

(Aus dem Psychologischen Institut zu Göttingen.)

## Die Erscheinungen bei kurzer Reizung des Sehorgans.

Von

HERBERT MUNK.

Seit der ersten Abhandlung von HESS haben sich die Untersuchungen über die „Nachbilder“ nach kurz dauernden Reizen gehäuft, ohne daß, bei der weitgehenden Differenz in den Resultaten, viel mehr erreicht wäre, als die Einsicht, daß die betreffenden Phänomene jedenfalls reichhaltiger sind, als sie den ersten Beobachtern erschienen waren. Zudem hat man sich zweier Methoden als im Wesentlichen gleichwerthiger bedient, welche, wie sowohl theoretische Ueberlegungen als auch die Resultate der HAMAKER'schen Untersuchung lehren, keineswegs mit einander identificirt werden dürfen. Es scheint daher nicht angezeigt, auf dem bisher eingeschlagenen Wege fortzufahren und durch Wiederholung derselben Versuche die Zahl der Abweichungen nur zu vermehren. Wenn man auch durch Variation der Lichtstärke und der Einwirkungsdauer, durch Veränderung der Lage des Objects und, nach dem Vorgange von v. KRIES, auch durch Abstufung der Adaptation versucht hat, den Einfluß der etwa in Betracht kommenden Factoren festzustellen, so sind es im Grunde doch stets dieselben begrenzten Objecte gewesen, die man dem Auge dargeboten hat. Aber die Erscheinungen des Gesichtssinnes sind nicht eine Wirkung der umschriebenen Reizstellen, sondern eine Reaction der ganzen Netzhaut, und man wird daher die Phänomene in der Art, wie sie bisher betrachtet sind, bereits als ziemlich complicirte ansehen müssen.

Es wird daher zunächst untersucht werden, wie weit durch gleichzeitige Veränderung des Zustands der übrigen Netzhaut der Ablauf der Erscheinungen alterirt wird; weiterhin, welche Rolle dabei eine jede der drei Sehsubstanzen spielt. Wie sich

zeigen wird, ist durch eine geeignete Methode eine derartige Isolirung der optischen Specialsinne thatsächlich zu erreichen.

Der so gekennzeichnete Weg ist unsomehr einzuschlagen, als G. E. MÜLLER darauf hingewiesen hat, daß möglicherweise die Ursache der ganzen Erscheinung in den indirecten Reizungen liegt, „die deshalb, weil sie keine neuen Vorgänge zur Erklärung heranziehen, in erster Linie in Betracht kommen“, und diese theoretische Erwägung ist es denn auch gewesen, welche den eigentlichen Anstofs zu dieser Arbeit gegeben hat.

Eine Uebersicht über die Literatur findet man u. A. in der jüngst erschienenen Arbeit von HAMAKER (*Zeitschr. f. Psychol. und Physiol. d. Sinnesorg.*, Bd. 21, S. 1 f.), seit deren Erscheinen noch eine Arbeit von FRANZ „After-Images“ in *The psychological Review* 3, II, Juni 1899 nachzutragen ist. Die Arbeiten von HESS werden ihrer zeitlichen Reihenfolge nach kurz als (I), (II), (III), die beiden Methoden als A-Methode (ruhendes Object) und B-Methode (bewegter leuchtender Punkt) bezeichnet werden.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, wie vielfach die Resultate der einzelnen Beobachter auseinandergehen. Dies ist auch an den betreffenden Stellen zur Genüge hervorgehoben worden; dennoch läßt es sich zum Verständniß des Folgenden nicht umgehen, die Hauptergebnisse noch einmal kurz zusammenzufassen.

HESS fand bei seiner Untersuchung nach der A-Methode, daß einem farblosen Reiz eine kurze dunkle Phase folgte, dieser wiederum ein helles Bild; ein farbiges Object war von einem dunklen complementären Nachbild gefolgt, worauf das helle Bild wiederkehrte, in den ersten Augenblicken in der Farbe des Reizes. Nach der B-Methode sah er einem farblosen Reiz einen sehr kurzen hellen Strich folgen, diesem eine dunkle Strecke von der sich nicht genau sagen liefs, ob sie dunkler war als die Umgebung, schließlic ein langes helles Bild von nach hinten abnehmender Intensität. Einem farbigem Reiz folgte eine kurze helle und gleichfarbige Strecke, dieser eine weniger helle, complementäre, die aber „deutlich heller war als die Umgebung“, dann ein dunkles Intervall, schließlic eine helle im ersten Augenblick mit der Farbe des Reizes übereinstimmende Phase. Er schlofs aus seinen Beobachtungen, daß die Erregung, im Gegensatz zu der von HELMHOLTZ, FICK u. A. angenommenen Abklingungscurve, in fast unmeßbar kurzer Zeit abklinge, und

dafs das von den früheren Autoren beschriebene Abklingen dasjenige des positiven Nachbildes sei.

Ganz andere Ergebnisse erzielte v. KRIES ebenfalls nach der B-Methode. Bei ihm folgt dem sichelförmig erscheinenden Reiz eine dunkle Phase, dieser eine helle complementäre Strecke, die an ihrem Anfang von einem dunklen Hof umgeben ist und sich weiterhin in den Grund verliert.<sup>1</sup> Aber bei zweistündiger Dunkeladaptation wandelt sich das Phänomen dahin um, dafs der farbigen Sichel eine sehr helle farblose folgt, während das spätere complementäre Bild fortfällt. Bei einer mittleren Adaptation sind farblose und complementäre Strecke hinter einander sichtbar. Er fand ferner einen Unterschied zwischen macularer und extramacularer Zone, so nämlich, dafs das Nachbild im Centrum fehlte. Roth gab ihm überhaupt kein helles Nachbild, ebensowenig BIDWELL und HAMAKER nach der B-Methode. Es mufs noch erwähnt werden, dafs es ihm bei Blau nur schwer gelang, eine complementäre Phase zu erzielen.

Von älteren Untersuchern nach der B-Methode konnte EXNER<sup>2</sup> keine dunkeln Phasen beobachten, vielmehr sah er die Strecke zwischen dem Reiz und dem complementären Bild von der Skala der Uebergangsfarben zwischen beiden erfüllt.

BOSSCHA fand bei seinen Versuchen nach der A-Methode, dafs dem farbigen Reiz ohne dunklen Zwischenraum eine nur um wenig schwächere complementäre Phase folgte, nach deren Schwinden ein blasses, farbloses Nachbild auftauchte, das sich „sozusagen aus dem Dunkel hervorhebt, während einiger Zeit stärker wird, um dann wieder allmählich abzuklingen“. Die Farblosigkeit seines dritten Bildes läfst sich ohne Weiteres aus einer zu geringen Sättigung des Reizes erklären.

Die jüngste Arbeit ist die von HAMAKER. Bei ihm fanden beide Methoden Anwendung. Bei der ersten beobachtete er im Wesentlichen drei helle durch Intervalle getrennte Bilder, von denen im Allgemeinen das erste und dritte in der Färbung über-

<sup>1</sup> Zu einem ähnlichen Resultat war schon vorher BIDWELL gelangt, nur fand er seine „recurrent vision generally violet colored“. PURKINJE, Beobachtungen und Versuche zur Phys. der Sinne, 2. Bändchen, S. 110f., fand bei sonst gleicher Erscheinungsweise die complementäre Strecke von einem dunkeln Streifen mit hellen Rändern gefolgt.

<sup>2</sup> EXNER, Ueber den Erregungsvorgang im Sehnervenapparat, in den Wiener Ber. 65 (3). 1872.

einstimmten, während das mittlere einen angenähert complementären Farbenton zeigte. Nur bei einer Dauer von mehreren Secunden trat noch ein quaternäres dunkles complementäres Bild zum Schluss auf, das von einem hellen mit dem Object gleichfarbigen Hof umgeben war, wobei das dritte Bild auch ganz ausfallen konnte. Die im zweiten Theil nach der B-Methode angestellten Versuche gewähren noch keinen rechten Ueberblick. Von Interesse ist, daß er auch hier<sup>1</sup> eine dreifache Erscheinung wahrnahm, während im Uebrigen die zwei Methoden vollkommen abweichende Resultate geben. —

Man sieht, die Erscheinungen stellten sich als immer complicirtere heraus. Dennoch kann man, wenn man die Arbeiten von v. KRIES ausnimmt, bei allen Abweichungen im Einzelnen als das den letzten Beobachtern — BOSSCHA, HAMAKER, im gewissen Sinne auch HESS — Gemeinsame die Thatsache herausheben, daß sie drei im Verhältniß zum Grund helle Phasen angeben, von denen die zweite eine zum Object complementäre Farbe zeigt, während die dritte mit der Reizfarbe mehr oder weniger übereinstimmt.

Wie schon vorhin angedeutet, hat man die Untersuchungen auch zum Gegenstand theoretischer Erörterungen gemacht. Hier stehen sich, wenn man von BIDWELL ganz absieht, der seine „recurrent vision“ aus YOUNG'S Dreifasertheorie zu erklären versuchte, vor Allem HESS und v. KRIES gegenüber. Ersterer erklärt sie im Sinne der Theorie der Gegenfarben und führt sie wohl im Wesentlichen auf einen Wechsel von Assimilation und Dissimilation zurück. v. KRIES sieht darin ein Argument für die Stäbchentheorie und nimmt als das Wesentliche eine zeitlich verschiedene Reaction der Zapfen und Stäbchen an. Er selbst hebt übrigens hervor, daß damit die Erklärung keineswegs beendet sei; die Schwierigkeit einer zwiefachen Stäbchenreaction bleibe bestehen. Ueberhaupt läßt sich aber der Werth einer solchen Annahme nicht recht einsehen, wenn, wie bei HAMAKER, HESS, auch bei mir und einem Theil meiner Versuchspersonen, mit dem dritten Bilde die Farbe des Reizes wiederkehrt.

Demgegenüber ist der Standpunkt dieser Untersuchung Eingangs gekennzeichnet. Schon FECHNER hat darauf hingewiesen, daß Erscheinungen, welche durch die Reizungen eines

<sup>1</sup> Abgesehen von dem hellen sich unmittelbar anschließenden Schweif.

auch nur sehr beschränkten Theils der Netzhaut hervorgerufen werden, eine Reaction der ganzen Netzhaut sind. AUBERT hebt dies besonders hervor und hat auch in diesem Sinne weitgehende Experimente angestellt, die indessen nur neue Probleme hinzufügen. Von den neueren Autoren findet sich nur bei BOSSCHA eine gesonderte Berücksichtigung dieses Factors.<sup>1</sup> Auch diese kommt nicht über ungenügende Andeutungen hinaus. Wenn er zusammenfassend sagt<sup>2</sup>: „jede andere Farbe ändert die Nüance des primären und secundären Bildes, während einige Farben das secundäre Bild unsichtbar, einige andere geradezu schwarz machen. Letzteres ist aber nur der Fall, wenn die kleine Scheibe orange oder roth ist“, so hat das, wie sich zeigt, mit der Farbe gar nichts zu thun, sondern ist allein dadurch bedingt, daß die Helligkeit des beobachteten Mittelfeldes geringer ist, als die der Umgebung.

### Die Versuchsanordnung.

Die Berücksichtigung der indirecten Reizungen stellte an die Versuchsanordnung von vornherein besondere Anforderungen. Sie mußte einerseits Vergrößerung und Verkleinerung des ganzen Beobachtungsfeldes gestatten, andererseits für jene Fälle, in denen das Gesichtsfeld nicht gleichmäÙig, sondern eine kleinere Mittelfläche gegen eine in Helligkeit oder Färbung verschiedene Umgebung abgegrenzt war, eine unabhängige Veränderung von Mitte und „Grund“<sup>3</sup> ermöglichen.

Wie schon angedeutet, hat man sich im Wesentlichen zweier Methoden bedient. Die A-Methode bietet ein ruhendes Object, die B-Methode einen im Kreise bewegten leuchtenden Punkt. Schon G. E. MÜLLER hat<sup>4</sup> darauf hingewiesen, daß man beide Untersuchungsweisen nicht ohne Weiteres in eine Linie stellen darf. Die jüngste Arbeit — die von HAMAKER — benutzt beide

<sup>1</sup> Auch die Beobachtungen von HESS gehören im gewissen Sinne hierher, bei denen er auf der Dunkeltonne das ausgeschlagene Loch einer weißen Scheibe zum Object nahm. Er sah hierbei analog den früher beschriebenen Versuchsergebnissen schnell nach einander: Schwarz auf weißem Grund; weiß auf schwarzem Grund, nicht scharf begrenzt; positives Nachbild. Entsprechend bei farbiger Umgebung.

<sup>2</sup> A. a. O. S. 39.

<sup>3</sup> So wird im Folgenden die Umgebung des Mittelfeldes bezeichnet werden.

<sup>4</sup> G. E. MÜLLER. Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen. *Zeitschr. f. Psychol.* 10, S. 356.

