

Vermutung nahe, daß es Farben gibt, die ohne Rücksicht auf einen Nebenzweck schön oder häßlich gefunden werden. Eine statistische Untersuchung an 200 Personen, denen verschieden gefärbte Papiere (14 Rot, 9 Gelb, 14 Grün, 8 Blau, 7 Violett) zur Wahl vorgelegt wurden, ergab, daß sich ausgesprochene Majoritäten für und gegen (18) bestimmte Nuancen entschieden. Das Intensitätsverhältnis der Pigmentfarben zum weißen Licht wurde für verschiedene Wellenlängen spektrometrisch bestimmt und mit Hilfe der Ordinaten der Empfindungskurven im weißen Licht die Grundempfindungskurven für die Pigmentfarben konstruiert. Eine planimetrische Ausmessung ergab dann den Anteil jeder der drei Grundempfindungen an der Gesamtempfindung. Es ergab sich, daß als „schön“ diejenigen Nuancen bezeichnet worden waren, die den Grundempfindungen am nächsten kamen. Verf. untersuchte nach derselben Methode einige vorzügliche orientalische Teppiche (indirekt an Reproduktionen und Aquarellkopien, besonders farbenklare Edelsteine, altjapanisches Email, das Gewandrot einer RAFFAEL'schen Madonna und das Blau des Himmels. Alle untersuchten Nuancen kamen den Grundfarben sehr nahe, viele erwiesen sich auch teils untereinander, teils mit den gewählten Pigmenten der Statistik identisch.

HORNBOSTEL (Berlin).

W. WIRTH. Der Fechner-Helmholtzsche Satz über negative Nachbilder und seine Analogien. *Wundts Philos. Studien* 17 (3), 311—430. 1901. 18 (4), 563—686. 1903.

Die erste Arbeit (mit 21 Figuren im Text und 2 Tafeln) bildet den 2. Teil einer schon in Band 16 der *Philos. Studien* (S. 465 ff.) unter dem gleichen Titel vom Verf. veröffentlichten umfangreichen Untersuchung (Referat *diese Zeitschr.* 27, 290 f.). Dieser 2. Teil trägt die Überschrift: Die Veränderungen der Farberregbarkeit.

Während der Verf. sich in seiner bisherigen Untersuchung über die Abhängigkeit der negativen Nachbilder vom reagierenden Reize im ganzen auf diejenigen Erscheinungen beschränkte, welche sich der Beobachtung innerhalb der Schwarz-Weiß-Linie darbieten (zur Entstehung der Nachbilder wurden meistens, zur Messung als reagierende Reize ausschließlich farblose Helligkeiten benutzt), stellte er sich mit der vorliegenden die Aufgabe, den Tatsachen nachzugehen, welche sich innerhalb des Farbenkontinuums ergeben. Bei dieser Feststellung der Abhängigkeit der negativen Farbenachbilder von reagierenden Reizen wurde die Untersuchung hinsichtlich der letzteren unter Zugrundelegung des Wundtschen dreidimensionalen Systems durchgeführt, jene Abhängigkeit somit für die Helligkeit, den Ton und die Sättigung der reagierenden Farben bestimmt. „Erst mit einer solchen Durchführung des Nachbildes durch die verschiedenen Richtungen des Kontinuums“, führt der Verf. aus, „hat man den vollen phänomenalen Tatbestand in exakter Weise erschöpft, der mit dem Erklärungsbegriffe ›Erregbarkeitsveränderung‹ getroffen werden soll, wenigstens soweit dieser Begriff zunächst dem Zusammenhange der entsprechenden Empfindungsveränderungen zugrunde gelegt wird“. „Variiert man für eine bestimmte Erregbarkeitsdifferenz die reagierende Projektionsfläche in irgend einer eindeutig festgehaltenen Richtung des Farbenkontinuums und stellt

die zugehörigen Werte des Nachbildes zusammen, die in jener quantitativen Bestimmung gewonnen wurden, so erhält man eine Analogie zum FECHNER-HELMHOLTZschen Satze.“ Indem der Verf. in diesen der Einleitung entnommenen Ausführungen weiter auf die Schwierigkeiten hinweist, die der Untersuchung hinsichtlich der Beibehaltung einer und der nämlichen Helligkeitsstufe bei verschiedenen Farben und Sättigungen erwuchs und zu zeigen versucht, wie sie zu überwinden sind, bespricht er im

