

(Aus dem Physiologischen Institut zu Freiburg i. Br.)

Ueber die im Netzhautcentrum fehlende Nachbilderscheinung und über die diesen Gegenstand betreffenden Arbeiten von C. HESS.

Von
J. VON KRIES.

So sehr ich die Weiterspinnung einer unerfreulichen und auf die Dauer wohl kaum noch sehr fruchtbringenden Polemik bedauere, möchte ich doch auf die letzten gegen mich gerichteten Arbeiten von HESS nochmals erwidern¹, vor Allem, weil ich im Hinblick auf die Nachprüfung der zwischen uns streitigen Beobachtungsthatsachen eine etwas eingehendere Besprechung der Methodik für geboten erachte. — HESS bestreitet, wie dem Leser Erinnerung sein wird, die von mir gemachte und außer von meinen Mitarbeitern auch von HAMAKER bestätigte Angabe, daß ein gewisses bei kurzdauernder Belichtung der Netzhaut auftretendes Phänomen an der Stelle des deutlichsten Sehens fehle. Und zwar handelt es sich um die unter dem Namen des PURKINJE'schen (positiv complementären) Nachbildes bekannte Erscheinung, eine der ersten Erregung nach ca. $\frac{1}{5}$ Sec. folgende secundäre, die im Allgemeinen eine zu der primären complementäre Farbe zeigt und von dieser durch ein kurzes Dunkelintervall getrennt ist.

Das Phänomen ist, woran hier auch noch gleich erinnert sei, in doppelter Form beobachtet: entweder bei kurzdauernder

¹ HESS. Zur Kenntniss des Ablaufes der Erregung im Sehorgan. *Diese Zeitschrift* 27, S. 1.

Derselbe. Bemerkungen zur Lehre von den Nachbildern und der totalen Farbenblindheit. *Archiv für Augenheilkunde* 44, S. 245.

Erleuchtung eines ruhenden Objects als ein zweites, dem primären in dem genannten kurzen Intervall nachschlagendes Aufleuchten, oder bei einem im Gesichtsfeld bewegten Object als ein zweites, diesem scheinbar in einem gewissen Abstände folgendes Bild (in dieser besonders charakteristischen Form als nachlaufendes Bild, *recurrent vision*, *ghost*, *Satellit* etc. benannt).¹ Für beide Methoden habe ich das Fehlen der Erscheinung an der Stelle des deutlichsten Sehens angegeben; im letzteren Falle in der Form, daß das nachlaufende Bild den centralen Bezirk zu überspringen scheint.

Meine Beobachtungen sollen nun nach H. fehlerhaft sein, erstlich insofern, als die von mir benutzten Fixirmarken den centralen Bezirk ermüdet hätten; zweitens weil die periodische Wiederholung der Reize in Intervallen von ca. 1,5 bis 2 Sec. durch die Einmischung der späteren (über mehrere Secunden sich erstreckenden) Nachbildphasen die Wahrnehmung der Erscheinung beeinträchtigte.

Die letztere dieser Annahmen trifft nun schon aus dem Grunde nicht zu, weil ich meine Versuche sehr häufig auch mit Einzelreizen in ganz großen Intervallen (ohne periodische Wiederholung) ausgeführt habe. Gegen beide Einwände ist aber zu bemerken, daß sie nur unter der höchst unwahrscheinlichen und gänzlich unbewiesenen Voraussetzung gültig sein würden, daß das Netzhautcentrum eine sehr hochgradige und insbesondere über die der Peripherie weit hinausgehende Ermüdbarkeit besäße. Denn unter genau den nämlichen Umständen, unter denen die Erscheinung central fehlt, ist sie paracentral aufs Beste sichtbar.

Trotzdem habe ich nicht unterlassen wollen, die Versuche in Formen zu wiederholen, bei denen jene „Fehlerquellen“ ausgeschlossen sind. Hierüber will ich im Folgenden berichten, doch möchte ich einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken.

Am leichtesten ist es natürlich zu bewirken, daß die einzelnen Versuche in beliebig großen Pausen auf einander folgen. Wenn man das helle Object mit der Hand in Bewegung setzt oder das ruhende Object durch irgend eine passende mit der Hand regierte

¹ Es stellt in der Bezeichnung von HESS (*Archiv f. Ophthalmologie* 51, S. 229) die dritte Phase des Nachbildverlaufs dar und darf also namentlich nicht mit seiner (positiv gleichfarbigen) Phase 5 verwechselt werden, die der primären Erregung in erheblich größerem Zeitabstand folgt.

Vorrichtung für einen Moment aufdeckt, so ist man in jener Hinsicht ganz unbeschränkt. Man sollte indessen für die schwierigeren subjectiven Beobachtungen den Vorthail nicht unterschätzen, den die gleichmässig periodische Wiederholung des gleichen Vorganges durch eine mechanische Vorrichtung besitzt. Ich möchte namentlich dem in solchen Versuchen noch wenig Geübten immer rathen, sich zuerst an solchen Beobachtungen zu orientiren, die durch die periodische Wiederholung und das Fehlen irgend welcher dem Beobachter selbst obliegenden Hantirung erleichtert sind. Schon hierbei kann man natürlich nach einer Reihe excentrischer Beobachtungen den Blick plötzlich auf die Stelle des Objects richten und sich überzeugen, was hier bei dem ersten Aufleuchten oder dem ersten Vorübergang gesehen wird. Mag die periodische Wiederholung der Reize hier die Beobachtung etwaiger späterer Nachbildstadien beeinträchtigen, so ist doch sicher, daß der Ablauf der Erscheinungen unmittelbar nach der primären Erregung, auf den es uns hier allein ankommt, nicht durch das Bestehen weiterer Lichtreize modificirt sein kann.