Methoden und kommt zu vollkommen abweichenden Resultaten. So sah HAMAKER, um nur eine Einzelheit hervorzuheben, nach der B-Methode ganz in Uebereinstimmung mit BIDWELL und v. KRIES roth niemals von einem hellen Nachbild gefolgt; nach der A-Methode fand er hingegen mit den übrigen Farben durchaus übereinstimmende Resultate. Wird noch dazu die Erscheinung nach einer gewissen Umdrehungsstrecke nicht unterbrochen, sondern rotirt das Object immer weiter<sup>1</sup>, und zwar bei einer Umlaufszeit von kaum zwei Secunden, so müßte eher eine Uebereinstimmung der Resultate als das Gegentheil überraschen. Ja, man kann sich fragen, ob das Fehlen des dritten Bildes bei v. KRIES nicht durch eine Beobachtung zu erklären ist, welche SNELLEN und BOSSCHA gemacht haben, und die darin besteht, daß die dritte Phase bei gleichzeitiger weiterer Reizung der betreffenden Netzhautpartie ausfällt.<sup>2</sup> Bei der Bedeutung vollends, welche die folgenden Untersuchungen der indirecten Reizung zuerkennen, war die B-Methode völlig ungeeignet; denn bei Anwendung derselben werden nicht nur die gereizten Netzhautstellen selbst vor und nach der Einwirkung auf indirectem Wege verändert, sondern dasselbe gilt auch für die zu beiden Seiten liegende Umgebung. In der That müßte bei wirklicher Aequivalenz der beiden Methoden jede einzelne Stelle der Bahn einen Phasenwechsel zeigen, der dem des ruhenden Objects entspricht<sup>3</sup>, der Kopf des Phänomens z. B. die Bilder der ganzen übrigen Bahn der Reihe nach durchlaufen. Bei den modernen Autoren findet sich jedoch nur eine gelegentliche Bemerkung, daß das dritte Bild sich allmählich über die vordere Bahn ausdehne. —

Die Versuche wurden zunächst mit weißem Licht vollkommen abgeschlossen. Diese Beschränkung ist, wenn man schon von der Ansicht ausgeht, daß die Vorgänge sich bei minimaler Reizdauer in ihrer einfachsten Form zeigen müßten, vom Standpunkte der Theorie der Gegenfarben aus offenbar gegeben. Denn nicht allein hat man es hier statt mit zwei oder drei Vorgängen

<sup>1</sup> Daß in diesem Umstande eine Fehlerquelle liegt, ist bereits bei HESS (III) ausgeführt.

<sup>2</sup> Siehe indessen die Schlußbemerkungen.

<sup>3</sup> Bei PLATEAU (*Dissertation sur quelques propriétés etc.*, Zürich 1829) findet sich die Stelle: „Chacun des points de l'anneau apparent présente une succession continue de teintes vives et faibles; de là un papillotage, qui fatigue l'œil.“

und Substanzen mit nur einer zu thun, sondern auch die Complicationen, die sich aus den Wechselbeziehungen der gleichzeitigen Vorgänge ergeben, kommen in Wegfall. Für den speciellen Standpunkt dieser Arbeit kommen zwei weitere Gründe hinzu. Erstens nämlich zeigen die einzelnen Farben in ihren indirecten Wirkungen durchaus keine einfache Analogie<sup>1</sup>, und zweitens ist die Lichtzerstreuung im Auge, welcher nach den folgenden Experimenten unter Umständen eine besondere Bedeutung zukommt, für die verschiedenen Farben verschieden stark. Hess hat seine Versuche in paralleler Weise mit farblosem und farbigem Licht angestellt. Nach der A-Methode kommt er zu dem Resultat, daß bei geeigneter Anordnung das zweite Bild dunkel mit hellem Lichthof sei<sup>2</sup>; nach der B-Methode konnte er bei farblosen Reizen das Verhältniß der zweiten Strecke zum Grund nicht recht beobachten, die auf das farbige Object folgende complementäre Strecke aber sah er deutlich heller als die Umgebung. Hierin liegt entweder ein gewisser Widerspruch, oder man muß an die Möglichkeit denken, daß es die complementäre Färbung selbst ist, die das dunkle Bild etwas aufhellt.<sup>3</sup> Dies war also ein Grund mehr, zunächst allein weißes Licht zu gebrauchen.

Als Versuchsanordnung benutzte ich bei den ersten orientirenden Versuchen die von HESS (I) angegebene, bei der das im Dunkelzimmer befindliche Object durch eine Lichtquelle momentan beleuchtet wurde, die sich hinter dem in die Thüre eingelassenen Momentverschlusse im Nebenzimmer befand. Es ist bei reflectirtem Licht indessen zunächst nicht leicht, die Helligkeiten in der wünschenswerthen Weise zu variiren. Das einfache Tageslicht war wegen der ungünstigen Lage des Instituts, wenigstens ohne Weiteres, nicht wohl zu gebrauchen, beschränkt auch stark die für die Versuche benutzbaren Zeiten; die von mir verwandten Lichtquellen aber, Gas, Auerlicht, Acetylenlicht, DRUMMOND'sches Kalklicht waren durchgehend stark gelblich. Sucht man diesen Fehler durch Einschalten blauer Gläser oder Gelatine zu beseitigen, so wird das durch den engen

<sup>1</sup> S. KUHN. Ueber farbige Lichtinduction. *Archiv f. Ophthalm.* 27 (3).

<sup>2</sup> Bei den farbigen Objecten sagt er nichts ausdrückliches über das Helligkeitsverhältniß zwischen zweitem Bild und Grund.

<sup>3</sup> Für die letztere Auffassung würde an sich auch die der complementären Farbe folgende kurze schwarze Strecke sprechen.

Spalt des Momentverschlusses fallende Licht so abgeschwächt, daß man in der Abstufung der Helligkeiten nach oben hin von vornherein beschränkt ist. Der Versuch, das Licht vor der Oeffnung durch eine Sammellinse zu concentriren, bringt wieder andere Mifsstände mit sich. Man hat auch vielfach den durch ein Milchglas geschlossenen Thürausschnitt selbst zur Beobachtung benutzt; auf diese Weise erhält man wohl genügend hohe und abstufbare Helligkeiten, aber es ist zunächst nicht möglich, neben der Helligkeit des Mittelfeldes auch die des Grundes zu variiren. Zuletzt kam ich zu folgender relativ einfacher Versuchsanordnung. Der Momentverschluss — ich benutze den ANSCHÜTZ'schen Apparat, dieser giebt die größten Geschwindigkeiten und gewährt zugleich einem Wechsel derselben den größten Spielraum — wurde in die Verbindungsthür zweier Dunkelzimmer lichtdicht eingelassen. Hinter demselben war an der Thür ein horizontales Brett angebracht, auf welchem neben sonst etwa erforderlichen Gegenständen parallel zur Thüre ein senkrecht stehender Rahmen aufgestellt war, der eine große Holztafel trug. Auf dieser konnten beliebig große und kleine Papierflächen übereinander mit Reifsnägeln<sup>1</sup> befestigt werden. So war es möglich, Mittelfelder von beliebiger Größe und Helligkeit auf beliebigem Grunde zu beobachten. Zur Abstufung der Helligkeiten benutzte ich geeignet ausgewählte Nüancen aus einer von ROTHE gelieferten Sammlung schwarz-weißer Papiere. Die Skala stieg vom Tuschschwarz bis zum vollkommenen Weiß. Auch die Dunkeltonne konnte hinter dem Momentverschluss aufgestellt werden. Die Beleuchtung wurde durch zwei rechts und links vom Momentverschluss in geeigneter Weise angebrachte, mit Kettenschluß versehene AUER'sche Doppelbrenner geliefert. Die Lichtstärke war nun so groß, daß auch ein zur Absorption vorgeschobenes blaues Glas noch sehr starke Helligkeiten durchliefs. Vor dem Verschluss, also an der dem Beobachter zugekehrten Thürseite, waren zwei Rahmen angebracht, in die Milchglas, farbige Gläser und eine Irisblende eingeschoben werden konnten. Der Beobachter stand der Thüre zugewandt. Ein geeignetes Stativ für die dem Auge unmittelbar anliegende Dunkelröhre, mit der Möglichkeit einer beliebigen Verschiebung nach

---

<sup>1</sup> Die Reifsnägel wurden mit dem Papier des Grundes oder der Mitte überzogen.



vorn, hinten, rechts und links, war vor der Thüre aufgestellt. Der auf das Tuchscharz der Röhre fallende Schimmer machte es nöthig, an der Oeffnung derselben noch einmal einen kleinen Rahmen anzubringen, in dem ein Diaphragma mit beliebiger Oeffnung, auch Rauchgläser und Gelatineblättchen eingeschoben werden konnten. Die schnelle und continuirliche Vergrößerung des Beobachtungsfeldes wurde durch eine vor allen Gläsern u. s. w. in den Thürrahmen eingelassene Irisblende ermöglicht, die aus dünnen übereinandergeschichteten Blättchen bestand, welche sich durch den Druck auf ein am Rande angebrachtes Stäbchen verschoben; an ihrer Peripherie befand sich eine Markirung. Die Entfernung des Auges von der Blende betrug 20—30 cm. Als Fixationspunkt diente im Allgemeinen die Mitte zwischen zwei Leuchtpunkten.

Für längere Zeiten benutzte ich statt des Momentverschlusses einen Fallschirmapparat, dessen zwei Schirme von Elektromagneten gehalten wurden. Er war lichtdicht vor der Thüre aufgestellt und in seine elektrische Leitung waren zwei Contacte eingeschaltet, die an zwei längs der Bahn eines genau geprüften Pendels verlaufenden und mit einer Zählung versehenen Horizontalleisten verschoben werden konnten. Fiel das Pendel, so öffnete es zunächst den einen Contact; der erste Schirm fiel und das Object wurde für den Beobachter sichtbar. Oeffnete das Pendel bei seiner weiteren Bewegung den zweiten Contact, so fiel der andere Schirm, und das Object wurde hierdurch wieder verdeckt. Man konnte durch Verschiebung der Contacte und Pendelgewichte leicht beliebig lange Zeiten erhalten; doch wurden im Allgemeinen solche über zwei Secunden nicht benutzt. Aus verschiedenen Gründen stimmte die Zwischenzeit zwischen den beiden Contactöffnungen nicht ganz genau mit der Zeit überein, die zwischen dem Erscheinen und Wiederverdecktwerden des Objectes verstrich. Hiervon konnte indessen abgesehen werden, da die Untersuchung keineswegs auf genaue quantitative Bestimmungen gerichtet war. Die endgültigen Versuche wurden von mir während der Monate April—November 99 in den Dunkelzimmern des hiesigen psychologischen Instituts angestellt.

## I. Die Erscheinungen bei farblosen Reizen.

### a) Versuche auf contrastirendem Grunde.

Ich gehe nun zur Beschreibung der Ergebnisse selbst über und schildere zunächst die Erscheinungen des Elementarversuchs. Derselbe besteht in dem momentanen Erscheinen einer von Dunkel umgebenen weissen Kreisfläche. Ihre Grösse war für mich gleichgültig, so weit sie sich nur in den mittleren Grenzen hielt; bei der Schwierigkeit der Beobachtung für wenig geübte Versuchspersonen ist es indessen gut, für den Einzelnen die ihm möglichst günstige Grösse herauszufinden, eine Mafsregel, die lediglich durch die verschiedene Verhaltungsweise der Aufmerksamkeit bei verschiedenen Individuen bedingt ist.

Bei diesem Versuche drängen sich meinem Bewusstsein drei helle von einander getrennte Bilder auf, deren erstes der Reiz selbst ist, und die sich in fünffacher Hinsicht von einander unterscheiden: in ihrer Intensität, ihrer Dauer, der Schnelligkeit und Art ihres Auftretens, der Physiognomie des Bildes selbst, dem Verhalten der Umgebung.

Der Helligkeit nach ist bei weifs der Reiz selbst am hellsten, weniger hell das zweite, sehr viel weniger hell das dritte Bild. Der Dauer nach sind die beiden ersten sehr kurz, das dritte nach Secunden zählend. Art und Schnelligkeit des Auftretens führe ich zusammen auf, weil es nicht leicht ist, zu entscheiden, ob das zweite Bild wirklich nach kürzerem Intervall auf das erste folgt, als das dritte auf das zweite, oder ob nur dieser Anschein durch die verschiedene Art ihres Eintritts hervorgerufen wird. Während nämlich das zweite Bild ruckhaft erscheint, tritt das dritte Bild vollkommen ruhig auf. Die Schnelligkeit, mit welcher ein Bild dem vorausgehenden folgt, ist ebenso wie seine Dauer für die Deutlichkeit maafsgebend, mit welcher es wahrgenommen wird. Beide Factoren brauchen sich bei Veränderung der Einwirkungszeit nicht im selben Sinne zu verschieben.

Von aufserordentlicher Bedeutung, wenn auch bisher wenig beachtet, sind die beiden letzten Unterschiede, die in der Physiognomie des Bildes und die im Verhalten der Umgebung. Während das erste und dritte Bild durchaus ein-

heitlich, in allen Theilen gleichmäfsig und ruhig sind<sup>1</sup>, zeigt das zweite Bild keinen einheitlichen Charakter, eine in sich ungleichmäfsige Helligkeit, deutlichen Unterschied zwischen heller Peripherie und weniger hellem Centrum<sup>2</sup> und eine gewisse Bewegung, von welcher man nicht genau sagen kann, ob sie von innen nach aussen oder von aussen nach innen geht, oder beides nach einander; genug, es taucht nicht einfach auf, sondern es entwickelt sich und ist, krafs ausgedrückt, nicht ein stätes Bild, sondern selbst ein Process. Oft schien mir auch nur die Randzone sich aufzuhellen (siehe eine parallele Beobachtung bei farbigen Objecten); beobachtet man aber die Mitte ausschliesslich, so sieht man, wie auch diese sich in ihrer ungleichmäfsigen Weise aufhellt. Der erstere Anschein kann leicht dadurch hervorgerufen sein, dafs sich allein die energischere Aufhellung am Rande dem Bewusstsein aufdrängt; möglicherweise beruht er aber auch darauf, dafs die Aufmerksamkeit eine bestimmte Phase des Processes herausgreift.

