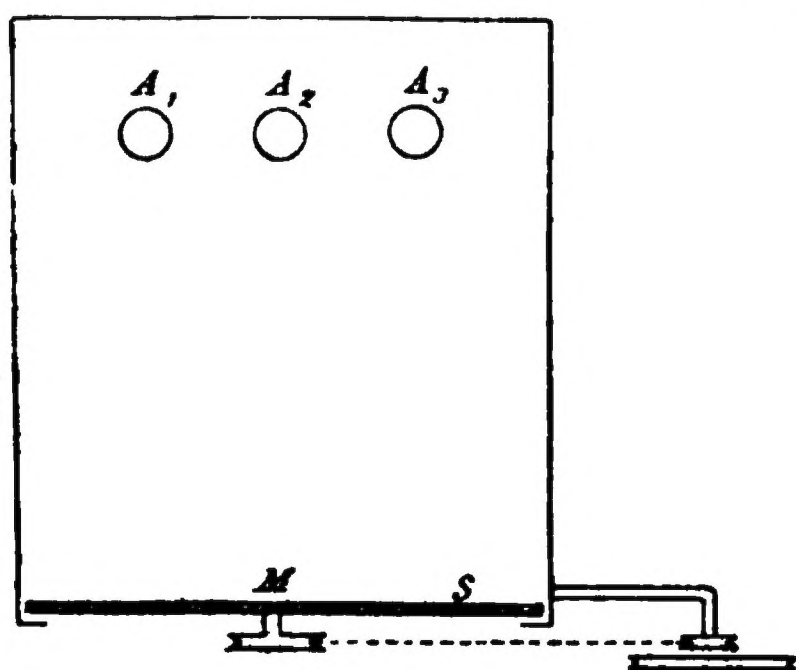


Fig. 1.

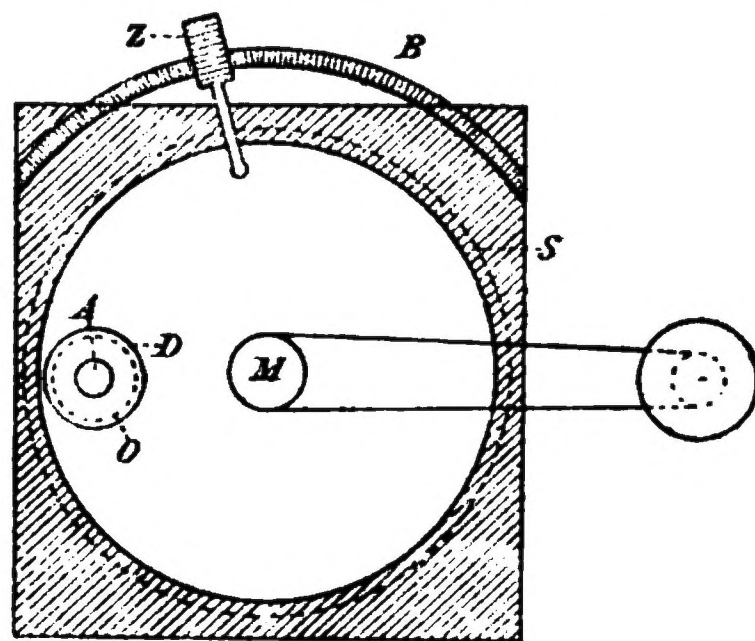


Fig. 2.

Kasten von starkem Eisenblech, ca. 45 cm hoch und breit, 62 cm tief. Nahe der hinteren Wand sind drei Auerbrenner angebracht (A_1 , A_2 und A_3 in Fig. 1), über deren Cylindern der Deckel des Kastens lichtdicht behandelte Schornsteine trägt. Die Hinterwand des Apparats ist als Thür zu öffnen und zu schliessen und von hier aus werden die Brenner entzündet. Uebrigens hat jeder der Brenner seinen besonderen ausserhalb des Apparats angebrachten Hahn und ist jeder mit einer Zündflamme versehen; auf diese Weise ist es möglich, während der Versuche und ohne