Im Uebrigen wird man Anordnungen am nützlichsten finden, die zwischen dem Verfahren periodisch wiederholter und beliebig zu gebender einzelner Reize leicht abzuwechseln. Ich habe neuerdings meine Versuche grossentheils mit einem Projectionsapparat gewöhnlicher Art ausgeführt, der so eingerichtet war, daß er nur sehr wenig diffuses Licht ins Zimmer gelangen liefs. Läßt man eine in einer drehbaren Scheibe angebrachte Oeffnung abbilden, so kann man das auf dem Schirm entworfene helle Bild nach Belieben in Bewegung bringen, sei es, daß man die Scheibe durch einen Motor in regelmässige Rotation versetzt, sei es, daß man sie mittels eines passenden Schnurlaufs mit der Hand kleinere oder grössere Bewegungen ausführen läßt. Eine vor dem Projectionskopf sich drehende Scheibe mit Schlitz gestattet ein Feld für sehr kurze Zeit aufleuchten zu lassen. Auch hier steht ohne Schwierigkeit ein Verfahren mit Einzelreizungen neben dem mit periodischen Wiederholungen zu Gebote. Ich habe diese Versuchsanordnungen neben vielen anderen (auch den Momentverschlüssen) verwendet.

Wie weit es möglich ist auf die von HESS beanstandeten Fixirmarken zu verzichten, wird bei den einzelnen Verfahrensweisen zu erwähnen sein. Im Voraus aber ist hier noch ein

anderer Punkt, eine besondere Kategorie bei diesen Beobachtungen zu beachtender Täuschungsmöglichkeiten zu berühren.

Die hier gestellte Aufgabe, das locale Fehlen einer bestimmten Functionsweise nachzuweisen, hat grofse Aehnlichkeit mit der anderen wohlbekannten, einen localen vollständigen Functionsausfall, ein kleines Skotom, nachzuweisen; ja man kann auch hier geradezu von einem relativen Skotom reden, indem man durch das Wort relativ ausdrückt, dafs der Defect sich auf eine ganz bestimmte Function, event. also auf einen bestimmten Zeitpunkt beziehen soll. Nun ist es bekannt, dafs der Wahrnehmung solcher Skotome, etwa als Lücken oder Unterbrechungen eines in Wirklichkeit stetig erstreckten Gegenstandes, gewisse Umstände cerebralen Verhaltens entgegenstehen. Wie man diese auffassen, ob und in welchem Sinne man von einer Ergänzung, einer „subjectiven Ausfüllung“ des Skotoms reden will, ist dabei gleichgültig; jedenfalls ist Thatsache, dafs man vielfach die bei einem realiter vorhandenen Skotom zunächst zu erwartende Unterbrechung nur schwierig oder auch gar nicht constatiren kann. Es ist ferner hier auch an die bekannten Erfahrungen zu erinnern, die man bei dem sogen. Schnellseher macht, bei dem man ja auch die objectiv nicht sichtbaren Zwischenstadien eines Bewegungsvorganges in so zwingender Weise wahrnimmt, dafs es völlig unmöglich ist, sich ihr Fehlen und das Intermittirende (Springende) der gesehenen Bewegung zur Perception zu bringen. — Es ist ein glücklicher Umstand, dafs wir bei gut dunkeladaptirtem Auge in dem Netzhautcentrum ein relatives Skotom gegenüber lichtschwachen Objecten besitzen. Hier kann man sich von der fovealen Unsichtbarkeit eines kleinen Objects leicht direct überzeugen und indem man kleinere oder gröfsere ruhende oder bewegte Gegenstände in einer foveal sicher unsichtbaren Helligkeit beobachtet, kann man sich sehr werthvolle Controlversuche verschaffen. Man sollte, ehe man sich berechtigt hält, unter irgend welchen Umständen aus dem Fehlen einer wahrnehmbaren Lücke auf das Fehlen des Skotoms zu schliessen, nicht unterlassen, sorgfältig zu erwägen und sich durch derartige Controlversuche darüber zu vergewissern, ob man bei bestehendem Skotom die sichere Wahrnehmbarkeit der Lücke erwarten kann.

Ich wende mich nach diesen Vorbemerkungen zu der Besprechung der einzelnen Beobachtungsmethoden, wobei dem oben

Gesagten entsprechend auf die Entbehrlichkeit der Fixirmarke besonders Rücksicht zu nehmen sein würde. Ich beginne mit denjenigen Verfahrungsweisen, bei denen es sich um Beobachtung eines momentan aufleuchtenden (ruhenden) Objects handelt.

Das einfachste Verfahren besteht darin, ein kleines Object zu wählen, so daß es auch bei kleinen Schwankungen des Blicks noch ganz foveal abgebildet werden kann. Ist die Helligkeit so gewählt, daß man excentrisch das secundäre Aufleuchten als ein deutlich getrenntes gut wahrnimmt, so kann man mit der größten Schärfe constatiren, daß dieses fehlt, sobald das Object mit dem Netzhautcentrum gesehen wird.¹ Diese Beobachtung haben PERTZ und SAMOJLOFF mit Benutzung einer Fixirmarke gemacht. Ich habe sie neuerdings vielfach wiederholt; sie läßt sich (ohne die geringste Aenderung des Erfolges) auch so ausführen, daß das Object in die Mitte zwischen zwei Lichtpünktchen kommt. Läßt man das Object wiederholt aufleuchten, so kann man auch (sofern ein wenig diffuses Licht im Gesichtsfeld ist) sehr gut nach einigen excentrischen Beobachtungen den Blick ganz ohne irgend welche besonderen Marken mit genügender Genauigkeit auf die betr. Stelle richten und die Erscheinung bei dem ersten dann folgenden Aufleuchten beobachten. Es gelingt also hier in der That, den Beobachtungen eine Form zu geben, bei der weder von einer Ermüdung des Centrums durch Fixirlicht, noch von Störungen durch die Wiederholung der Reize die Rede sein kann. Trotzdem kann man sich überzeugen, daß das charakteristische secundäre Aufleuchten (in $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ Sec. Intervall) jedesmal fort ist, wenn man den Blick direct auf das Object wendet; ich kann andererseits sagen, daß ich noch niemals an einem foveal abgebildeten Object diese Erscheinung (trotz wahrlich zahlreicher und sehr variirter Versuche) habe sehen können.