Diesen Verschiedenheiten entspricht das Verhalten des Grundes. Während im Reize selbst die Umgebung nichts Auffälliges zeigt, ist das zweite Bild von einem tiefschwarzen Ring umgeben, welcher, wie sich zeigen wird, auch dann auftritt, wenn das Object im Augenblick des Reizes von einem dunklen Grau umgeben war. Seltsam ist das Verhalten beim dritten Bild. Dieses taucht nämlich stets in einem gleich hellen Nebelhof auf, welcher noch eine gewisse Zeit neben dem Bilde sichtbar ist; nur bei längeren Zeiten der Reizeinwirkung oder recht starken Helligkeiten grenzt sich das Bild gleich nach seinem Erscheinen noch einmal mit einem scharfen hellen Ring gegen einen entsprechend schwarzen Ring des Nebelhofs ab.

Eine vierte Phase, bei der das dunkle Reizfeld von einem hellen Lichthof umgeben war, glaube ich zuweilen, doch nicht mit Sicherheit beobachtet zu haben. Bei der Versuchsperson B. war dieses Bild zuweilen sehr deutlich, es war aber dann die dritte Phase kaum merkbar oder fiel auch ganz weg. Versuchs-

---

<sup>1</sup> Von dem Verschwinden des dritten Bildes ist hier abgesehen; es geschieht vom Rande her ungleichmäfsig; eine andere Abweichung unter besonderen Umständen findet sogleich Erwähnung.

<sup>2</sup> Das relativ dunklere Centrum ist nicht etwa mit dem macularen Bezirk identisch, sondern wechselt mit der Gröfse des Objectes in den weitesten Grenzen.

person H., ebenso wie B. durchgehends in Unkenntniß über die zu untersuchende Sachlage, gab diese vierte Phase nicht an.

Wir sehen also schon hier, ganz allgemein gesagt, daß in dem zweiten Bilde der stärkste Contrast auftritt. Bei ihm allein ist, abgesehen von dem oben erwähnten Falle langer Zeiten oder stärkster Helligkeiten, der Rand des Objectes bedeutend heller, als dessen übrige Fläche, die umgebende Zone schwärzer als der übrige Grund. Daß ein gewisser Contrast auch schon während des Reizes besteht, ist wohl sicher, er ist aber so gering, daß er sich hier dem Bewußtsein nicht aufdrängt. Diese Verschiedenheit der Contrastirung bei Bild 1 und 2 geht auch deutlich aus einer Beobachtung EXNER's hervor. Derselbe konnte, auf einen mit direct einfallendem Sonnenlicht gefüllten halbkreisförmigen Fensterausschnitt sehend, während der Lichteinwirkung selbst die Form desselben überhaupt nicht erkennen, während im Nachbild der halbkreisförmige Umriss deutlich zu Tage trat. Daß dabei die umgebende Netzhautzone auch direct gereizt wurde, macht die Sache um nichts weniger beweisend.

Das dritte Bild vollends geht im Allgemeinen einfach in den Grund über, und es stimmt damit vollkommen überein, was SNELLEN sagt: „in halbdunkler Umgebung wird das dritte Bild schwer gesehen, wahrscheinlich haben PLATEAU, CHARPENTIER u. A., wenn sie von diesem Bild nicht sprechen, alles äußere Licht nicht genügend ausgeschlossen.“ —

Was geschieht nun in der Zeit zwischen dem Auftreten der hellen Bilder?

Die Angaben sind womöglich noch verwirrender als die über die Bilder selbst. Ich möchte daher hier einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken, umsomehr als mir in gewissem Sinne hier der springende Punkt zu sein scheint.

Bei all diesen Phänomenen ist es sehr schwer zu sagen, was objectiv nicht da ist, und was sich nur der Aufmerksamkeit entzieht. Es giebt sogar Fälle, bei denen man einfach nicht entscheiden kann, ob etwas nur eine rein psychische Täuschung oder ein peripherer Proceß ist. Es liegt nahe, dasjenige, was man nach längeren Einwirkungszeiten bei im Wesentlichen gleicher Erscheinungsweise mehr oder deutlicher sieht, als bei kürzeren Zeiten, als nur der Aufmerksamkeit entgangen anzunehmen. Aber die Verschiedenheit der Reizdauer ist selbst ein Factor von so veränderndem Einfluß, daß man ihn nicht einfach außer

Acht lassen darf. Das Mitspielen des Psychischen ist aber noch viel complicirter: eine verschiedene und ungewöhnliche Richtung der Aufmerksamkeit verändert den Ablauf der Erscheinungen selbst; und das Unbemerktbleiben einer Phase oder irgendwelche Modificationen am Anfang geben auch den nachfolgenden Processen in Einzelheiten ein anderes Aussehen. Hieraus darf kein nihilistisches Princip abgeleitet werden; vielmehr kann bei normalen Beobachtungen eine Einwirkung subjectiver Factoren als ausgeschlossen gelten. Zeigen sich doch die Erscheinungen für den geübten Beobachter bei Ausschließung aller störender Factoren stets völlig constant und bei Veränderung der Bedingungen sogar in unerwarteter Weise analog. Andererseits kann man aber nicht umhin, hiernach die Rolle des Psychischen nicht allein in Urtheilstäuschungen zu sehen, sondern man muß den cerebralen Processen auch die Möglichkeit einer directen Einwirkung auf die psychophysischen Vorgänge zugestehen. Dies ist keine Zurückschiebung der Erklärung auf den Sehnerven oder höhere Theile des Gesichtssinnes, was zunächst nur eine neue Hypothese einführen hiesse; es handelt sich nicht um einen Factor für das Zustandekommen der Phänomene, sondern um einen solchen, der in einzelnen Fällen den Ablauf derselben irgendwie trüben kann.<sup>1</sup>

Unter den Urtheilstäuschungen sind es vor Allem drei, die mir bei längerer Uebung als immer wiederkehrend auffielen. Erstens ist man geneigt, bei schnellem Ablauf der Einzelerscheinungen eine Senkung der Abfallskurve zwischen zwei starken und relativ constanten Helligkeiten für ein dunkles Intervall anzusehen. Indem zweitens zu verschiedenen Zeiten verschiedene Theile des Gesichtsfeldes sich dem Bewußtsein besonders aufdrängen, kommt man leicht zu der Vorstellung einer Unterbrechung an dem der Aufmerksamkeit entzogenen Theil der Erscheinung. Schließlich neigt man auch bei rascher Aufeinanderfolge der Phänomene dazu, Vorgänge, die nur an einem Theil eines sonst einheitlich auftretenden Bezirks vor sich gehen, auf den ganzen auszudehnen.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Diese Rolle der Aufmerksamkeit ist übrigens ein Grund mehr gegen die B-Methode.

<sup>2</sup> Eine vierte Urtheilstäuschung führt v. KRIBS an, indem er bemerkt,

Was nun die Intervalle zwischen den drei Bildern anbelangt, so habe auch ich zuerst gleich BOSSCHA das Object „auf einmal“ in das zweite, bei farbigem Object complementäre, Bild übergehen, dann das dritte Bild sich wie aus dem Dunkel hervorheben sehen. Und auch — gleich HESS — habe ich Fälle beobachtet, in denen es für mich zunächst den Anschein hatte, als ob zwischen erstem und zweitem Bild ein dunkles Intervall läge. Ja, jetzt noch kommt es mir zuweilen vor, daß ich sagen muß, ich sehe nicht, was da ist, wenngleich ich niemals sagen kann, ich sehe, daß schwarz da ist. In den weitaus meisten Fällen aber, d. h. überall da, wo ich dem Geschehenen überhaupt folgen kann, sehe ich, daß nach dem Reiz die Empfindung rasch abfällt, daß auf einer Stufe noch immer respectabler Helligkeit plötzlich der Rand, das ganze Objectsfeld einen raschen Intensitätszuwachs erfährt, daß diese Erhebung der Abklingungscurve rasch wieder weicht und nun ohne dunkles Intervall das dritte Bild erscheint. Es schien mir bisweilen, als ob das Hervortreten des dritten Bildes zum Theil darin seinen Grund habe, daß die Mitte gegenüber der Peripherie wieder mehr heraus komme. Diesen Eindruck hatte ich indessen nur dann, wenn ich peripher fixirte; bei Fixation der Mitte selbst war davon nichts zu bemerken. Der oben erwähnte Helligkeitshof um das dritte Bild tritt ein Minimum früher als dieses selbst auf. Ich halte es für möglich, daß gleichzeitig damit der alleräußerste Rand des Bildes für einen Moment schwarz wird, gesehen habe ich es aber niemals. Was ich indessen ganz bestimmt gesehen habe, ist dies, daß bei meinen Versuchen ein wirklich negatives Bild, eine dunkle Mitte mit einem Lichthof, zwischen den ersten drei Bildern niemals auftaucht. Ich habe mich während der langen Zeit meiner Experimente immer wieder bemüht, diesen Lichthof zu entdecken, aber obwohl ich jetzt in den meisten Fällen die Erscheinung ununterbrochen verfolgen kann, ist es mir nie gelungen, auch nur die geringste Spur von einem solchen zwischen den Bildern zu erblicken. Ebensowenig hat irgend eine meiner Versuchspersonen, obwohl sie meist die zwischenliegenden Zeiten einfach als dunkle Intervalle bezeichneten, mir von einem solchen etwas angeben können. Ja, nach all' meinen Beobachtungen

---

daß allein der rasche Wechsel von Hell und Dunkel den Eindruck einer Duplizität der Erscheinung hervorruft.

scheint mir ein Lichthof so vollkommen unwahrscheinlich, daß ich nur annehmen kann, HESS hat sich entweder durch später zu besprechende Erscheinungen oder durch den Unterschied zwischen Mitte und Peripherie des hellen zweiten Bildes selbst täuschen lassen, indem er den Rand desselben bereits für die Grenzzone des Grundes nahm. Freilich ergeben sich auch bei dieser Deutung Schwierigkeiten für die Erklärung der übrigen von HESS angegebenen Phänomene.

Es ist also nicht so, wie man nach den Resultaten von BOSSCHA oder von HESS annehmen sollte: das zweite Bild ist nicht dadurch hervorgerufen, daß sich auf einem gewissen Punkte der abklingenden Empfindung die complementäre Farbe zeigt, es ist auch nicht dadurch bewirkt, daß die Empfindung fast unmeßbar rasch abklingt und die eigentlich dunkle zweite Phase durch die hinzukommende complementäre Farbe etwas aufgehellt wird. Es kann Fälle geben (dies läßt sich eben nicht direct verneinen), in denen die Empfindung bis zum Nullpunkt abklingt; aber wenn das vorkommt, so ist es nur als ein extremer Einzelfall zu betrachten. Man muß sich auf einen ganz anderen Boden stellen. Das zweite Bild entsteht nicht durch die Farbe oder den Farbenwechsel; es ist gerade so bei Abwesenheit aller Farbe vorhanden, und dann entsteht es allein durch das plötzliche Wiederansteigen der absinkenden Helligkeitskurve; auf welchem Punkt derselben es eintritt, kommt durchaus erst in zweiter Linie in Betracht. Hier ist noch nicht die Stelle für theoretische Erörterungen; diese Hauptthatsache mußte aber gleich gebührend hervorgehoben und scharf abgegrenzt werden. Welches der Antheil der Farben ist, wird sich weiterhin bei den entsprechenden Versuchen zeigen. Wir haben den Reiz; nach dessen Aufhören sinkt die Helligkeit um mehr oder weniger, jetzt erfährt das Bild eine Aufhellung, während zugleich ein tief dunkler Ring um das Object auftritt; indem diese Helligkeit rasch wieder auf einen geringen Grad herabsinkt, taucht ein Nebelhof an Stelle des dunklen Ringes auf, in gleicher Helligkeit mit welchem das dritte Bild sich darbietet.

Diesen Verlauf der Erscheinungen sehe ich in völlig gleicher Weise, ob ich die Fläche einfach mit der Blende ausschneide, oder ob ich sie auf der Dunkeltonne selbst betrachte. Ich sehe sie ferner mit rein quantitativen Unterschieden bei allen Hellig-

keiten bis zum beleuchteten Tuschwarz herab.<sup>1</sup> In dem Verhältniß der Intensität von Bild 1 und 2 scheint mir dabei eine interessante Verschiebung einzutreten: bei einer gewissen Helligkeit glaube ich zu beobachten, daß das zweite Bild eine grössere Lichtstärke hat, als der Reiz selbst. Auf die Frage, ob für dieses Verhalten die absolute Helligkeit des Objects oder die Differenz zwischen ihm und dem Grunde maßgebend ist, komme ich bei einem späteren Versuch zurück.