die Thür zu öffnen zwischen einer Beleuchtung mit einer, zwei und drei Flammen zu wechseln. Die dem Beobachter zugekehrte Vorderwand des Apparats besteht in der Hauptsache aus einer verticalen runden eisernen Scheibe *S* von 43 cm Durchmesser (die Contur derselben ist in Fig. 2 durch die unterbrochene Linie angegeben), welche um die horizontal (in der Richtung vom Beobachter fort) durch ihre Mitte gehende Axe drehbar ist (*M* in Fig. 2). Die feste Vorderwand der Apparats ist entsprechend kreisförmig ausgeschnitten und greift über die drehbare Scheibe soweit über, daß bei dem sehr geringen Abstände der einander zugekehrten Flächen an der Peripherie keine merklichen Mengen von Licht herausdringen.

Um die specielleren Versuchsbedingungen möglichst leicht und in mannigfaltigster Weise wechseln zu können, besitzt die Scheibe nahe ihrer Peripherie eine kreisrunde Oeffnung (*O* in Fig. 2) von 7,5 cm Durchmesser; diese kann mit einer genau darauf passenden Zinkblechscheibe *D* bedeckt werden, in der erst der eigentlich als helles Object dienende Ausschnitt *A* angebracht ist. Solcher Scheiben steht ein größerer Vorrath mit einfachen und doppelten Oeffnungen verschiedener Größe zur Verfügung. Die lichtdichte Befestigung der Blechscheiben geschieht jetzt¹ einfach so, daß dieselben mit zwei Federn ange-drückt werden; der Rand der Oeffnung ist mit schwarzem Tuch bedeckt; auf diese Weise hat man lichtdichten Verschluss und zugleich ist die Auswechselung der Blechscheiben in bequemster Weise ermöglicht. Diese Scheiben selbst tragen auf ihren Hinter-flächen leichte Quetschfedern, vermöge deren Milchgläser, Rauch- und farbige Gläser oder auch kleine Flüssigkeitströge bequem aufgesetzt werden können. Auf diese Weise gelingt denn die Herstellung scharf umgrenzter bewegter heller Felder von verschiedenen Farben und Lichtstärken, die in großer Mannich-faltigkeit variirt werden können. Ein Milchglas muß natürlich immer verwendet werden, weil sonst das Feld bei seiner Be-wegung die Helligkeit erheblich verändert. Für die Bewegung der Scheibe ist dann seitlich am Apparat in der aus Fig. 1 und 2 ersichtlichen Weise eine Uebersetzungsscheibe angebracht. Ein Elektromotor mit Centrifugalregulirung trieb unter Einschaltung

¹ Ich selbst benutzte noch eine etwas umständlichere Einrichtung, von deren Beschreibung abgesehen werden darf.

dieser die Scheibe meistens so, daß ca. eine Umdrehung auf 1,5 Sec. kam.

Zu erwähnen ist endlich noch der Kreisbogen *B* (Fig. 2), der mit einem oder zwei Fixirzeichen tragenden Schiebern versehen ist. In der Figur ist nur einer (*Z*) dargestellt. Ein auf dem Bogen gleitender Schieber trägt zwei Kupferdrähte, deren Spitzen durch eine feine Platindrahtschlinge verbunden sind. Diese, durch einen Accumulator mit passendem Widerstand in ganz schwaches Glühen gebracht, dient im verdunkelten Raum als Fixirzeichen. Diese Marken sind in der Benutzung sehr bequem, jedoch insofern nicht immer einwandsfrei, als das Zeichen selbst und die Kupferdrähte einen freilich nur sehr kleinen Theil des umlaufenden hellen Objects verdecken. Für die eine meiner Aufgaben, die die Farben der nachlaufenden Bilder betrifft, war dies ohne Bedeutung. Für die Prüfung des centralen Fehlens (s. u.) wurden diese Zeichen nicht benutzt.¹