Obwohl nun die Beobachtung dieser Art im Grunde durchaus beweisend und einwandfrei ist, so liegt es doch nahe, sie durch einige Modificationen noch prägnanter zu gestalten. Es kann die Forderung gestellt werden, das Verhalten paracentraler

¹ Ich spreche selbstverständlich hier immer von dem secundären Aufleuchten nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ Sec., nicht etwa von einem etwa erheblich später folgenden und durch einen ganz anderen zeitlichen Verlauf charakterisirten (HESS Phase 5).

Partien und des Centrums selbst bei der nämlichen Reizung zu vergleichen; und hiermit kommen wir auf die Frage, ob man in einem secundär aufleuchtenden Bilde von größerer Erstreckung den dem Centrum entsprechenden Functionsdefect als Unterbrechung oder Lücke wahrnehmbar machen kann. Unter gewissen Umständen nun gelingt auch dies sehr schön und mit durchaus überzeugendem Erfolge. Am besten finde ich die Erscheinung dann beobachtbar, wenn ich dem Object die Form einer etwa $\frac{1}{4}^{\circ}$ bis $\frac{1}{2}^{\circ}$ breiten Linie gebe. Ist nur Helligkeit und Adaptation so gewählt, daß das secundäre Aufleuchten als ein von dem primären deutlich getrennter Nachschlag gesehen wird, so sehe ich auch vollkommen überzeugend dieses secundäre Aufleuchten central unterbrochen. Sehr häufig ist dasselbe nicht in der ganzen Erstreckung der Linie genau gleichzeitig, sondern scheint von der Peripherie gegen das Centrum fortzuschreiten. Man erhält so den Eindruck eines von beiden Seiten gegen das Centrum hinlaufenden Vorganges, der aber beiderseits in einem kleinen Abstand vom Centrum abbricht. Dieses Abbrechen ist unter günstigen Umständen so scharf zu sehen, daß man die Begrenzungsform des secundären Bildes genau angeben kann.

Auch bei diesen Versuchen nun ist die Fixirmarke entbehrlich. Man kann (bei verticaler Linie) zwei Pünktchen rechts und links zur Blickorientirung anbringen; man kann bei etwas diffusem Licht und periodischer Wiederholung die Marken auch ganz fortlassen: der Erfolg ist immer derselbe.

Es wird übrigens hier der Ort sein zu bemerken, daß, wenn von der centralen Unterbrechung eines Phänomens gesprochen wird, damit nicht gesagt ist, daß während der betr. Zeit central gar nichts gesehen wird. In vielen Fällen freilich ist das so; die centrale Lücke der Linie hebt sich dann im Moment des secundären Aufleuchtens nicht merkbar von der Umgebung ab. Doch möchte ich die Angabe HAMAKER's nicht bestreiten, daß in der gleichen Zeit die complementäre Farbe auch central als tief dunkles negatives Nachbild gesehen werden kann. Nimmt man die Lichtstärken relativ groß, so kann auch central noch eine gewisse Helligkeit gesehen werden, gerade wie dann bei bewegtem Object das primäre Bild bis an das nachlaufende heran sich erstrecken kann.

Ich möchte über diese Dinge, die mit dem Verlaufe der fovealen Nachbilder resp. der Nachbilder im Zapfenapparat zusammenhängen, hier keine detaillirten Angaben machen; sie sind hier auch ohne Belang. Das was central fehlt, ist das zeitlich scharf markirte charakteristische Aufleuchten (wie es zu erwarten ist, wenn ein central fehlender Apparat die Helligkeitsempfindung liefert). Im Allgemeinen ist das allerdings so sehr

das Ueberwiegende und Maafsgebende der ganzen Erscheinung, dafs man ohne erläuternden Zusatz von einer Lücke oder einem Springen eines bestimmten Nachbildes reden darf.

Während unter den angegebenen Umständen die Erscheinung vortrefflich und ganz in der theoretisch erwarteten Weise zu sehen ist, genügen aber scheinbar geringfügige Motificationen, um die analoge Wahrnehmung weit schwieriger oder ganz unmöglich zu machen. Schon wenn man statt der einen Linie zwei sich rechtwinklig durchkreuzende nimmt und den Blick auf den Schnittpunkt gerichtet hält, ist es weit schwieriger in dem secundären Aufleuchten die Unterbrechung beider Linien zu constatiren. Nimmt man aber ein Feld, das sich über einen bedeutenden Theil des Gesichtsfeldes erstreckt, so kann man die centrale Lücke des secundären Aufleuchtens in der a priori zu erwartenden Form (als runder dunkler Fleck) in der That nicht sehen. Was man hier eigentlich sieht, ist sehr schwer anzugeben; ich möchte eigentlich nur sagen, dafs der ganze Ablauf der Vorgänge zu verwickelt und verwirrend ist, als dafs man Einzelnes herauserkennen könnte. — Gerade hier ist es nun instructiv, die Beobachtung von Objecten einer foveal unsichtbaren Helligkeit (bei dunkeladaptirtem Auge) zum Vergleich heranzuziehen. Ein kleines Object dieser Art durch directe Fixation zum Verschwinden zu bringen, gelingt bekanntlich dem einigermaafsen Geübten sehr leicht. Eine centrale Unterbrechung eines gröfseren Objectes kann dagegen bei dauernder Betrachtung wohl Niemand mit Sicherheit bemerken. Macht man Objecte dieser Art momentan sichtbar, so ist bei schmalen Linien die centrale Lücke sehr gut (mit oder ohne Fixirmarke) zu sehen. Man benutze nun aber ein gröfseres Feld und man wird erstaunt sein, wie viel schwerer es hier ist den Ausfall des Centrums zu constatiren. Wer von der Existenz des Skotoms unterrichtet ist, wird wohl ab und zu den erwarteten Fleck sehen; manche gute Beobachter haben mir die Sichtbarkeit desselben entschieden bestritten; ich für mein Theil finde die Beobachtung auch hier so schwierig, dafs ich auf Grund dieses Versuchs jedenfalls nicht wagen würde, die Existenz eines Skotoms zu behaupten.