Ich sehe das Phänomen ebenso bei allen Zeiten der Einwirkung bis etwa zu der von  $\frac{1}{4}$  Secunde. Nimmt man die Einwirkungsdauer noch länger, so verändert sich die Erscheinung etwas. Ein Nebel taucht nämlich nun bereits in dem Augenblick auf, wo das Object verschwindet. Er ist viel weniger hell und deutlich als der des dritten Bildes und beschränkt sich nicht auf die das Object unmittelbar umgebende Zone, sondern füllt das ganze Gesichtsfeld aus. Er schwindet, bis vielleicht auf seine äußerste Peripherie, während des zweiten Bildes, wo der bekannte dunkle Ring das Object umgiebt, und kehrt nach demselben wieder. Nimmt man die Zeiten noch länger, 1 Secunde etwa, so sieht man deutlich, wie nur die nächste Zone um das Object während des zweiten Bildes zu einem dunklen Ring schwindet; der Nebel „teller“, wie AUBERT solche Erscheinungen nannte, stellt sich als eine Erscheinung dar, die ununterbrochen von dem Aufhören des Reizes an bis in späte Zeiten des dritten Bildes hinein dauert. Bei einer Dauer von 2 Secunden zeigen bereits alle drei Bilder einen deutlichen Contrast, die beiden letzten aber wohl mehr als das Object selbst. Auch hier scheint noch ein kurzes Intervall zwischen den beiden ersten Bildern zu liegen, ebenso bemerkt man eine gewisse Analogie des zweiten Intervalles daran, daß der Nebel einen Moment gegen das Bild anläuft. Merkwürdig ist, daß trotz dieser Mehrerscheinung zwischen Bild 1 und 2 — Auftauchen des Nebeltellers — das letztere nicht langsamer, sondern eher rascher auf das Object zu folgen scheint. Es läßt sich aber schwer sagen, ob das Intervall wirklich kürzer ist, oder ob die längere Dauer des Reizes nur diesen Anschein hervorruft.

---

<sup>1</sup> Ueber ein gewisses Undeutlichwerden der Erscheinungen im letzteren Falle vergleiche S. 82.



## b) Die Versuche bei Verringerung des Contrastes.

Eine vorurtheilslose Betrachtung der vorstehenden Resultate macht es ohne Weiteres wahrscheinlich, daß die Beziehungen des Mittelfeldes zu der Umgebung für das Zustandekommen der Phänomene von Wichtigkeit sind. Um ihren Einfluß zu prüfen, wurde das Helligkeitsverhältniß zwischen beiden einer systematischen Aenderung unterworfen. Hierbei zeigte sich, daß in der Helligkeitsdifferenz von Mitte und Grund recht eigentlich die Ursache der dreifachen Erscheinung zu suchen ist.

Die Aufgabe besteht in der Verringerung oder Beseitigung des Contrastes. Das einfachste Verfahren hierfür scheint zunächst zu sein, daß man eine weiße Mitte continuirlich in den schwarzen Grund überführt. Es wurden zu diesem Zwecke auch solche Flächen auf lithographischem Wege hergestellt; sie entbehrten aber der wünschenswerthen Genauigkeit und hatten zudem den Fehler, daß die weiße Mitte nur punktförmig, in ihrer Ausdehnung also mit der auf contrastirendem Grunde beobachteten Fläche nicht übereinstimmend war. Sieht man mithin von der hier angedeuteten Verfahrensweise ab, so bieten sich zunächst zwei Methoden dar: man kann einmal den Grund bis zum völligen Zurücktreten des Contrastes aufhellen, und zweitens die weiße Fläche selbst soweit vergrößern, daß der Contrast räumlich ausgeschlossen wird. Offenbar ist das zweite Verfahren, die Vergrößerung der Beobachtungsfläche, nur ein specieller Fall des ersten; denn ich kann jede hinreichende große Fläche willkürlich aus einem mittleren Felde und einem umgebenden Grund bestehend auffassen. Schneide ich z. B. in meiner Auffassung aus einer Kreisfläche von 12 cm Durchmesser eine Mitte von 6 cm Durchmesser aus und stelle meine Aufmerksamkeit auf diese ein, so ist hiermit nur der extremste Fall der ersten Methode gegeben.

Es sind aber principiell auch die Umkehrungen dieser beiden Methoden zu erwähnen. Man kann die Helligkeit des Mittelfeldes selbst bis zur Contrastunfähigkeit verringern und man kann die beobachtete Fläche so verkleinern, daß die Contrastwirkung minimal wird. Letzteres führt ganz von selbst zu den Erscheinungen der Macula und des stäbchenfreien Centrums. —

Ich beschreibe zunächst die Resultate der ersten Methode. Für alle Versuche hatte die Oeffnung des Diaphragmas, hinter welcher die früher erwähnte Holztafel sichtbar war, im Durchmesser 12 cm. Die in der Mitte der Holztafel mit Reissnägeln befestigte weisse Scheibe betrug 6 cm im Durchmesser; man muß für sie zu der Entfernung des Auges von der Thür noch die etwa 20 cm hinzufügen, welche die Holztafel von dieser entfernt war. Uebrigens sind die Gröfsenverhältnisse relativ gleichgültig.

Bringt man die weisse Scheibe auf Tuschschwarz, welches bei der benutzten Beleuchtung eine geeignete Uebergangsstufe zu ausgesprochenen Helligkeiten abgab, oder ein sehr dunkles Grau, so sieht man in den beiden Intervallen die Umgebung als einen blassen Teller auftauchen. Je kürzer die Zeiten sind, umsoweniger kann man bestimmen, ob der erste Schein mit dem Reiz zugleich oder unmittelbar nach demselben kommt. Nimmt man andererseits die Zeiten zu lang (über  $\frac{1}{8}$  Secunde etwa), so wird das Phänomen dadurch undeutlich, daß dieser Schein überhaupt nicht mehr schwindet, nur in der zweiten Phase einen dunklen Ring läßt. Die Erscheinungen gleichen so merkwürdigerweise völlig denen, welche man bei langen Zeiten auf tiefstem Schwarz erhält.

Hellet man den Grund noch weiter auf, so kommt man alsbald zu einem Punkt, wo die Erscheinungen des Mittelfeldes vom Augenblick des Reizes bis zum letzten Verklingen des Bildes einen vollkommen continuirlichen Eindruck hervorrufen.

Es ist hier freilich kein Sprung vorhanden, so daß auf einmal ein einziges Bild an Stelle der drei träte; vielmehr sieht man genau in dem der zweiten Phase entsprechenden Augenblick die Peripherie des Mittelfeldes aufleuchten, wie immer umgeben von einem dunklen Ring. Es ist also das Analogon der sonstigen Erscheinungsweise zu beobachten, dabei jedoch so abgeschwächt, daß es nicht mehr den Eindruck getrennter Bilder hervorzurufen vermag.

Auf diese Abschwächung muß noch etwas näher eingegangen werden. Da der Eindruck des zweiten Bildes dadurch hervorgerufen wird, daß die sinkende Abfallcurve noch einmal sehr schnell wieder ansteigt, so muß das Aufhören dieses Eindruckes, da ein langsamerer Eintritt der zweiten Phase im Wesentlichen nicht zu beobachten ist, offenbar durch das Geringer-

werden der Höhendifferenz zwischen Senkung und nachfolgender Erhebung der Curve bedingt sein. Eine Verringerung dieser Differenz kann nun sowohl dadurch zu Stande kommen, daß die Empfindung zu einer nur geringeren Höhe wieder ansteigt, als auch dadurch, daß die auf den Reiz folgende Senkung der Curve selbst flacher verläuft, d. h. daß die Erregung langsamer abklingt. Wirklich ist auf einem Grunde von mittlerem Grau die Helligkeit der weissen Mittelscheibe, in dem Augenblick, wo die Aufhellung und der Contrast einsetzt, noch deutlich gröfser als die derselben Scheibe auf schwarzem Grunde. Dies führt zu Verhältnissen, welche späterhin zur Sprache kommen; hier soll nur betont werden, daß die Aufhellung des Grundes, welche den Anschein der Mehrschlägigkeit aufhebt, diese Wirkung eigentlich nicht allein durch die Verringerung des Contrastes als solchen erzielt.

Bei denselben Bedingungen nun, wo diese Aenderung an den Erscheinungen der Mitte auftritt, beginnen die bekannten drei Phasen an dem umgebenden Grunde aufzutreten. Man nimmt jetzt hier einen dreifachen Rhythmus wahr. Das Phänomen wird dadurch noch complicirter, daß in demselben Augenblick, wo (in der zweiten Phase) die äufsere Zone des Grundes die Aufhellung erfährt, die der Mitte zuliegende Zone sich in den dunklen Ring verwandelt. Derjenigen Versuchsperson, welche sich einfach dem hingiebt, was ihre natürliche Aufmerksamkeit auf sich zieht und auf Einzelheiten weniger achtet, drängt sich diese Verschiebung des ganzen Phänomens bisweilen ganz besonders auf. So gab Versuchsperson H. an, daß die Mitte ununterbrochen abklinge, während der Grund jetzt die sonst in der Mitte vorhandenen Phasen zeige. Ebenso erschien Sp. das Phänomen der Mitte einheitlich. B. gab für die Mitte nur das erste Mal „ein einziges Bild“ an, später trat für ihn die Schwankung im Verlauf schon stärker hervor. Einige Versuchspersonen werden auch gerade durch den raschen Wechsel der Erscheinungen des Grundes von der Concentration auf die Mitte abgezogen. Für sie muß man die Blende ganz entfernen und so durch eine gröfsere Ausdehnung des Grundes den störenden Umstand beseitigen. Ich will noch als von Wichtigkeit hervorheben, daß die Aufhellung an der Aufsenszone des Grundes und am Rande des Mittelfeldes selbst nicht nur in demselben Augenblick auftreten, sondern auch keinen Unterschied in ihrer In-

tensität erkennen lassen, obwohl im Reiz die Mitte hellweifs, der Rand dagegen nur ein schwaches Grau ist: wenngleich alle quantitativen Bestimmungen in dieser Arbeit durchaus nur als provisorisch angesehen werden müssen. Bei längeren Zeiten der Reizeinwirkung grenzt sich auch hier die Mitte noch einmal gegen den Grund in der dritten Phase ab.

Der Fall, welchen ich eben beschrieben habe und bei welchem das weifse Mittelfeld einem etwa mittleren Grau aufliegt, dessen Nuance übrigens bei verschiedenen Individuen verschieden zu nehmen ist, stellt die für den vorliegenden Zweck günstigste Combination dar.

Man sollte erwarten, dafs bei weiterer Aufhellung des Grundes die Einheitlichkeit der Erscheinung immer deutlicher würde. Die Erfahrung bestätigt dies nicht. Es kommen Umstände hinzu, die, an sich aufschlufsreich, doch die Continuität des Ablaufes beeinträchtigen.

Nimmt man ein noch helleres Grau als Grund, so zeigt sich folgendes: Unmittelbar nach dem Schwinden des Reizes sieht man eine gleichmäfsig helle Fläche. In dem der zweiten Phase entsprechenden Augenblick hebt sich die weifse Scheibe klar vom Grunde ab. Sie macht sogleich wieder einer gleichmäfsigen Fläche Platz, um (bei etwas längeren Zeiten der Reizeinwirkung) später noch einmal sichtbar zu werden. Indem so das Mittelfeld abwechselnd in den Tractus der Gesamterscheinung untertaucht und sich daraus emporhebt, wird naturgemäfs der Eindruck des continuirlichen aufgehoben, umsomehr, als auch der Grund seinerseits einen den drei Phasen entsprechenden Rhythmus zeigt. Der Augenblick der Aufhellung des Grundes und des Widersichtbarwerdens der Mitte fallen hier nicht mehr zusammen.

Wählt man das Grau noch mehr nach Weifs hin, so kommt man zu einer Helligkeit, bei der während des Reizes selbst ein Unterschied zwischen Grund und Mitte überhaupt nicht mehr wahrgenommen wird, die Fläche vielmehr vollkommen einheitlich erscheint. Erst in dem der zweiten Phase entsprechenden Augenblick (bei längeren Zeiten der Reizeinwirkung später noch einmal) hebt sich die Mitte als ein helleres Feld von dem Grund ab; und die Versuchsperson, nicht wissend, welches Object ihr geboten wird, ist erstaunt, in einem späteren Augenblick auf

einmal eine hellere Mitte auftauchen zu sehen, von welcher sie während des Reizes nicht das Geringste bemerken konnte. Da die Erscheinung nicht durch Verhältnisse des Anklingens erklärt werden kann, so ist damit das spätere Auftreten eines verstärkten Contrastes endgültig erwiesen. Bei längeren Zeiten (etwa über  $\frac{1}{2}$  Secunde) wird der Unterschied der Helligkeiten bereits während des Reizes selbst beobachtet, eine Thatsache, die theoretisch nicht ohne Wichtigkeit ist.

Schließlich sei noch erwähnt, daß in allen soeben besprochenen Fällen es nicht ausgeschlossen ist, daß nach Ablauf der ganzen Erscheinung ein viertes negatives Bild auftaucht, in welchem nun die Mitte dunkel, die umgebende Fläche aber hell ist. Der Vollständigkeit wegen sei ferner hinzugefügt, daß man diese Versuche natürlich in allen möglichen Variationen wiederholen kann, ein Grau auf schwarzen Grund bringen u. s. w. stets mit entsprechenden Resultaten.

Im Anschluß an das Vorstehende mögen diejenigen Versuche eine kurze Erwähnung finden, in denen umgekehrt eine dunkle Mitte auf hellerem Grunde ruhte. Die Erscheinungen sind in diesem Falle den oben beschriebenen vollkommen analog. Ob ich ein schwarzes oder graues, ein farbloses oder farbiges Mittelfeld nehme, sofern es nur dunkler ist als der Grund, wird es in einem bestimmten Augenblick nach Aufhören des Reizes einfach zu einer mehr oder weniger dunklen Grube herabgedrückt. Entsprechend dem im zweiten Intervall auftretenden und das dritte Bild umgebenden Nebelhof wird ferner das Mittelfeld, sofern es klein ist, nach dem zweiten Bilde von einer geringen Helligkeit ausgefüllt, so daß für eine kurze Zeit die Fläche gleichmäßig erscheint. Es ist aber diese Erscheinung keineswegs mit dem von Hess angegebenen negativen Bild<sup>1</sup> identisch (helle Mitte auf dunklem Grunde), vielmehr habe ich niemals eine auch nur um Weniges hellere Mitte zwischen den 3 Bildern beobachten können.