Um zunächst hinsichtlich der Farbe der nachlaufenden Bilder zu einer jeden Zweifel ausschließenden Entscheidung zu gelangen, verfuhr ich so, daß ich zwei Oeffnungen anwandte, von denen die eine gelbes, die andere blaues Licht durchließ. Natürlich müssen die Oeffnungen radial gegen einander stehen, so daß sie bei der Drehung neben einander (nicht hinter einander) laufen; zweckmäfsig läßt man einen kleinen Abstand zwischen ihnen. Dem gelben Licht die passende Intensität zu geben, ist sehr leicht. Dagegen stiefs ich beim Blau auf Schwierigkeiten, weil die zur Verfügung stehenden Milchgläser alle ziemlich gelb waren und bei Anwendung von alkalischen Kupferlösungen das blaue Licht zu schwach wurde. Am besten kam ich schliesslich zum Ziel, indem ich die Oeffnung blos mit dem sehr stark durchscheinenden dunkelblauen Papier der ROTHE'schen Sammlung (zum Farbenkreisel) bedeckte. Ich erzielte so ein recht gesättigt blaues Feld, welches ein vorzügliches nachlaufendes Bild gab. Ohne Schwierigkeit war das Gelb so abzustufen, daß das von ihm herrührende nachlaufende Bild etwa die gleiche

¹ Wer sich von den Erscheinungen überhaupt eine Anschauung verschaffen will, kann übrigens die glühenden Platindrähtchen ganz wohl auch benutzen, um das centrale „Springen“ des nachlaufenden Bildes zu beobachten. Denn bei passendem Abstand des Beobachters (1 — 1,5 m) taucht das nachlaufende Bild in einem so erheblichen Abstand vom Fixirzeichen unter, daß an einen Einfluß der Verdeckung des Objects durch die Kupferdrähte nicht zu denken ist.

Lichtstärke zu haben schien. Hier liefs sich nun die Farbe der nachlaufenden Bilder vortrefflich beurtheilen, am besten wenn die Anordnung so getroffen wurde, dafs beide in mäßigem Abstände, das eine ausen, das andere innen von der Fixirmarke vorbeiglitten. Das Ergebnifs war dann auch vollkommen klar und eindeutig: das Nachbild des gelben Objects war schön blau, das des blauen minder gesättigt gelblich. Dafs bei Anwendung eines homogenen (spectralen) Blau das Gelb des Nachbildes sich noch etwas kräftiger hätte erzielen lassen, darf wohl vermuthet werden.¹ Im Hinblick auf theoretische Fragen ist jedoch die hier gemachte Feststellung genügend und entscheidend. Denn es mufs allerdings zugegeben werden, dafs die Farbenangabe hinsichtlich des einzelnen nachlaufenden Bildes durch die Betonung subjectiver Täuschungsmöglichkeiten aus psychologischer Ursache (wie dies hier einmal seitens der HERING'schen Schule geschieht) in Zweifel gezogen werden kann. Dagegen wüfste ich nicht, in welchem Sinne ein ähnlicher Zweifel gegenüber der hier beobachteten Farben-Differenz geltend gemacht werden könnte, und mit welcher Unsicherheit etwa noch der Satz behaftet sein sollte, dafs diese Farbendifferenz derjenigen der primären Bilder dem Sinne nach entgegengesetzt ist. Das also läfst sich ohne Widerrede sagen, dafs die Färbungen der primären Bilder diejenigen der nachlaufenden im entgegengesetzten Sinne modificiren. Danach sind wir auch in der Lage, anzugeben, mit welchen Einschränkungen der Satz von der complementären Färbung der nachlaufenden Bilder aufgestellt werden kann. Zu beachten ist nämlich erstens, dafs die Färbung überhaupt nur dem Sinne (nicht aber der Sättigung) nach dem primären Bilde complementär genannt werden kann. Ausserdem aber ist die Farbe durchweg etwas gegen das Blau verschoben: bei rein weifsem primärem Felde erscheint das nachlaufende den meisten Personen bläulich gefärbt.² Hieraus erklärt sich denn, dafs eine deutlich gelbe Färbung des Nachbildes nur bei sehr gesättigtem Blau des primären erhalten wird, während bei nur mässiger Sättigung des (primären) Gelb das (nachlaufende) Blau überraschend schön

¹ Dies ist in der That, wie der Vergleich mit der früher von mir benutzten Anordnung lehrt, ganz zweifellos der Fall. v. KRIES.