Bedenkt man, dafs die analoge Beobachtung für das secundäre Bild noch durch die lückenlose Erstreckung des unmittelbar vorausschlagenden primären Aufleuchtens in hohem Grade

erschwert ist, so wird man sich nicht wundern, wenn hier die Constatirung der Lücke nicht gelingt.

Die eigenthümlichen Hindernisse, mit denen bei Beobachtungen dieser Art zu rechnen ist, werden auch noch durch eine andere Versuchsmodalität illustriert, die ich hier nicht unerwähnt lassen möchte. Hat man sich überzeugt, daß an einem direct fixirten kleinen Object das secundäre Aufleuchten fehlt, während es paracentral vorhanden ist, so liegt es nahe 3 Objecte, z. B. drei in einer Linie angeordnete kleine Feldchen zu benutzen, von denen das mittlere auf die Stelle des deutlichsten Sehens fällt. Man kann erwarten, nunmehr in dem secundären Aufleuchten das Fehlen des mittleren mit besonderer Deutlichkeit wahrzunehmen. Stellt man aber den Versuch in dieser Form an, so bemerkt man mit Ueberraschung, daß es außerordentlich schwierig ist, dies zu constatiren; ja man hat sogar zuerst in einer ganz verblüffenden Weise den Eindruck, als ob nun auch das mittlere (fixirte) Feldchen gleichzeitig mit dem secundären Aufleuchten der excentrischen Feldchen sichtbar sei. Diese Täuschung kann man dadurch überwinden, daß man seine Aufmerksamkeit ganz ausschließlich diesem mittleren Object zuwendet, wobei man dann wieder das Fehlen des charakteristischen Nachschlages bemerkt. Der Grund der Sache liegt offenbar darin, daß es unmöglich ist, genau gleichzeitig, für einen bestimmten Moment mehreren disparaten Netzhautstellen die volle hier erforderliche Aufmerksamkeit zuzuwenden. Hierin liegt der große Vorzug, den die Wahrnehmung der Lücke in der stetig erstreckten Linie besitzt. Denn hier kann man die Aufmerksamkeit auf einen derjenigen Punkte concentriren, in denen das secundäre Aufleuchten abschneidet.

Ich wende mich nunmehr zu der anderen Art der Methoden, bei denen ein bewegtes Object benutzt und das nachlaufende Bild beobachtet wird. Für die Beobachtung, daß dieses nachlaufende Bild die Stelle des deutlichsten Sehens überspringt, ist natürlich eine sichere Fixation erforderlich und ich bin daher bis vor Kurzem der Meinung gewesen, daß es kaum gelingen werde, diese Erscheinung ohne eine (foveal zu fixirende) Marke zu beobachten. In der That stößt man auf unüberwindliche Schwierigkeiten, wenn man so zu Werke gehen will, daß man die (selbst nicht markirte) Mitte zwischen 2 Lichtpunkten fixiren läßt, wenigstens wenn man die Distanz der Pünktchen ziemlich

groß nimmt. Die Versuche, die ich nebst einer Anzahl anderer Beobachter in dieser Weise angestellt habe, lehren eben nur, daß man so nicht sicher beobachten kann. Selbstverständlich ist es an sich gar nicht schwer, die Mitte zwischen 2 solchen Punkten mit leidlicher Genauigkeit zu fixiren; den Blick aber auf diese Stelle fixirt zu halten und nicht zu folgen, während ein Object von nicht unerheblicher Lichtstärke darüber hingeleitet, das ist nach meinen Erfahrungen eine nicht mit der genügenden Sicherheit erfüllbare Forderung. Man hat daher (bei umlaufendem Object) ab und zu den Eindruck das Springen ganz sicher zu sehen; dann aber glaubt man auch wieder das nachlaufende Bild an der Stelle wahrzunehmen, die es ein anderes Mal zu überspringen schien. Es ist eben keine brauchbare Methode; das schwankende Ergebniss zeigt nur, daß eine wesentliche Bedingung nicht mit der erforderlichen Sicherheit eingehalten werden kann. — Ich bin nun aber bei der neuerlichen Wiederholung dieser Versuche darauf aufmerksam geworden, daß die erforderliche Fixation sehr erleichtert wird und die Beobachtung (auch mit Fixirmarke) sicherer und leichter wird, wenn man das Object nicht über die Stelle des deutlichsten Sehens hin und weiter, sondern nur bis an diese heran oder auf sie herauf gleiten, dort aber verschwinden läßt. Man kann leicht einen Schirm vor der bewegten und durch Projection abgebildeten Oeffnung so anbringen, daß das umlaufende helle Bild an einer bestimmten Stelle verschwindet, am besten dann, wenn es das Fixirpünktchen eben vollständig passirt hat. Man hat alsdann nur auf die Stelle zu achten, wo das nachlaufende Bild untertaucht; und man sieht unter diesen Umständen, ohne die Abziehung durch das weiterlaufende Object, mit der überzeugendsten Deutlichkeit, daß das secundäre Bild nicht an der gleichen Stelle wie das primäre sondern um ein merkliches Stück vorher verschwindet. In dieser Form nun läßt sich der Versuch auch so ausführen, daß man nicht ein helles Pünktchen, sondern die Mitte zwischen zweien fixirt. Man legt diese nicht zu weit auseinander ($4-5^{\circ}$) und natürlich ihre Verbindungslinie senkrecht auf die Bahn des umlaufenden Bildes; hat man es dann so eingerichtet, daß das primäre Bild ein wenig jenseits dieser Verbindungslinie untertaucht, so sieht man mit der überzeugendsten Schärfe, daß das nachlaufende ein merkliches Stück diesseits jener Linie, also ehe es den