In den bisherigen Versuchen liegen bereits diejenigen Factoren, welche das Zustandekommen des dreimaligen Bildes bedingen, vollkommen zu Tage. Ich fasse sie kurz in drei Hauptsätze zusammen:

1. Die Erscheinung eines dreifachen Bildes wird allein durch die Helligkeitsdifferenz von Mitte und Grund bewirkt. Schwächt man diese in geeigneter Weise ab, so sieht man ein einziges zwar schwankendes, aber völlig continuirliches Phänomen.

<sup>1</sup> Vgl. S. 64 Anm. 1.

2. Die in Betracht kommende Wirkung dieser Helligkeitsdifferenz äußert sich wesentlich in dem späteren Auftreten eines verstärkten Contrastes. Verringert man sie soweit, daß die durch den verspäteten Contrast bedingte Erhebung der Abfallcurve den Anschein eines getrennten Bildes nicht mehr hervorruft, so bleiben nicht zwei Bilder, sondern ein einziges.

3. Dieser Contrast tritt in den Fällen, welche der Beobachtung während ihres ganzen Verlaufs zugänglich sind, auf einem relativ frühen Stadium der Abklingungcurve ein. Darüber, ob es vorkommt, daß er die Empfindung erst auf ihrem Nullpunkt erreicht, kann nichts ausgesagt werden. Er ist unvergleichlich viel stärker als der meist nur geringe oder auch gar nicht wahrnehmbare Contrast während der Reizwirkung selbst. Er folgt nicht unmittelbar auf den Reiz, sondern ist durch ein Intervall völliger Contrastlosigkeit von ihm getrennt.

4. Man kann noch hinzufügen: Tritt überhaupt ein negatives Bild deutlich hervor, so wird es erst nach den positiven Bildern beobachtet.

Es ergibt sich ferner aus den Versuchen, daß zur Beobachtung der Erscheinungen der günstigste Grund für die weiße Mitte nicht die das tiefste Schwarz gebende Oeffnung der Dunkeltonne ist, sondern ein solcher, der ohne den Eindruck der Dreischlägigkeit für die Mitte aufzuheben, zugleich die eigenen Vorgänge mit möglichster Deutlichkeit wahrnehmen läßt. Das Analoge gilt für die Versuche, bei denen eine dunkle Mitte auf hellerem Grunde beobachtet wird. —

Die anderen Methoden bringen im Wesentlichen nichts Neues. Vergrößert man den Umfang der weißen Fläche, so hört bei einer Ausdehnung, welche von völliger Ausfüllung des Gesichtsfeldes noch weit entfernt ist, der Eindruck der Dreischlägigkeit auf. Man beobachtet einen Moment nach Aufhören des Reizes ein Hellerwerden der äußeren Zone, der Eindruck getrennter Phasen wird nicht mehr hervorgerufen. Dies kann seinen Grund nicht darin haben, daß bei weiterer Ausdehnung physiologisch ungleichwerthige Netzhauttheile an der Erscheinung theilnehmen. Erstens nämlich beobachtet man bei gewöhnlichem Umfange des Objects die drei Bilder auch dann, wenn das Object eine periphere Lage besitzt<sup>1</sup>, und zweitens ist es ja gerade

<sup>1</sup> CHARPENTIER beobachtete die Phänomene sogar besser peripher als  
Zeitschrift für Psychologie 23.

die äusserste Zone des Reizfeldes, an der die Aufhellung sich vollzieht. Unsicher schien es mir indessen, ob nicht stets auch die mittleren Theile einen gewissen Helligkeitszuwuchs in dem betreffenden Momente erhalten. Ich zog daher hier einmal im Voraus die farbigen Reize zu Rathe, bei denen dem zweiten Bild die complementäre Färbung entspricht. Wirklich zeigte sich, dafs in den meisten Fällen auch die Mitte des Objects diesen Farbenwechsel erfährt. Es dürfte daher das Aufhören einer Trennung der Bilder bei grosser Ausdehnung wesentlich durch die günstigeren Verhältnisse für die Aufmerksamkeit bedingt sein.

Der eigentliche Zweck dieser Versuchsreihe, die Ausdehnung der Lichtfläche über die ganze Netzhaut, konnte wegen der technischen Schwierigkeiten nicht verwirklicht werden. Es mag daher folgende Bemerkung von GÖTZ MARTIUS (*Beiträge zur Psychol. u. Philos.* Bd. I, 1. Heft, S. 50) an dieser Stelle Platz finden:

„Wo keine Helligkeitsdifferenzen im Gesichtsfeld vorhanden sind, giebt es gar keine Nachbilder, es mag die einwirkende Helligkeit noch so stark sein. Man kann dies schon constatiren, wenn man einen einige Quadratmeter grossen Cartonbogen so vor das Auge hält, dafs das ganze Gesichtsfeld gedeckt ist . . . Fixirt man auf einer ununterbrochenen Schneefläche einen Punkt längere Zeit, ohne dafs andere Gegenstände im Gesichtsfelde wären, so tritt kein Nachbild auf.“ Wie man sieht, handelt es sich hier freilich um wesentlich längere Zeiten. —

Auch bei allzugrosser Herabminderung der Helligkeit verschwindet die Dreischlägigkeit; hierbei wird aber zugleich die ganze Erscheinung undeutlicher. Immerhin beobachtet man noch, wie schon Eingangs erwähnt, einen Augenblick der Aufhellung des Randes, ja selbst den geringeren Nebelhof, der das dritte Bild charakterisirt.

Man könnte hiernach zu der Auffassung gelangen, dafs auch bei Aufhellung des Grundes das weisse Feld durch den geringeren Contrast physiologisch so lichtschwach würde, dafs es

---

bei directer Fixation. Die entgegengesetzten Erfahrungen von FRANZ (a. a. O. S. 29f.) beweisen für unseren Fall nichts, da die Reizdauer bei ihm 5 Secunden betrug; dafs aber bei längeren Zeiten ein abweichendes Verhalten der peripheren Nachbilder eintritt, ist längst bekannt und erst kürzlich wieder im Einzelnen festgestellt worden.

keine getrennten Bilder mehr hervorzurufen vermag. Abgesehen davon, daß ja gerade der Contrast während des Reizes selbst nur relativ gering ist, widerspricht dem auch die Thatsache, daß gerade die Mehrschlängigkeit der Umgebung, im Verhältniß zu der die Mitte als heller erscheint, in demselben Sinne an Deutlichkeit zunimmt, als sie in der Mitte geringer wird. Umgekehrt vielmehr wird man die Annahme, daß das Fehlen der nöthigen Helligkeitsdifferenz der wesentliche Factor sei, auch auf den vorliegenden Fall ausdehnen; nimmt man das Object zu lichtschwach, so wird eben der Unterschied selbst vom Schwarz zu gering, um noch einen genügenden Contrast zu bewirken.

Eine Abnahme des dreifachen Rhythmus zugleich mit geringerer Deutlichkeit der ganzen Erscheinung findet sich schliesslich auch bei sehr großer Verkleinerung des Gesichtsfeldes. Wirklich erscheinen die Phänomene bei einer Helligkeit, die in grösserer Ausdehnung noch deutlich getrennte Bilder hervorruft, bei einem Umfang von der Grösse des stäbchenfreien Bezirks der Macula bereits unklar.<sup>1</sup> Immer aber giebt es eine grössere Helligkeit, welche auch bei solcher Objectgrösse und strengster Fixation Dreischlängigkeit hervorruft. Zweierlei ist ausserdem zu berücksichtigen. Erstens nämlich ist es vom v. KRIES'schen Standpunkt aus nicht genug, daß ein Bild statt dreier oder zweier da ist, dieses eine müßte auch in seiner Dauer der minimalen Zeit entsprechen, welche vor dem zweiten Bilde liegt. Nach meinen Beobachtungen hingegen entspricht die Zeit ihrer Grössenordnung nach durchaus der Dauer des ganzen Phänomens. Zweitens muß besonders bei Anwendung der B-Methode das berücksichtigt werden, was MAXWELL, HELMHOLTZ, KUNKEL als „Trägheit des Netzhautcentrums“ beschrieben haben. Es kann dadurch, daß die Erscheinungen hier träger auftreten, bei wandernder Aufmerksamkeit leicht der Eindruck völligen Fehlens

---

<sup>1</sup> Ich habe bei diesen Versuchen auch die Macula mit einer gleich grossen extramacularen Stelle verglichen, wobei sich wesentliche Verschiedenheiten zwischen beiden nicht zeigten. Zu diesem Behufe hatte ich in einem schwarzen Pappschild zwei Löcher von der erforderlichen Grösse angebracht; genau zwischen ihnen lag der Leuchtpunkt, eine Vorsichtsmaßregel, die durch die Beobachtungen von HESS (III) nöthig geworden ist. Fixirte ich z. B. rechts von ihm, so erschien der linke Lichtfleck peripher.



einer Phase im Centrum hervorgerufen werden. Ueberhaupt muß aber auch in den obigen Versuchen dahingestellt bleiben, ob nicht das Undeutlicherwerden der Erscheinungen bei minimaler Ausdehnung allein darin seinen Grund hat, daß letztere eben für die Beobachtung ungünstig ist.

Nach allen diesen Ergebnissen ist die alte Bezeichnungsweise der Phänomene nicht mehr wohl angängig. Wir haben es ja nicht mit wirklich getrennten Bildern zu thun, sondern mit verschiedenen besonders hervortretenden Phasen einer einzigen Erscheinung, welche nur dadurch den Eindruck der Mehrschlägigkeit hervorruft, daß sie an irgend einer Stelle ihrer Abfallcurve eine — durch den auftretenden Contrast charakterisirte — Ausbuchtung nach oben erfährt. Man darf die Erscheinungen auch nicht ohne Weiteres mit jenen „Nachbildern“ identificiren, welche bei längerer Einwirkungsdauer entstehen. Eine Untersuchung derselben liegt außerhalb des Rahmens dieser Arbeit; es wird sich aber bei den Versuchen mit farbigen Reizen eine Thatsache ergeben, welche bestimmt gegen eine solche Identification spricht. Will man eine Trennung vornehmen, so muß man das primäre, secundäre und tertiäre Bild zusammen als positives Bild dem bisweilen, bei manchen Versuchspersonen fast immer erscheinenden quaternären als dem negativen Nachbild gegenüberstellen, das aber, was man bisher als die drei Bilder bezeichnet hat, als die drei Phasen des positiven Bildes auffassen.

Aber auch eine einfache Benennung der Phasen mit Zahlen hat ihre Nachtheile. Diese Zählung wurde von BOSSCHA eingeführt und hat dadurch, daß sie die klar hervortretenden Bilder gegenüber den Intervallen als das Wesentliche herausstellte, sicherlich zu einer klareren Auffassung beigetragen. Es kommen aber Fälle vor, in denen zwei Phasen zusammenfallen und zwar dieselbe Phase einmal mit dieser, ein anderes Mal mit jener. Bei den kürzesten Zeiten sah ich z. B., was ich aus den Versuchen mit farbigen Reizen hier vorwegnehme, auf gelbliches Roth eine bläuliche zweite Phase folgen. Verringerte ich nun die Helligkeit, so sah ich als ersten Eindruck ein bläuliches Roth, und es blieb für mich unmöglich, die objective Farbe wahrzunehmen.<sup>1</sup> Ebenso geht aus den Aussagen der Versuchs-

<sup>1</sup> Diese Erscheinung erinnert an ähnliche bei Versuchen, die ich vor

personen oft deutlich hervor, daß die erste Phase ihnen einfach entgangen ist. Hier also wird die zweite Phase als erste bezeichnet. Bei anderen Versuchen hingegen — z. B. weiß auf Tuschwarz bei etwas längeren Zeiten — wird die Abgrenzung zwischen zweiter und dritter Phase undeutlich, so daß man beide leicht für eine einzige halten kann. Vollends in jenen Fällen, wo von der Versuchsperson die dritte Phase bisweilen gesehen wird, bisweilen ihr entgeht, während nun zugleich das negative Bild deutlich hervortritt, erhält man unter der Bezeichnung des dritten Bildes völlig verschiedene Dinge. Erst auf Befragen erfährt man, daß das anders erscheinende dritte Bild viel später gekommen sei. In Wirklichkeit war es das vierte; das dritte blieb unbemerkt. Man wird also besser thun, an Stelle der Zahl das wirklich charakteristische einer jeden Phase zu setzen und so den Reiz, die Contrastphase und die abklingende Phase zu unterscheiden; alle zusammen als positives Bild werden dem negativen Nachbild gegenübergestellt.

### c. Theoretische Hinweise.

Das Zustandekommen der Dreischlägigkeit durch das spätere Auftreten eines verstärkten Contrastes ist zunächst mehr die Beschreibung einer Thatsache als eine Erklärung. Eine solche heute schon zu geben, ist aber überhaupt mißlich, weil über die intimen Verhältnisse des Contrastes zu wenig bekannt ist. Wenn also im Folgenden der Versuch einer Erklärung gemacht wird, so kann er doch nicht unbedingt mit dem rein Thatsächlichen verknüpft werden.