² Vgl. hierüber und über die Einschränkung, mit der die durch Reizung der Stäbchen hervorgerufene Empfindung farblos genannt werden darf die Ausführungen von KRIES, *Zeitschr. f. Psychol.* IX, S. 87 Anm.

ist. Es erklärt sich so wohl auch die zusammenfassende, übrigens seine eigenen Beobachtungen nur unvollkommen wiedergebende Angabe BIDWELL's, in der die Färbung des „ghost“ als „generally violet“ bezeichnet wird.

Der zweite Punkt, bez. dessen ich eine genauere Untersuchung anstellte, war die von KRIES angegebene Thatsache, daß das Nachbild einen gewissen, den Fixationspunkt umgebenden centralen Bezirk überspringt. Von der Richtigkeit dieser Angabe auch für mein Auge habe ich mich durch vielfache Beobachtung überzeugt. Auch kann ich bestätigen, daß, wie v. KRIES neuerlich angegeben hat, die gleiche Erscheinung excentrisch nicht gesehen wird; über ein excentrisch angebrachtes Lichtzeichen von gleicher Art wie das als Fixationsmarke dienende, läuft vielmehr das Bild continuirlich hinüber. Es kann also wohl kaum (mit HESS) angenommen werden, daß das „Springen“ auf irgend einem störenden Einfluß des Fixirlichts beruhe. Ich habe versucht, ähnlich wie es PERTZ gethan hat, die Größe des centralen Bezirks zu ermitteln, in dem die eigenthümliche Duplicität des Reizungseffects bei kurzer Belichtung fehlt, und auch hierbei die Möglichkeit einer Beeinträchtigung durch das Licht des Fixirzeichens auszuschließen. Zu diesem Zwecke verfuhr ich so, daß vor die rotirende Scheibe des oben geschilderten Apparates eine zweite mit schmalem horizontalem Spalt fest aufgestellt wurde. Man erhält auf diese Weise an einer bestimmten Stelle des Gesichtsfeldes ein kurzes Aufleuchten (einmal bei jedem Umgang der rotirenden Scheibe). Um diese Erscheinung in verschiedene Stellen des Gesichtsfeldes zu bringen wurde durch ein planparalleles Deckgläschen beobachtet, welches, schräg aufgestellt, das virtuelle Bild eines sehr kleinen Glühlämpchens mit dem aufleuchtenden Object in die gleiche Ebene brachte. Das Glühlämpchen war an einem horizontalen Arm befestigt und um eine, etwa durch das Auge des Beobachters gehende verticale Axe beweglich, sodaß man das Fixirzeichen in horizontaler Richtung über das zu beobachtende Object (das aufleuchtende Feld) wandern lassen konnte. Diese, der PERTZ'schen Versuchsanordnung im Wesentlichen gleichkommende Einrichtung wurde nun insofern modificirt, als neben einander zwei Glühlämpchen angebracht wurden. Im Gesichtsfeld befinden sich nun in der, durch Fig. 3 dargestellten Weise zwei gleiche Lichtzeichen L_1 und L_2 und das intermittirend aufleuchtende Object

O zwischen ihnen. Der Abstand der beiden Lämpchen wurde dabei so gewählt, daß das nicht fixirte der Stelle sehr nahe kam,

$$\frac{L_1}{\cdot} \quad \underline{O} \quad \frac{L_2}{\cdot}$$

Fig. 3.