fixirten Punkt erreicht, wie hinter einen Schirm verschwindet. Hier gleitet das Bild ausschliesslich über Stellen, die gar nicht von den Fixirlichtern getroffen worden sind, also auch nicht durch sie ermüdet sein können. — Man kann schliesslich dem Versuch auch die Form geben, dass man eigentliche Fixirmarken ganz fortlässt. Ich habe zu diesem Zwecke auf dem die Bilder auffangenden Schirm ein grosses Blatt schwarzen Sammtes so befestigt, dass die Grenze des schwarzen und weissen Feldes die Bahn des umlaufenden Bildes rechtwinklig durchschneidet und zwar gerade an der Stelle, wo das Bild ohnehin abgeschnitten wird. Das Bild läuft auf der weissen Fläche gegen die schwarze hin, um genau am Rande zu verschwinden. Lässt man nun im Beobachtungsraum ein wenig diffuses Licht, so ist die Grenze des schwarzen und weissen Feldes nach kurzer Dunkeladaptation gut erkennbar und man kann recht gut den Punkt fixiren, wo das Bild diese Grenze erreicht. Auch so sieht man das nachlaufende Bild ein Stück vor der Grenze wie ausgelöscht verschwinden. Hier wird auch von einer Schädigung des nachlaufenden Bildes durch Contrastwirkung der Fixirpünktchen keine Rede sein können.

Es sei noch erwähnt, dass man durch mannigfaltige Controlbeobachtungen alle etwa erdenklichen Fehlerquellen ausschliessen kann. Ein rothes Bild sieht man, auch wenn es noch so lichtschwach gemacht wird, vollkommen sicher bis an die Verbindungslinie der hellen Pünktchen herangleiten und nimmt sein Verschwinden genau an der richtigen Stelle wahr. — Wendet man ferner das Auge ein wenig ab, so sieht man das nachlaufende Bild bis an die betr. Linie herangleiten; man darf hierbei natürlich nicht sehr stark excentrisch beobachten, weil sonst die Sehschärfe zu gering ist, um das, worauf es ankommt, sicher zu erkennen. Endlich kann man die das Loch tragende Scheibe auch mit der Hand in Bewegung versetzen und so einzelne Vorübergänge des Bildes mit beliebig langen zwischengeschalteten Pausen bewirken: der Erfolg ändert sich dadurch in keiner Weise.

Es bleibt mir jetzt noch übrig, die von HESS angestellten Versuche zu besprechen, bei denen eine helle Linie im Gesichtsfeld bewegt wird und deren nachlaufendes Bild beobachtet wird. H. constatirt, dass, wenn die Linie über die Stelle des deutlichsten Sehens hingleitet, eine Unterbrechung des nachlaufenden Bildes nicht wahrgenommen werden kann. Ich kann dies

im Wesentlichen bestätigen. Zieht man indessen die Bedingungen dieses Versuches in etwas genauere Erwägung, so wird man sich doch sagen müssen, daß hier, wo die Linie als eine ununterbrochene herangleitet, die Chancen für die Wahrnehmung einer für einen Moment eintretenden kleinen Unterbrechung die allernachteiligsten sind. Ich möchte wohl wissen, welcher Ophthalmolog es für ein brauchbares Verfahren halten würde, auf pathologische Skotome in dieser Weise zu prüfen! Wenn H. sich gegen diese Erwägung auf die Möglichkeit beruft, objectiv vorhandene Unterbrechungen der bewegten Linie zu sehen, so verkennt er, wie mir scheint, vollkommen das, worauf es gerade ankommt. Ist die Linie im ganzen Gesichtsfeld als eine ununterbrochene sichtbar, so ist die Lücke natürlich ebenso leicht zu bemerken, wie der objectiv vorhandene schwarze Fleck auf hellem Grunde. Eine wirkliche Anschauung von der Schwierigkeit, ein relatives Skotom als momentane Unterbrechung eines gleitenden Objectes zu constatiren, kann man sich aber in der mehrerwähnten Weise verschaffen, daß man bei dunkeladaptirtem Auge ein Object von foveal unsichtbarer Helligkeit verwendet. Läßt man eine Linie dieser Art sich durch das Gesichtsfeld bewegen und über die Stelle des deutlichsten Sehens hingleiten, so kann man ja auch erwarten, eine Unterbrechung der Linie wahrzunehmen. Die Ausführung des Versuchs lehrt aber, daß das thatsächlich nicht gelingt. Ohne Fixirmarke ist von einer Besonderheit an der Stelle des deutlichsten Sehens gar nichts zu bemerken. Benutzt man schwache Fixirlichter, so sieht man die Linien, ganz wie es H. auch für das nachlaufende Bild beschreibt, sich scheinbar etwas verbiegen; immer aber hat man den zwingenden Eindruck, daß die Linie ohne Unterbrechung über die Fixirmarke hinglitte. Die Erscheinung ist also hier, wo das (relative) centrale Skotom sicher besteht, ganz ebenso, wie beim nachlaufenden Bilde.