Da nach unseren allgemeinen Erfahrungen es ausgeschlossen ist, daß irgend eine spätere Stelle der Abklingungscurve einen Contrast sollte hervorrufen können, welcher größer wäre, als der durch den Reiz selbst bedingte, da ferner in dem Fall, wo auch dem Grunde eine gewisse Helligkeit mitgetheilt wird, durch das raschere Abfallen der höheren Helligkeitscurve die Höhendifferenz zwischen beiden Curven sich in einem dem Contrast

---

dieser Arbeit über das Anklingen der Farben mit dem Fallapparat anstellte. Hierbei sah ich niemals die Farbe des Objects selbst, vielmehr durchgehends einen blaß bläulichen Ton; es erklärt sich dies wohl dadurch, daß ein Fixationspunkt fehlte und so die zu spät kommende Aufmerksamkeit erst die complementäre Phase erhaschte.

ungünstigen Sinne verschiebt, so giebt es hier zunächst nur zwei Möglichkeiten: entweder liegt es im Wesen des Contrastes selbst, daß er zu seinem Zustandekommen einer gewissen Zeit bedarf, oder es wirken während des Reizes Umstände mit, welche sein Zustandekommen hindern.<sup>1</sup>

Die Thatsache, daß der Contrast zu seinem Zustandekommen einer gewissen Zeit bedarf, hat bereits MACH in seiner Abhandlung „Ueber die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut“<sup>2</sup> behauptet. „Es scheint hiernach“, sagt er (S. 317), „daß zum Zustandekommen unserer Erscheinung (d. h. des Contrastes) eine gewisse Zeit erforderlich ist.“ Der oben (S. 80) beschriebene Versuch, wo bei geringstem Helligkeitsunterschied zwischen Grund und Mitte zum Erkennen der letzteren während des Reizes selbst eine gewisse Dauer erforderlich war, ist, wenn man die Ursache nicht in Verhältnissen der Unterschiedempfindlichkeit suchen will, dafür ein unmittelbarer Beleg. Aber man muß hier scharf unterscheiden. Auch zum Zustandekommen einer jeden Lichtempfindung ist eine gewisse Dauer erforderlich, eine Einwirkungsdauer des Reizes nämlich. In gleichem Sinne hat wohl MACH die gewisse Zeit verstanden, und eine solche Deutung legt auch unser obiger Versuch zunächst nahe. Eine Erklärung unseres verspäteten Contrastes wäre aber nur durch die Annahme sozusagen einer Entwicklungsdauer gegeben: Die an und für sich ausreichende Kraft würde eine gewisse Zeit zur Entfaltung ihrer maximalen Wirkung erfordern. Hiergegen aber sprechen drei Thatsachen:

Erstens tritt ein verspäteter Contrast auch noch bei Reizen von solcher Länge auf (nicht ganz eine Secunde z. B.), daß ihre Einwirkungsdauer allein jener Zeit entspricht, während der bei kürzesten Zeiten der Reiz und die Contrastphase zusammen verlaufen. Zweitens steigt der Contrast auch gar nicht vom Augenblick des Reizes bis zu der in der Contrastphase erreichten Höhe an, sondern beide Phasen sind durch ein Intervall völliger Contrastlosigkeit von einander getrennt. Endlich ist auch jener Contrast seiner Stärke nach nicht einfach gleich dem bei ge-

<sup>1</sup> Es ist hier zunächst die Voraussetzung gemacht, daß auch die abklingende Empfindung noch eine contrasterregende Wirkung hat.

<sup>2</sup> *Wiener Berichte* 52, Abth. 2 (1865).

wöhnlicher Betrachtung vorhandenen Contrast, sondern entschieden viel stärker. Ja es tritt die Contrastphase sogar in Fällen auf, wo der objective Reiz lange genug währt, um während seiner Dauer selbst den normalen Contrast, wie er bei gewöhnlicher Betrachtung auftritt, hervorzurufen.

Bereits HELMHOLTZ erwähnt in seiner Physiologischen Optik (2. Aufl. S. 503f.), daß „im positiven Nachbild oft auch Grade der Helligkeit bemerkbar werden, welche beim directen Anblick wegen zu großer Helligkeit nicht unterschieden werden. Dreht man z. B. eine Lampe mit rundem Docht schnell aus, während man nach der erlöschenden Flamme hinblickt, so erkennt man im Nachbild die grössere Helligkeit der Ränder im Vergleich zur Mitte der Flamme, welche man bei der directen Betrachtung schwer bemerkt.“ Man sieht, bei wie relativ primitiven Versuchen die Contrastphase schon hervortritt, wie denn überhaupt ihr Auftreten auch bei Aufserachtlassung der in dieser Untersuchung beobachteten Vorsichtsmaafsregeln und Ueberschreiten der zeitlich innegehaltenen Grenzen stets mit völliger Deutlichkeit zu beobachten ist. HELMHOLTZ' Versuch freilich, seine Erscheinung aus der Unterschiedsempfindlichkeit zu erklären, geht schon deswegen nicht an, weil auch bei Reizen, deren Lichtstärke noch geringer ist als die der Contrastphase grösserer Helligkeiten, ein solches deutliches Hervortreten des Randes während der Einwirkungsdauer nicht zu beobachten ist, wohl hingegen in der zugehörigen Contrastphase. Zudem ist ihm offenbar das Intervall völliger Contrastlosigkeit entgangen, dessen Vorhandensein eine derartige Erklärung überhaupt nutzlos macht. —

Führt also unsere erste Annahme zu keinem Resultate, so ist hingegen ein dem Hervortreten des Contrastes während der Reizeinwirkung nachtheiliger Umstand in der physikalischen Zerstreuung des Lichts gegeben, welche innerhalb des Auges erfolgt. Diese wirkt dahin, daß am Rande des Reizfeldes selbst die Lichtstärke geringer ist, während entsprechend die angrenzende Zone des Grundes eine Aufhellung erfährt. Es ist z. B. eine bekannte Thatsache, daß ein schwarzes Feld auf farbigem Grunde zunächst einen schwachen Schimmer von derselben Farbe zeigt.<sup>1</sup> Suchen wir nun von diesem Gesichtspunkte aus mit Zugrundelegung der von G. E. MÜLLER eingeführten chemischen Betrachtungsweise zu einer Erklärung zu gelangen, so liegt vielleicht folgender Gedankengang nahe:<sup>2</sup>

Die Umgebung (Grund) erhält während der Lichteinwirkung einen objectiven Reiz (das zerstreute Licht). Hierdurch erfährt

<sup>1</sup> Vgl. z. B. EBBINGHAUS, Grundzüge der Psychologie, I, S. 223.

<sup>2</sup> Alles Nähere bei G. E. MÜLLER a. a. O. Cap. 3.

in den dem Grunde entsprechenden Netzhauttheilen  $K_n$  eine Erhöhung, welche eine Anhäufung von  $W$ -Material bedingt. Die letztere wirkt an und für sich im Sinne eines Uebergewichts der  $W$ -Reactionen über die  $S$ -Reactionen, im Sinne eines Ueberwiegens von  $J_w$  über  $J_s$ . Dieser Einfluss der Anhäufung des  $W$ -Materials wird indessen durch die von dem Lichtobjecte selbst ausgehende indirecte Reizung, welche umgekehrt im Sinne eines Ueberwiegens von  $J_s$  über  $J_w$  sich geltend macht (G. E. MÜLLER in der *Zeitschr. f. Psych.* Bd. 14, S. 29) mehr oder weniger compensirt. Bricht der Reiz ab, so sinkt zunächst mit der Stärke des vom Reiz bewirkten Erregungsprocesses auch die von letzterem ausgehende indirecte Reizung. Da nun aber mit dem Reize die Kraft weggefallen ist, welche im Sinne einer Umwandlung von  $N$ -Material in  $W$ -Material wirkte, so setzt jetzt eine lebhaftere Rückverwandlung von  $W$ -Material in  $N$ -Material ein; in Folge davon tritt sehr bald ein Ueberwiegen von  $J_s$  über  $J_w$  auf: wir beobachten die Contrastphase. Bei kurzen Reizen ist eine besondere Lebhaftigkeit jener Rückverwandlung von  $W$ -Material in  $N$ -Material um so einleuchtender, als die nutritiven Prozesse dann nicht so exact functioniren dürften. Ueberhaupt ist aber das Mitspielen der nutritiven Prozesse nicht zu vernachlässigen, und es ist z. B. ohne Weiteres klar, dass Betrachtungen wie die vorstehende nur dann Geltung haben, wenn die nutritiven Prozesse und in Folge dessen auch die durch den Reiz hervorgerufenen directen wie indirecten Erregungen relativ stark und nachhaltig sind, d. h. wenn das Abklingen der Erregung relativ langsam vor sich geht.

Der kurz vor der dritten Phase erscheinende Nebelhof stellt sich dann einfach als eine Ausgleicherscheinung dar, welche in dem Augenblick einsetzen muss, wo durch das Nachlassen der indirecten Reizung (das allmähliche Verblässen der Mitte) wiederum  $J_w$  das Uebergewicht über  $J_s$  bekommt.

Diese Ausführung würde nur das Schema geben, auf Grund dessen die einzelnen Fälle construirt werden müssten. Vor Allem wird man abwarten müssen, ob die quantitative Untersuchung der sich entgegenwirkenden Factoren (Lichtzerstreuung einerseits, Contrastwirkung andererseits) überhaupt für eine derartige Möglichkeit spricht; ferner ist eine Auseinandersetzung mit abweichenden Typen<sup>1</sup> unerlässlich. Wenn also auch die Durch-

<sup>1</sup> Vgl. das Schlusswort über die Versuchspersonen.

gängigkeit, mit welcher die Contrastphase auftritt, entschieden für einen constanten Factor spricht, wie die physikalische Lichtzerstreuung ihn gerade darstellen würde, so soll doch in Anbetracht der Mitwirkung, welche bei unseren Erscheinungen den nutritiven Processen zufällt, hier ausdrücklich jede Zurückhaltung bewahrt werden; denn da wir zur Zeit über die Verhältnisse der nutritiven Prozesse — „nutritiv“ im weitesten Sinne verstanden — noch nicht genügend aufgeklärt sind, da wir weder die Art noch den Grund noch die zeitlichen Verhältnisse ihres Einwirkens kennen, und da vor Allem die theoretisch so wichtige Frage ihrer Beziehungen zu den indirecten Reizungen noch eine offene ist, so kann vorläufig nicht entschieden werden, wie weit die Erscheinungen durch die indirecten Reizungen als solche, wie weit etwa durch Verhältnisse der Nutrition mitbedingt sind.

Die Begriffe der HERING'schen Assimilation, Dissimilation und successiven Lichtinduction können für die vorstehenden Resultate nicht herangezogen werden. Dies wäre nur möglich, wenn zwischen den beiden ersten positiven Phasen eine über den neutralen Punkt in entgegengesetzter Richtung hinausgehende Phase läge. Die Beobachtung zeigt davon nicht das geringste. Die Annahme, daß das Intervall zwischen dem Reiz und der Contrastphase etwa durch einen auf successiver Lichtinduction beruhenden Lichthof bedingt sei, macht schon der Umstand ganz unhaltbar, daß bei dem Elementarversuch eine Aufhellung des Grundes im ersten Intervall überhaupt nicht zu bemerken ist. In den oben geschilderten Fällen aber, wo eine solche thatsächlich eintritt, machen es sowohl die quantitativen Verhältnisse (niemals erreicht der Grund während des ganzen Verlaufs des positiven Bildes eine Helligkeit, die größer wäre, als die der Mitte) wie auch die Größe der Ausdehnung über den ganzen Grund unmöglich, in ihr einen Lichthof zu sehen. Als ein solcher könnte überhaupt höchstens der Nebelhof der abklingenden Phase betrachtet werden; doch bietet dieser auch für die Erklärung von anderem Standpunkte aus keinerlei Schwierigkeiten. —

Zum Schluß erfordert noch die Controverse, mit welcher HESS seine erste Arbeit eröffnet hat, ob nämlich die Gesichtsempfindungen nach Aufhören des Reizes im Sinne der von HELMHOLTZ, FICK u. A. beschriebenen Curve oder in fast unmeßbar kurzer Zeit abklingen, eine kurze Besprechung. Da

unsere Beobachtungen zu dem Resultat geführt haben, daß die „Nachbilder“ eine modificirte Abklingungskurve sind, so verückt sich die Frage für uns dahin, wie die Curve ohne diese Modification verlaufen würde. Daß sie länger als eine fast unmeßbar kurze Zeit dauert, geht schon daraus hervor, daß sie in allen der Beobachtung zugänglichen Fällen beim Eintritt der Contrastphase noch keineswegs ihren Nullpunkt erreicht hat. Mehr läßt sich aus den Versuchen aber auch nicht schließen. Erstens nämlich wurde eine gewisse Contrastaufhellung immer beobachtet, und zweitens sind gerade die beiden hauptsächlichsten Methoden zur Verringerung der Helligkeitsdifferenz von Grund und Mitte für die Beantwortung der hier aufgeworfenen Frage insofern nicht einwandfrei, als die Größe der Ausdehnung bei gleicher Helligkeit der Fläche selbst ein modificirender Factor für die Gesamtdauer ist. Eine weiße Fläche von größerem Umfange klingt um eine relativ beträchtliche Zeit länger ab, als eine gleich weiße kleinere. Dies tritt bereits bei geringer Variation der Ausdehnung in der primitiven Messung mit einem Metronom deutlich zu Tage. Während also die Aufhellung des Grundes die Wirkungen des Contrastes verringert, dient sie umgekehrt selbst dazu, die Erscheinung zu verlängern. An diese Thatsachen der räumlichen Ausdehnung des Lichtreizes anknüpfend, dürfte man noch zu interessanten Aufschlüssen auch in theoretischer Hinsicht gelangen.