wo das zweite Aufleuchten in den nur mit einem Lichtzeichen ausgeführten Vorversuchen aufzutreten anfang. Es war dazu ein Abstand der Zeichen von 3 cm passend. Während nun das eine der Zeichen fixirt wird, kann man das Object allmählich von diesem entfernen, wobei es sich dann dem andern um ebensoviel annähert. Die Beobachtung lehrte sehr deutlich, daß die Hinzufügung des zweiten Zeichens an der Erscheinung nichts ändert. Das zweite Aufleuchten (hier blau) fehlt, wenn das Object dem fixirten Zeichen nahe steht; hat es sich um eine gewisse Strecke davon entfernt, so wird das zweite Aufleuchten bemerkbar, wiewohl das Object nun dem zweiten (nicht fixirten) Zeichen sehr nahe steht, und bleibt vollkommen deutlich beobachtbar, wenn das Object diesem noch weiter annähert oder mit ihm zur Deckung gebracht wird. Selbstverständliche Voraussetzung für diese Versuche ist freilich, daß man die Lichtzeichen nicht überschüssig stark macht; den an einer Glasfläche gespiegelten kleinen Glühlämpchen kann man sehr leicht die für den Versuch geeignete geringe Lichtstärke geben. Als Ergebnis dieser Versuche kann ich, im Mittel sehr zahlreicher Einzelbeobachtungen, anführen, daß, um das zweite Aufleuchten bemerkbar zu machen das Object lateral etwa 2,14, medial etwa 2,6 cm vom Fixirzeichen abstehen mußte. Der der betr. Function entbehrende Bezirk berechnet sich hiernach auf eine Größe, die auf 1 m Abstand proficirt 47—57 mm¹ ausmachen würde, d. h. rund 3°, in naher Uebereinstimmung mit den Ergebnissen von PERTZ.

Wenn es erlaubt ist, den mitgetheilten Versuchen trotz ihres geringen Umfanges Einiges über die daraus etwa zu ziehenden Schlüsse hinzuzufügen, so dürfte Folgendes zu sagen sein. Die zuletzt mitgetheilte Thatsache ergiebt, daß eine gewisse eigenartige Functionsweise, auf der die zeitlich doppelte Reizwirkung

¹ Je nachdem man annehmen will, daß die Erscheinung schon bemerkbar wird, wenn das Object nur zum kleinsten Theil oder erst wenn es ganz außerhalb des betr. Bezirks fällt, zwei extreme Annahmen, zwischen denen die Wahrheit wohl irgendwo in der Mitte liegen wird.

kurz dauernden Lichter beruht, in einem kleinen centralen Netzhautbezirk nicht nachgewiesen werden kann. Will man hieraus Schlussfolgerungen bez. des Fehlens bestimmter anatomischer Apparate oder bestimmter chemischer Substanzen knüpfen, so wird man immer beachten müssen, daß die Beobachtung doch wohl nur eine beschränkte Empfindlichkeit besitzt und in dieser Hinsicht mit manchen andern nicht verglichen werden kann. Stimmen also auch die Beobachtungen unverkennbar gut zu der von KRIES vertretenen Annahme, daß das nachlaufende Bild auf der Action des central fehlenden „Dunkelapparates“ beruhe, so würde ich doch nicht wagen, sie als strengen Beweis für das absolute Fehlen desselben im Centrum zu betrachten. Und stände ein solches absolutes Fehlen in einem centralen Bezirk aus anderen Gründen fest, so würde ich die von mir gefundenen Maasse nicht für exacte Maasse dieses des Dunkelapparats vollkommen entbehrenden Bezirks zu nehmen wagen. Mit den erwähnten theoretischen Anschauungen sind also meine Beobachtungen in gutem Einklang ohne jedoch zu ihrer genaueren Präcisirung in manchen vielleicht noch discutirbaren Punkten dienen zu können. Einer Erörterung darüber, welche Unterschiede zwischen der centralen und der peripheren „schwarz-weißen Sehsubstanz“ angenommen werden müßten, um die That-sachen zu erklären, glaube ich mich enthalten zu sollen. Ich habe endlich noch anzuführen, daß ich unmittelbar vor Abschluß dieses Manuscripts in den Besitz einer Arbeit von HAMAKER¹ gelangte, welche erfreulicher Weise die hier behandelten Eigenthümlichkeiten der nachlaufenden Bilder in einer mit unseren Erfahrungen durchaus übereinstimmenden Weise schildert. Auch er constatirt insbesondere das Fehlen des nachlaufenden Bildes im centralen Netzhautbezirk.

¹ H. C. HAMAKER, Over Nabeelden. Proefschrift. Utrecht 1899.

(Eingegangen am 13. Februar 1899.)