Mit wenigen Worten sei dann hier auch gleich die theoretische Seite dieser Frage berührt. H. behauptet, es sei unangängig, die früheren Stadien einer theoretischen Erörterung zu unterwerfen, ohne zugleich die späteren in Betracht zu ziehen. Allein dies würde doch nur dann zutreffen, wenn es sich um irgend eine Erklärung handelte, bei der ein innerer Zusammenhang der secundären und der noch späteren Nachbildstadien in Frage käme. Ein solcher Versuch ist aber weder von mir noch

von HESS gemacht worden, wie denn m. E. an irgend eine Erklärung der bei einmaliger Reizung auftretenden mehrfachen Erregungsanstiege z. Z. gar nicht zu denken ist. H. sagt zwar in gewohnter Weise, daß die gesamten Erscheinungen sich aus der Theorie der Gegenfarben in befriedigender Weise erklären.¹ Thatsächlich aber zeigt das, was H. hier anführt, lediglich, daß die Theorie überhaupt positiv complementäre Nachbilder als möglich erscheinen läßt. Aber wie es kommt, daß die „schwarz-weiße Sehsubstanz“ mit einer dreimaligen, durch 2 Dunkelintervalle getrennten Erregung reagiren soll, die farbigen Sehsubstanzen nur mit einer zweimaligen positiven (mit einem negativen Intervall) oder wie es kommt, daß bei der schwarz-weißen unter Umständen die beiden ersten Erregungen verschmolzen sind (das erste Dunkelintervall soll nur unter Umständen vorhanden sein²) darüber fehlt ja jede Vermuthung. Bei dieser Sachlage wird es wohl nicht verboten sein, festzustellen, daß in der secundären Erregung eine Anzahl von Eigenthümlichkeiten die Stäbchenfunction erkennen lassen, sich dabei aber in Erwägungen über die anderen Nachbilderscheinungen, für welche die mannigfaltigsten Möglichkeiten offen bleiben, nicht einzulassen und es in Ruhe abzuwarten, daß H. eine wirkliche Erklärung der Erscheinungen liefert, die mit der Stäbchenhypothese unvereinbar ist.

Die mitgetheilten Thatsachen gestatten die zusammenfassende Behauptung, daß das charakteristische Phänomen des secundären Aufleuchtens (die Phase 3 nach HESS' Bezeichnung) in der That an der Stelle des deutlichsten Sehens fehlt; für die einschlägigen Beobachtungen sind die von HESS angenommenen „Fehlerquellen“ durchaus belanglos; die betreffenden Momente, deren Wirkung in der von H. behaupteten Weise ohnehin äußerst unwahrscheinlich war, lassen sich ohne irgend eine Aenderung des Erfolges auch eliminiren. Bei seinen eigenen Versuchen aber ist H. dadurch getäuscht worden, daß er die der sicheren Wahrnehmung kleiner localer Functionsdefecte stets entgegenstehenden Schwierigkeiten außer Acht gelassen hat. — Bedenkt man die Mannigfaltigkeit dieser Schwierigkeiten und wie wenig es möglich ist, ihre Wirksamkeit a priori zu beurtheilen, so darf

¹ *Archiv f. Ophthalmologie* 51, S. 254.

² HESS a. a. O. S. 230.

man sich wohl berechtigt halten, zu sagen, daß die Unmöglichkeit unter gewissen Umständen eine Lücke zu sehen, kaum jemals als zwingender Beweis gegen das Skotom wird geltend gemacht werden können; wenn dagegen unter nur wenig modificirten Bedingungen die sichere Beobachtung der Lücke oder Unterbrechung gelingt, so wird man darin einen Beweis für die Existenz des Skotoms erblicken dürfen. Hier, wie ja sehr häufig, wird das positive Versuchsergebniß für beweisend in einem Sinne gelten dürfen, während ein negatives die Frage unentschieden läßt und nicht etwa als Beweis des gegentheiligen Verhaltens genommen werden darf. Ich bin veranlaßt dies hier zu betonen, weil H. einen Widerspruch darin hat finden wollen, daß ich das Verfahren der laufenden Linie in einem Falle beanstandet, in einem anderen aber selbst angewandt habe. Allein es handelte sich damals weder um die gleiche Aufgabe noch um die gleiche Methode. Das centrale Fehlen des dem primären Bilde direct angeschlossenen weißen Schweifes konnte in der Form des Springens nicht anschaulich gemacht werden und so mußte ich auf die Methode der Linie recurriren, ohne die hier bestehenden Schwierigkeiten außer Acht zu lassen. Gerade diese veranlaßten mich aber auch zur Einführung einer Modification des Verfahrens, die H. ganz mit Unrecht für unwesentlich erachtet; denn durch sie wird es vermieden, daß man die ununterbrochene Linie gegen den Fixirpunkt heranlaufen sieht. Gelingt es unter diesen Umständen, die centrale Unterbrechung des weißen Schweifes zu sehen, so war es vollkommen berechtigt, darin eine Bestätigung für das Fehlen dieser Erscheinung im Netzhautcentrum zu finden. Wer die Dinge im Zusammenhang überblickt und logisch zu denken versteht, der wird weder darin daß, oder wie ich die Verfahren angewandt, noch darin, wie ich das Ergebniß beurtheilt habe, einen Widerspruch gegen meine Auffassung der HESS'schen Versuche finden können.

HESS knüpft an seine Darstellung dieses Gegenstandes die folgende Bemerkung: „Wir begegnen also der bemerkenswerthen Thatsache, daß v. KRIES ein Untersuchungsprincip als besonders vortheilhaft empfiehlt, wenn die damit gewonnenen Ergebnisse seine Anschauungen zu stützen scheinen, daß er aber dieses Princip scharf verurtheilt, wenn damit Ergebnisse erzielt werden, die seinen Ansichten nicht entsprechen.“¹ Ich muß dies, den

¹ Diese Zeitschrift 26, S. 12.

obigen Ausführungen entsprechend, als eine ebenso unbegründete wie ungehörige Insinuation sehr entschieden zurückweisen. Und ich komme hiermit auf den zweiten Punkt, mit dem ich mich hier beschäftigen muß, den Ton und allgemeinen Charakter der H.'schen Polemik.

Dafs die H.'schen Arbeiten durch Mangel an Objectivität und einen unschönen Ton der Nichtachtung die wissenschaftliche Discussion sehr erschweren, kann wohl als bekannt gelten. In den letzten, gegen mich gerichteten Mittheilungen haben diese Eigenheiten einen Grad erreicht, der denn doch einmal eine energische Verwahrung nothwendig macht. Vor Allem muß ich Einspruch erheben gegen die ungenaue und willkürliche Art, in der H. die von mir entwickelten Anschauungen auffafst und darstellt.