## II. Die Erscheinungen bei farbigen Reizen.

### a) Versuche auf dunklem Grunde.

Die Darstellung der Versuche mit farbigen Reizen beginnend, möchte ich vorausschicken, daß dieselben nicht als etwas abschließendes gemeint sein können. Dies liegt nicht sowohl daran, daß die Spectralfarben selbst mir nicht zu Gebote standen; die Art der nachfolgenden Betrachtungsweise stellt vor Allem auch an die Versuchsanordnung wesentlich neue Anforderungen, insofern sie eine vollkommen unabhängige und meßbare Veränderung der einzelnen Factoren muß gestatten können. Nur so wird es möglich sein, endgültig zu entscheiden, wie weit die einzelne Erscheinung durch die Processe einer jeden in Betracht kommenden chromatischen Substanz, wie weit durch reine Helligkeitsverhältnisse bedingt wird. Nicht zuletzt werden die Phä-

nomene durch die specifische Helligkeit der Farben selbst complicirt. Auf eine solche systematische Untersuchung mußte ich zur Zeit verzichten. Im Folgenden kommt es allein darauf an, uns von dem bei farblosen Reizen gewonnenen Standpunkt aus mit den Erscheinungen bei farbigen Objecten auseinanderzusetzen. Dies wird vor Allem durch die nach der complementären Seite liegende Färbung der Contrastphase nöthig; denn offenbar scheint hier zunächst ein Widerspruch zu bestehen. Während die Contrastphase bei farblosen Reizen dadurch hervorgerufen wurde, daß die abklingende Curve noch einmal im Sinne des Reizes ansteigt, macht sich beim farbigen Bild gerade die entgegengesetzte Tendenz geltend; gelb wird in den meisten Fällen nicht noch einmal gelber, sondern umgekehrt bläulich. Diese Verschiedenheit darauf zurückzuführen, daß der farbige Proceß rascher abklingt (was allerdings zweifelsohne richtig ist), und daher die Contrastphase mit dem negativen Nachbild der chromatischen Substanzen zusammenfalle, geht schon deswegen nicht an, weil von mehreren Autoren, ebenso auch von mir und einem Theil meiner Versuchspersonen eine mit dem Reiz übereinstimmende Färbung der abklingenden Phase beobachtet worden ist.

Ich beschreibe zunächst die Resultate, die ich nach dem bisher fast ausschließlich angewandten Verfahren erhalten habe, bei welchem das farbige Object auf schwarzem Grunde dargeboten wird.

Ich beobachtete erstens das vom Auerlicht direct beschienene Milchglas, hinter dem farbige Gläser u. s. w. eingeschoben waren, zweitens auf der Holztafel oder auf der Dunkeltonne aufgespannte Pigmentpapiere in einer den Versuchen mit farblosen Reizen entsprechenden Anordnung.

Im ersten Fall sah ich den Reiz selbst und die abklingende Phase in der objectiv gegebenen Farbe (sie ist, wie bereits von Hess angegeben, in letzterer viel blasser als im Reiz und nur im ersten Augenblick zu beobachten). Die Contrastphase war bei Gelb bläulich, bei Gelbgrün röthlichblau, bei gelblichem Roth bläulich gefärbt; bei Blau gelang es mir hier nicht, eine complementäre Färbung wahrzunehmen, obwohl sie von den Versuchspersonen fast einstimmig angegeben wurde, vielmehr sah ich die zweite Phase auch in einem bläulichen Ton. Dies läßt sich nicht wohl, wie von KRIES es gethan hat, auf eine bläuliche



Reaction der Stäbchen zurückführen; denn während ich bei Gelb und Blau die Contrastphase bläulich sehe, erscheint sie bei reinem Weiß ohne jeden Farbenton.

Der Unterschied in der Physiognomie der Bilder besteht auch hier; die Contrastphase (Complementärphase) ist im Gegensatz zu den beiden anderen nicht einheitlich, unstät, von einem deutlichen Unterschied zwischen Peripherie und Centrum. Letzterer tritt, zumal bei Gelb und Roth noch mehr hervor, wenn man durch Verschieben farbiger Gläser und Gelatine die Sättigung noch verstärkt. Man sieht dann deutlich, daß überhaupt nur der Rand die complementäre Färbung erfährt, während in der Mitte kein Farbenwechsel stattfindet. Dies ist die Uebergangsform zu einer Erscheinung, welche mir wie den Versuchspersonen, ebenfalls bei Gelb und Roth, auffiel. Eine noch stärkere Sättigung macht nämlich den Farbumschlag nicht deutlicher, sondern bewirkt umgekehrt, daß auch die zweite Phase in der Farbe des Reizes und zwar ziemlich gesättigt erscheint. Davon, daß durch die Erhöhung des Sättigungsgrades die Lichtstärke so herabgesetzt worden sei, daß eine Contrastmöglichkeit nicht mehr recht da war, konnte wohl nicht die Rede sein.

Bei Pigmenten ist die complementäre Färbung der Contrastphase im Allgemeinen bei mir deutlicher, ich sah hier nach gelblichem Roth deutlich Grünblau, nach gelblichem Grün Purpur, nach Blau einen gelblichen Schimmer.

Das Verhältniß der Helligkeiten in den verschiedenen Phasen wird bei farbigen Objecten durch die specifischen Helligkeiten von Reizfarbe und Complementärfarbe entsprechend modificirt.

Bei längeren Einwirkungszeiten taucht die Farbe des Objectes nach der Complementärphase nicht wieder auf, während der Farbumschlag wohl deutlicher hervortritt. Bei einer Dauer von 2 Secunden sieht man unmittelbar nach Auffallen des zweiten Schirmes ein tief gesättigtes complementäres Bild, welches von einem mit der Farbe des Reizes annähernd übereinstimmenden Hof umgeben ist. Die Erscheinung bleibt relativ lange bestehen, schwankt auch etwas in ihrer Stärke.

Diese Versuche können über das Zustandekommen der Erscheinungen schlechterdings keinen Aufschluß geben, weil eine Trennung der dabei mitspielenden Factoren nicht stattfindet.

Eine jede Möglichkeit muß vielmehr zunächst einer gesonderten Untersuchung unterliegen.

b) Die Versuche bei Variirung des Grundes!

Drei Factoren sind hier vorhanden: erstens die Helligkeitsdifferenz zwischen Mitte und Umgebung, der Contrast im Gebiet der Weiß-Schwarz-Sinnes, zweitens der Contrast innerhalb eines jeden chromatischen Specialsinnes, drittens der Einfluß des ersteren auf die Vorgänge in den beiden chromatischen Specialsinnen, eventuell auch der Einfluß der letzteren auf einander.<sup>1</sup> Der Versuch, die betreffenden Erscheinungen des Schwarz-Weiß-Sinnes festzustellen, ist in dem ersten Theile dieser Abhandlung gemacht worden. Es bleiben zwei weitere Versuchsreihen übrig, in denen erstens bei möglichst gleicher Helligkeit von Mitte und Grund die Bedingungen des farbigen Contrastes eine systematische Aenderung erfahren, und zweitens bei möglichst gleicher Sättigung beider in entsprechender Weise das Helligkeitsverhältniß von Mitte und Grund die Variable abgiebt.

Legt man, analog dem Elementarversuch bei farblosen Objecten, eine gesättigt gelbe Scheibe auf ein neutrales Grau von gleicher Helligkeit, sodafs eine Helligkeitsdifferenz nicht mitspielt, dem Farbencontrast hingegen die für sein Zustandekommen günstigste Bedingung gewährt ist, so klingt die farbige Mitte ohne jegliche Phasen und ohne einen Farbenwechsel langsam und ruhig ab. In dem Augenblick, wo die äußere Zone des grauen Grundes in der Contrastphase aufblitzt, ist die Sättigung der Mitte noch kaum merkbar geringer als während des Reizes selbst. Die Farbe blasst dann rasch ab, so dafs die aus Scheibe und Grund bestehende Fläche gleichmäfsig in ihrer geringen Helligkeit erscheint. In derselben konnte ich etwas später oft deutlich eine bläuliche Färbung der Mitte wahrnehmen. Der neutrale Grund erscheint während des Reizes selbst in complementärer Färbung, ebenso wohl auch sein innerer Theil während der Contrastphase, doch wird das Phänomen des Grundes er-

---

<sup>1</sup> Dafs die Abklingungcurve des Mittelfeldes (das positive Bild) durch Veränderung des Grundes auch noch auf anderem Wege als der Verringerung oder Vergrößerung der Contrastwirkungen beeinflusst wird, ist bereits früher angedeutet worden. Auch im Folgenden ist auf diesen Umstand seines Orts ausdrücklich hingewiesen.

sichtlich dadurch undeutlich, daß er nach außen gegen die schwarze Umgebung anstößt, dem Einfluß der hieraus entspringenden Vorgänge also mit unterworfen ist.

Dieselbe Erscheinungsweise nun beobachte ich, gleichgültig ob ich dem Grund eine gelbliche oder bläuliche Nuance gebe. Sofern nur zwischen Mitte und Grund kein Helligkeitsunterschied besteht, klingt die Mitte stets ohne Schwankungen ab, zeigt der Grund eine mehr oder weniger complementäre Färbung. Der Behauptung BOSSCHA'S daß die complementäre Färbung des Grundes die zweite Phase deutlicher hervortreten läßt, muß ich also diese entgegengesetzte Beobachtung gegenüberstellen. Wahrscheinlich ist, daß er auf den Einfluß der Helligkeitsdifferenz keine Rücksicht genommen hat; wenigstens findet sich über diesen Punkt bei ihm nicht die geringste Erwähnung.

Der Farbencontrast verhält sich also nicht entgegengesetzt, sondern im Wesentlichen entsprechend dem reinen Helligkeitscontrast. Zwei Abweichungen, die sich gegenseitig ergänzen, müssen dabei hervorgehoben werden: Der Farbencontrast ist im Gegensatz zum bloßen Helligkeitscontrast schon während der Einwirkung des Reizes in gewöhnlicher Stärke da (soweit man wenigstens hier nur den Eindruck berücksichtigt; es ist freilich von vornherein ein Unterschied in der Färbung leichter zu bemerken, als eine bloß dunklere Nuance des neutralen Grau) und er tritt später nicht noch einmal in verstärkter Gestalt auf (kein nochmaliges Anwachsen der Sättigung auf einer bestimmten Stufe der abfallenden Farbencurve).

Um die Analogie mit den farblosen Helligkeiten ganz durchzuführen, ist es nöthig, auch das umgekehrte Verhältniß zu prüfen, weniger gesättigtes Gelb auf stärker gesättigtem, entsprechend einem dunkleren Grau auf hellerem Grunde. Das weniger gesättigte Gelb müßte dann entsprechend noch mehr nach blau hin verschoben werden, und zwar gemäß dem oben Gesagten, gleich während des Reizes. Bei diesem Versuch habe ich indessen kein deutliches Resultat bekommen, weil ich in der Auswahl des Materials zu beschränkt war. Doch giebt für diesen Fall schon das Verhalten des Grundes bei den obigen umgekehrten Versuchen eine Andeutung.

Noch etwas bedeutsames zeigt sich bei diesen Versuchen. Verläßt man die kurzen Zeiten des Momentverschlusses und

nimmt eine Dauer von 2 Secunden, so klingt die Farbe nicht mehr ruhig ab, sondern es taucht unmittelbar beim Auffallen des zweiten Schirmes ein durchaus komplementäres Bild auf, z. B. bei Blau auf gleich hellem grauen Grunde ein stark gesättigtes Gelb. Die Erscheinungen bei kurzdauernder Reizung sind also principiell von den „Nachbildern“ bei längerer Einwirkung verschieden. Bei letzteren ist es wirklich die „Ermüdung“, welche die complementäre Phase bedingt, eine Ursache, die wesentlich verschieden ist von der Ursache unserer Phänomene.

Dem oben Bemerkten gemäß gab ich andererseits Mitte und Grund dieselbe Färbung und hellte den letzteren vom Tuschwarz bis zur Helligkeit der Mitte auf. Durchgehends zeigte sich hier das umgekehrte Verhalten wie bei den obigen Versuchen; sofern nur der Grund dunkler war als die Mitte, erschien diese in der Contrastphase mit deutlich complementärer Färbung. Wird der Grund heller als die Mitte, so erscheint letztere dem oben Bemerkten entsprechend in der Contrastphase einfach dunkel. Von einer Farbe ist dann in den meisten Fällen nichts zu erkennen.