Es mag genügen ein Beispiel hier in extenso anzuführen, nämlich die Erörterung der von dem total Farbenblinden gesehenen positiven Nachbilder. H. beginnt seine neueste Arbeit mit einem Satze in dem es heifst, dafs „endlich — kann man sagen — die v. KRIES'sche Schule die Unhaltbarkeit der Hypothesen zugiebt, die v. KRIES aufgestellt hatte, um das angebliche Fehlen des sogenannten PURKINJE'schen Nachbildes (dritte Nachbildphase nach Erregung der Netzhaut mit einem bewegten leuchten- den Punkte) beim total Farbenblinden zu erklären und die er später, unseren thatsächlichen Angaben gegenüber, durch die Annahme zu vertheidigen gesucht hat, wir hätten zu hohe Lichtstärken benutzt.“

Jeder Leser, der die Literatur nicht genau kennt, muß hienach glauben, es handele sich um die Berichtigung einer von mir positiv gemachten Angabe und um das Aufgeben von mir bestimmt aufgestellten und mit Entschiedenheit vertretenen Hypothese. Der geneigte Leser höre jetzt, was ich eigentlich gesagt habe. In meiner Arbeit „Ueber die Wirkung kurzdauernder Lichtreize auf das Sehorgan“ heifst es in einer Anmerkung „Ferner spricht zu ihren Gunsten“ (nämlich einer im Text neben verschiedenen anderen Vorstellungen als möglich berührten Annahme) „eine Thatsache, die ich um so weniger unerwähnt lassen möchte, als sie meinen im Voraus gehegten Erwartungen widersprochen hat. Eine total Farbenblinde, die ich kürzlich zu untersuchen Gelegenheit hatte, konnte die nachlaufenden Bilder nicht wahrnehmen. Die recht gute Beobachtungsfähigkeit des Mädchens

macht es unwahrscheinlich, daß sie es lediglich übersehen haben sollte; immerhin wird die Bestätigung an anderen Fällen abzuwarten sein.“¹

Die berichtigende Feststellung, daß auch der total Farbenblinde ein nachlaufendes Bild sehen kann, hat mich also nicht zum Aufgeben einer hartnäckig vertheidigten Hypothese gezwungen, sondern sie hat als Bestätigung der ursprünglichen Erwartung mir die theoretische Sachlage in erfreulicher Weise vereinfacht. Und sie war die Berichtigung einer Beobachtung, die ich selbst als nicht entscheidend bezeichnet hatte, die mitzutheilen ich aber mich verpflichtet fühlte, gerade weil sie der theoretischen Erwartung zuwider lief und weil ich bei der Seltenheit des Materials nicht in der Lage war sie selbst weiter zu controliren.

Wenn ich nicht sogleich nach der ersten Mittheilung von H. und HERING diese Berichtigung dankbar acceptirt habe, so hat das seinen Grund lediglich darin, daß in keiner Weise zu ersehen war, ob die Mittheilungen von H. und HERING sich wirklich auf dasselbe bezögen, was ich im Auge hatte. Damals stand ja HESS noch auf dem Standpunkt seiner älteren Arbeit (*Archiv f. Ophthalm.* 44 (3), S. 445), in der er gegen mich die Gleichfarbigkeit des nachlaufenden Bildes behaupten zu müssen glaubte, die complementäre Phase aber als dem primären Bilde unmittelbar angeschlossen beschrieb. Es war also klar, daß er gar nicht wufste, wovon bei mir die Rede war, und vermuthlich unter ganz anderen Bedingungen beobachtete. H. und HERING theilen thatsächlich auch nur mit, daß der total Farbenblinde ein bewegtes leuchtendes Object in einen Schweif ausgezogen gesehen habe. Es war doch nicht zu verlangen, daß ich daraus die Fähigkeit des total Farbenblinden entnehmen sollte, ein nachlaufendes Bild, d. h. ein zweites von dem primären Bilde durch ein längeres Dunkelintervall getrenntes, wahrzunehmen.

Erst später (*Archiv f. Ophthalm.* 51, S. 230) hat H. seine irrige Auffassung meiner Arbeit erkannt und den meinigen entsprechende Versuchsbedingungen hergestellt; er sagt uns hier selbst, er habe „bei seinen früheren Versuchen das kurzdauernd gegenfarbige Nachbild (Phase 3) im Allgemeinen der primären Erregung unmittelbar folgend gesehen, während er sich später überzeugte, daß unter geeigneten Umständen auch zwischen diesen beiden ein sehr kurzes dunkles Intervall sichtbar werden kann.“

Nach meinen Erfahrungen konnte ich den Grund hierfür nur in der früheren Benutzung zu hoher Lichtstärken vermuthen. Ich bin aber sehr gern bereit diese Vermuthung fallen zu lassen, wenn H. uns seinerseits angeben wollte, welches denn die hier erwähnten „geeigneten Umstände“ sind.

¹ Diese Stelle ist bereits in der Arbeit von H. und HERING bis zu dem Worte „sollte“ und mit Fortlassung des Schlufspassus citirt worden. Untersuchungen an total Farbenblinden. *Pflüger's Archiv* 71, S. 126.

Aehnlichen Verfahrungsweisen begegnet man nun überall. Insbesondere beruht das ganz systematische Bestreben mir Unklarheiten und Widersprüche, Zurücknehmen früher aufgestellter Hypothesen etc. zuzuschreiben, im Wesentlichen darauf, daß es H., wie es scheint ganz unmöglich ist, zwischen dem eigentlichen Inhalt, der von mir aufgestellten Theorie und einer Anzahl von Annahmen secundärer Bedeutung, die ich zwar mehrfach berührt, aber durchaus als offene Fragen behandelt habe, zu unterscheiden.¹

Dazu kommt dann die seltsame Einseitigkeit und Willkürlichkeit theoretischer Betrachtung, von der oben bereits ein Beispiel berührt wurde und die ähnliche Willkürlichkeit, mit der H. Ergebnisse der Stäbchentheorie construiert, um die Thatsachen nicht im Einklang damit zu finden.²

Und es kommt dazu endlich eine Methode der Darstellung als deren Specimen ich die m. E. ganz unqualificirbare Art, in der H. einen eigenen Irrthum berichtet, der Aufmerksamkeit des sachkundigen Lesens ausdrücklich empfehlen möchte.³

Man vergleiche in Bezug auf irgend einen der in letzter Zeit discutirten Punkte die HESS'sche Darstellung mit dem, was ich wirklich gesagt oder was bei vorurtheilsfreier Betrachtung sich als Postulat der Stäbchentheorie ergibt; man vergegenwärtige sich ferner die Art, wie HESS, wo er nach seinem subjectiven und, um das Geringste zu sagen, sehr bestreitbaren Ermessen Verstöße des Gegners zu sehen glaubt, davon wie von völlig ausgemachten Thatsachen redet und mit Ausdrücken, wie

¹ Ich will hier nur an die Frage erinnern, ob eine Spur der für den Dunkelapparat charakteristischen Functionsweise etwa auch in stäbchenfreien Theilen nachzuweisen sei, ferner an die Erörterungen über Bildung und Functionsweise des Netzhautcentrums beim total Farbenblinden.

² Vgl. meine „Kritischen Bemerkungen zur Farbentheorie“. *Diese Zeitschrift* 19, S. 175.

³ *Archiv f. Ophthalm.* 51 (3), S. 229 f. H. räumt hier ein, daß er die von zahlreichen Autoren, zuletzt in genauester Weise von BIDWELL und mir beschriebene Erscheinung in ihrer typischen Form gar nicht gekannt, daß er in Folge dessen alle unsere Angaben auf etwas bezogen hat, was sie gar nicht betreffen (nämlich Phase 5 statt Phase 3), wodurch die ganze Bestreitung unserer Angaben in seiner früheren Arbeit (*Ebenda* 44 (3), S. 445) gegenstandslos wird. Wie es H. aber fertig bringt, dies in einer Form zu sagen, die fortwährend nicht ihn, sondern mich ins Unrecht setzt, das — kann ich, wie gesagt, nur der Beachtung des Lesers empfehlen.

„fehlerhafte Versuchsanordnung“, „total übersehen“ in freigiebigster Weise um sich wirft, und man urtheile dann ob es zu viel gesagt ist, wenn ich behaupte, daß man in der ganzen physiologisch-optischen Literatur der letzten Jahre vergeblich nach Arbeiten suchen wird, die durch dünnkelhaften Unfehlbarkeitston so abstoßend wirkten, wie die HESS'schen; daß man aber auch keine finden wird, die in solchem Maasse mit positiven Unrichtigkeiten und gehässigen Entstellungen gefüllt sind und fast mit jeder Zeile einen entrüsteten Widerspruch provociren.

Die Auseinandersetzung mit gegnerischen Arbeiten dieses Styls halte ich für eine Danaidenarbeit; und da ich ja wohl hoffen darf, daß die Mehrzahl der Leser ihre Kenntniß meiner Anschauungen nicht allein aus den Arbeiten von HESS schöpfen wird, so glaube ich, auf eine Fortsetzung der Erörterungen einstweilen verzichten und mich auf diese Verwahrung beschränken zu dürfen. Es kommt dazu noch etwas Anderes. Eine theoretische Discussion mit der HERING'schen Schule erscheint mir gerade im gegenwärtigen Zeitpunkt besonders überflüssig und unfruchtbar, da bis jetzt weder HERING noch einer seiner Schüler oder Arbeitsgenossen gegenüber den wichtigsten Thatsachen, die die Untersuchungen des letzten Jahrzehntes herausgestellt haben, überhaupt Stellung genommen hat. Vor Allem möchte ich hier die Thatsache anführen, die ja der Ausgangspunkt der Stäbchentheorie geworden ist, die nämlich, daß vielfach Lichter, die unter gewissen Bedingungen (hohe absolute Intensität und helladaptirtes Auge) gleich erscheinen, unter Anderen (geringe Intensität und dunkeladaptirtes Auge) total verschieden erscheinen können, die Ungleichheit der Dämmerungswerthe für helläquivalente Lichter, ein Verhalten, das für das farbentüchtige Sehorgan nur in geringem Maasse, für das dichromatische aber und für die äußerste Peripherie des normalen, in frappantester Weise und gewaltigem Betrage verwirklicht ist. Diese Erscheinung ist von TSCHERMAK (im HERING'schen Institut) bestätigt worden, aber nur für das trichromatische Sehorgan, wo ihr Betrag, wie erwähnt, ein sehr geringfügiger ist; und sie ist hier einfach als eine nicht weiter erklärbare Eigenthümlichkeit der schwarz-weißen Sehsubstanz hingenommen worden. Diese schon hier wenig befriedigende Auffassung würde für die enormen Differenzen gleicher Art, die wir beim Dichro-

maten und für die normale Peripherie finden, mit den von HERING bisher vertretenen Anschauungen in directestem Widerspruch gerathen und ganz unangänglich sein; denn wer wird annehmen wollen, daß eine Sehsubstanz sich derart ändern kann, daß sie jetzt von zwei Lichtern gleich stark, in verändertem Zustande aber von dem einen 100fach stärker als von dem anderen afficirt wird!

Hier liegen also Probleme vor, zu deren Lösung die HERING'sche Schule vorläufig noch nicht den kleinsten Schritt gethan hat. Mit der Zeit wird sie ja ohne Zweifel sich entschließen, diese Thatsachen in den Kreis ihrer Erwägungen zu ziehen; vielleicht wird sich dann auch über die Frage der Nachbilder mit mehr Aussicht auf Verständigung reden lassen.

(Eingegangen am 5. April 1902.)