Da die dunklere Umgebung bei meinen Versuchen im Allgemeinen eine geringere Sättigung hatte als das Mittelfeld, so stellte ich noch eine Combination her, welche hierfür einen Ersatz bietet und zugleich die ganzen Reihen zusammenfaßt. Ich legte ein helleres und beträchtlich weniger gesättigtes Mittelfeld auf einen dunkleren und gesättigteren Grund. Bei Blau gelang es mir nicht, eine Nuance für die Mitte herauszufinden, welche nicht schon während des Reizes complementär gefärbt erschienen wäre. Hingegen fand ich ein helleres Gelb, welches auf einem dunkleren gesättigteren Grunde während des Reizes selbst deutlich gelblich, in der Contrastphase bläulich auf gelbem Grunde<sup>1</sup> erschien, und doch gab die Mitte, allein auf schwarzem Grund gebracht, ein viel weniger ausgesprochenes Blau in der Complementärphase, als das Pigment des gesättigteren Grundes unter derselben Bedingung.

Das Ergebniss dieser vorläufigen Versuche fasse ich kurz dahin zusammen:

1. Die Bedingung für das Zustandekommen der Complementärphase ist die Helligkeitsdifferenz von Mitte und Grund. Hebt

<sup>1</sup> Auch hier ist die Farbe des Grundes da, wo er unmittelbar an Schwarz angrenzt, unklar, wie dies bereits oben ausgeführt ist.

man den Helligkeitscontrast auf, so klingt das farbige Feld ohne Schwankung und ohne Farbenwechsel ab. Der Eintritt der complementären Farbe fällt mit dem der Contrastphase zusammen, so daß in dieser ein positives complementäres Bild vorhanden ist.

2. Der Contrast innerhalb eines chromatischen Specialsinnes allein ist nicht im Stande, eine complementäre Phase hervorzurufen. Er tritt bereits während des Reizes deutlich hervor. Ein Widerspruch zu den farblosen Reizen besteht nicht.

3. Man kann noch hinzufügen: Ein negatives complementäres Bild wird, soweit es überhaupt deutlich hervortritt, erst nach den positiven Phasen beobachtet. —

Hiermit sind wir auf dem der früher angeführten Anschauungsweise genau entgegengesetzten Pol angelangt. Die zweite Phase ist nicht durch den Farbumschlag, auch nicht durch das Hinzutreten der Complementärfarbe zu einer an sich dunklen Strecke bedingt, sondern auch bei Abwesenheit aller Farbe vorhanden; es ist sogar umgekehrt die Bedingung für das Zustandekommen der Contrastphase des Schwarzweißsinnes (das nochmalige Anwachsen seiner Abfallcurve) zugleich die *conditio sine qua non* für den Eintritt des Farbenwechsels.<sup>1</sup>

Durch diese Versuche wird zugleich eine genauere Methode zur Helligkeitsvergleichung von farbigen und farblosen Lichtflächen gegeben, als die bloße Abschätzung bei dauernder Betrachtung sie ermöglicht; denn so weit ein Helligkeitsunterschied überhaupt vorhanden ist, tritt er in der Contrastphase mit viel größerer Deutlichkeit hervor als bei einfacher Vergleichung der betreffenden Flächen. In vielen Fällen stellte ich auf diese Weise überhaupt erst fest, daß eine wirkliche Gleich-

---

<sup>1</sup> Diese Thatsache, von grundlegender Bedeutung für die Stellungnahme gegenüber unseren Phänomenen, weil sie den Schwerpunkt der Untersuchung verschiebt und zugleich die Einheitlichkeit der Ursachen darthut, war mir doch an sich befremdend. Herr Prof. MÜLLER macht mich nun darauf aufmerksam, daß es eine bekannte Thatsache ist, daß ein positives farbiges Nachbild durch Hinzutritt weißen Lichtes in die complementäre Farbe umgewandelt werden kann; es liegt nahe, diese Erscheinung, welche in theoretischer Hinsicht übrigens selbst noch ein Problem ist, zur Erklärung des Obigen heranzuziehen. Uebrigens darf es dem ganzen Sachverhalte nach nicht verwundern, wenn sich bei näherer Prüfung die Farbe der Complementärphase nicht als wirklich genau complementär herausstellen sollte, worüber ein Urtheil hier, wegen der Ungenauigkeit des Materials vermieden werden soll.

heit der Helligkeiten noch nicht erreicht war. Uebrigens ist der Elementarversuch mit farbigen Reizen (S. 93) der einzige, bei dem die Bedingung einer Absonderung des Mittelfeldes und zugleich völliger Aufhebung des Helligkeitscontrastes wirklich erfüllt ist. Dem entsprechend läßt sich auch hier allein ein einfaches Abklingen ohne jegliche Schwankung beobachten. Wie schon erwähnt, ist dieses Abklingen wesentlich langsamer als auf schwarzem Grunde.

Vergrößert man das farbige Object so hört der Eindruck der Dreischlägigkeit auf, der Farbenwechsel ist aber trotzdem vorhanden.<sup>1</sup>

### c) Schlufsbemerkungen.

Die Versuchsreihen mit farbigen Reizen wurden im Wesentlichen mit Gelb und Blau angestellt, wo die Bedingungen für mich günstiger waren, der Elementarversuch (farbiges Feld auf gleich hellem farblosen) auch mit Roth und Grün durchgeprüft, wobei sich ganz übereinstimmende Resultate ergaben. Immerhin waren die Bedingungen der Versuche im Allgemeinen nur annähernd erfüllt, so daß die Erscheinungen nicht für alle Versuchspersonen klar waren. Zwar sah keine etwas, das den aufgestellten Sätzen irgendwie widersprochen hätte, doch trat das charakteristische nicht für alle mit genügender Deutlichkeit hervor. Dies war vor Allem da der Fall, wo die Factoren, deren Mitwirkung nicht ganz ausgeschlossen werden konnte, individuell besonders begünstigt waren (Ueberwiegen des Roth-Grün-Sinnes u. drgl.) Die systematische Prüfung der farbigen Reize bleibt also noch eine Aufgabe, vor Allem die Untersuchung der Besonderheiten, welche die verschiedenen Farben in Einzelheiten der indirecten Reizung zeigen. Ebenso muß das Verhältniß von reiner und specifischer Helligkeit noch genau festgestellt

---

<sup>1</sup> Die Differenz, welche zwischen den Resultaten dieser Versuchsreihe und dem Elementarversuch mit farbigen Reizen besteht, ist wohl darauf zurückzuführen, daß beim Elementarversuch durch die Contur eine wirkliche Abgrenzung der Mitte vorhanden ist, während bei den obigen Versuchen die Abgrenzung einer Mitte rein ideeller Natur ist, und deshalb letztere in den Tractus der Gesamterscheinung eingeht. Ob dabei etwa der früher angedeutete Gegensatz zwischen Peripherie und Centrum des Mittelfeldes selbst mitspielt, soll hier dahingestellt bleiben.

werden, sowie der Einfluss der bei verschiedenen Farben verschieden starken Zerstreuung innerhalb des Auges.

Der theoretische Widerspruch, welcher darin zu liegen scheint, dass, obwohl ebenso wie bei den farblosen Reizen auch bei den farbigen die physikalische Zerstreuung innerhalb des Auges besteht, dennoch bei letzteren das spätere Auftreten eines verstärkten Farbencontrastes und ein nochmaliges Ansteigen der abfallenden Farbencurve nicht zu beobachten ist, würde sich aus der geringeren nutritiven Leistungsfähigkeit der beiden chromatischen Specialsinne erklären, d. h. aus dem zu steilen Verlauf der Abfallscurven der chromatischen Netzhautprocesse und der von denselben ausgehenden indirekten Reizungen. Wie wesentlich der Einfluss des erwähnten nutritiven Factors ist, zeigt recht deutlich der Elementarversuch mit farbigem Reize bei längeren Zeiten (S. 94 f.); denn während das weisse Object bei einer Dauer von 2 Secunden erst recht die Intensität seines positiven Bildes entfaltet, schlägt die farbige Erregung sofort nach Aufhören des Reizes in den entgegengesetzten Process um.

Zuweilen habe ich Wahrnehmungen gemacht, welche es nahe legen, auch den farbigen Processen eine völlige Unabhängigkeit von einander nicht zuzugestehen. Die Bedingungen waren indessen zu wenig eindeutig, als dass sich, zumal bei der theoretischen Wichtigkeit dieser Frage, eine solche Behauptung mit genügender Bestimmtheit aufstellen liesse, wie denn überhaupt alle nur gelegentlichen Erfahrungen, deren Zahl bei farbigen Reizen sehr groß ist, hier unterdrückt sind. —

Zum Schluss noch ein Wort über die Versuchspersonen. Die Protokolle sind nicht ganz übereinstimmend, die abweichenden Angaben haben aber viel zu viel Logik in sich, als dass man sie einfach als Urtheilstäuschungen abthun könnte.<sup>1</sup> Sie sind denn

<sup>1</sup> FRANZ a. a. O. S. 15 „We shall not be able, to compare the subjects and to group them for an average representing a typical result.“ Weiteres unter „Individual differences“. Er sieht den Grund dafür hauptsächlich in der Aufmerksamkeit, daneben „imagination indoubtely plays an important rôle in this phenomena“ (S. 34). Auch die Intervalle erklärt er so: I am inclined to believe many of the fluctuations are mental in character . . . The various places are influenced more by the mental attitude of the subject, than by the physiological condition of the retina. Wird man ihm auch bezüglich der Intervalle bis zu einem gewissen Grade beipflichten, so liegt doch bei einem so stark allen kleinsten Schwankungen unter-

auch nicht einfach atypisch, sondern scheiden die Individuen im Wesentlichen in zwei physiologische Typen, dieselben, welche sich von Anfang an durch die ganze Literatur ziehen. Dies tritt besonders klar bei farblosen Reizen hervor. Die Einen sehen die drei positiven Phasen stets mit grosser Deutlichkeit, von dem negativen Bild indessen nichts oder nur gelegentlich einen Schimmer, die Anderen sehen nur zwei positive Phasen, bei ihnen ist umgekehrt das negative Bild von grosser Klarheit. Es kommt auch der interessante Fall vor, dass dieselbe Versuchsperson (B), wie bereits gelegentlich ausgeführt ist, die Erscheinung einmal so, ein andermal so sieht. Bei den farbigen Objecten sind die Abweichungen noch weitergehend, weil die Zahl der mitspielenden Factoren grösser ist. Immerhin kann man auch hier solche unterscheiden, welche nur den Reiz und die complementäre Phase sehen, dann aber das negative (quaternäre) Nachbild oft mit grosser Deutlichkeit; andererseits solche, bei denen mit der abklingenden Phase die Farbe des Reizes wiederkehrt.

Ich glaube aber überhaupt, dass bei unseren Erscheinungen eine genaue Beobachtung der eigenen Phänomene rascher zu übereinstimmenden Ergebnissen führen dürfte, als das Heranziehen vieler Versuchspersonen.<sup>1</sup> Es sind nicht so sehr die klar hervortretenden allgemeinen Thatsachen, als vielmehr die einzelnen kleinen Verschiedenheiten und Nebenumstände; welche auf eine Erklärung und auf geeignete Methoden hinweisen. Diese aber erhält man von der Versuchsperson niemals. Man ist daher in der unangenehmen Lage, vor Resultate gestellt zu sein, welche man nicht nachempfinden kann, und zu denen einem der eigentliche Schlüssel doch nicht mitgegeben wird. Wie verschieden gesehene Erscheinungen nun auch den einzelnen Autoren als Ausgangspunkt dienen mögen, müssen sie doch, da es nur Modificationen einer Grundbedingung sind, zu Ende gedacht auf dasselbe Ergebniss führen, und so die von ver-

---

worfenen Organ wie der Retina nicht die geringste Veranlassung vor, seine Zuflucht alsbald zu „attention“ und „imagination“ zu nehmen. Viel eher wird man sich fragen müssen, ob nicht etwa dasjenige, was sich aus den Processen des peripheren Organs nicht erklären lässt, in Vorgängen der Nervenbahn seinen Grund hat.

<sup>1</sup> Gerade die Arbeit von FRANZ macht die Unfruchtbarkeit einer vergleichend-statistischen Betrachtungsweise für unsere Phänomene recht klar.



schiedenen Seiten gelegten Gänge in einem Mittelpunkt zusammentreffen.<sup>1</sup> Liegen über die Thatsachen des Contrastes und der Nutrition erst genauere Daten vor, so wird man überhaupt viel klarer sehen, es werden aber auch umgekehrt unsere Erscheinungen ein weiteres Mittel zu ihrer eigenen Erforschung bieten und die in dieser Arbeit vernachlässigten quantitativen Unterschiede vielleicht noch von Wichtigkeit werden. —

Nicht an letzter Stelle sei es mir gestattet, Herrn Professor G. E. MÜLLER für seine Anregung zu der Arbeit und sein derselben dauernd bewahrtes Interesse, vor Allem aber für seine durchaus über das specielle Gebiet hinausreichende wissenschaftliche Erziehung, durch die es mir möglich war, diese Untersuchung ganz selbständig zu einem gewissen positiven Abschluss zu führen, meinen allerwärmsten Dank auszusprechen. Ebenso sage ich denen herzlichen Dank, welche in ihrer Eigenschaft als Versuchspersonen, aufser Herrn Professor MÜLLER selbst, meine Untersuchung so bereitwillig gefördert haben: Herrn Privatdocent Dr. BELKIN aus Moskau, Herrn Ingenieur HOROVITZ in Wien, Miss SPALSBURY.

<sup>1</sup> Leicht kann sich der Experimentator durch einige unwissentliche Versuchsreihen überzeugen, daß Autosuggestion bei ihm nicht mitspielt. Ebenso sind natürlich mit störenden Anomalien behaftete Augen von vornherein ausgeschlossen.

(Eingegangen den 21. März 1900.)

---