1. Kapitel die Hauptgruppen und die Methode im allgemeinen. Der Verf. hebt hervor, daß der HELMHOLTZ-KÖNIGSche Spektralapparat, so vorzügliche Dienste er sonst leiste, für seine Zwecke nicht brauchbar war. Infolge der geringen Ausdehnung der fixierten Farben innerhalb des gesamten Sehfeldes sei bei Anwendung dieses Apparates niemals der Kontrast zur dunklen Umgebung ausgeschlossen und somit eine der wichtigsten Nebenbestimmungen der Untersuchung, die nämlich, „inwiefern die Ausdehnungsverhältnisse der kontrastierenden Farben die quantitativen Verhältnisse der ihnen entstammenden negativen Nachbilder beeinflussen“, nicht durchführbar. Ebenso seien durch die Beobachtung mittels des Fernrohrs für das Auge des Beobachters nicht die schonenden Bedingungen gegeben, welche die Untersuchung erfordere und endlich sei durch die Anwendung des Apparates für seine Zwecke auch nicht die notwendigste Versuchsbedingung erfüllt, „die Möglichkeit einer sowohl hinreichend exakten, als vor allem auch einfachen und schnellen Ausgleichung der Nachbilder auf der erforderlichen Projektionsfarbe.“ Angesichts dieser Übelstände sah sich der Verf. genötigt, zur Benutzung des schon bei seinen früheren Versuchen verwandten MARBESchen Rotationsapparates zurückzukehren, der eine schnelle und einfache Ausführung der Variationen, soweit sie in Frage kamen, zuließ. Die Versuche beschränkten sich somit auf die Verwendung von farbigen Papierstreifen, bzw. transparenten Gelatinescheiben mit vorgesetztem Episkotister. (Über die Modifikation des MARBESchen Apparates für Episkotisterversuche vgl. die frühere Arbeit des Verf., sowie das oben zitierte Referat). Der Verf. beschreibt weiter die Verwendung des Apparates im allgemeinen und im 2. Kapitel die Versuchsanordnungen im einzelnen mit Beigabe einer Zeichnung. „Durch die Verteilung verschiedener Farben auf entsprechende Kreisringe eines MAXWELLSchen Scheibenpaares, das auf den MARBESchen Apparat aufgesetzt ist, können jederzeit zwei benachbarte Farben dargeboten und durch Verdrehung der Scheiben verändert werden, bis eventuell eine subjektive Ausgleichung des Nachbildes in irgend einer reagierenden Farbe erfolgt.“ Da aber bei Verwendung von Gelatinescheiben und des Episkotisters schönere und physikalisch leichter bestimmbare Effekte zu erhalten waren als bei Pigmentpapieren im reflektierten Lichte, so wurde für die Hauptuntersuchungen diese Anordnung bevorzugt. Der Verf. gibt noch an, daß er auch bereits über eine zweckmäßige Benutzung von Spektralfarben nachgedacht habe und die Versuche nach dieser neuen Methode einer Nachprüfung unterziehe, somit zu den hier niedergelegten Resultaten eine Ergänzung liefern werde.

Die weiteren Kapitel umfassen die Resultate, welche der Verf. erhalten konnte. Da es des zur Verfügung stehenden Raumes wegen und um Mißverständnisse zu vermeiden, unmöglich ist, auf Einzelheiten auch dieser außerordentlich inhaltreichen Arbeit nur einigermaßen nach Gebühr einzugehen, so seien nur die einzelnen Punkte berührt, die der Verf. behandelte und die Hauptresultate hervorgehoben, zu denen ihn die Untersuchung führte. Bemerkt sei außerdem, daß er in jedem einzelnen Falle das Verständnis durch beigegebene Tabellen und Kurvenbilder zu erleichtern sucht. Diese Punkte sind die folgenden:

3. Kapitel: Fixation der Farbe neben Grau (oder der Komplementärfarbe) von gleicher Helligkeit. Variation der reagierenden Sättigung.

4. Kapitel: Die Variation der Ausdehnungsverhältnisse.

5. Kapitel: Der Rückgang des Farbennachbildes auf verschiedenen Farbenflächen.

6. Kapitel: Die Kombination von Helligkeits- und Farbenachbild.

7. Kapitel: Variation der reagierenden Helligkeit für annähernd reine Farbennachbilder.

8. Kapitel: Variation des Helligkeitsverhältnisses der fixierten Farben.

„Soweit sich aus den bisherigen Versuchen“, so führt der Verf. in der Zusammenfassung seiner Resultate selbst aus, „ein allgemeiner Überblick gewinnen läßt, scheint in der Tat der F.-H.sche Satz auch die Gestaltung der farbigen Nachbildwerte bei beliebiger Variation der reagierenden Farbenreize umfassen zu können, wenn man nur die Bedeutung der Erregbarkeitsveränderung, also den Grundbegriff des ganzen Satzes im Gegensatz zu der „positiven“ Nachbildwirkung, allgemein genug zu fassen bereit ist. Die Entscheidung darüber, ob mit dem Begriff der Ermüdung und Erholung, zusammengenommen mit der Beimischung positiv komplementärer Wirkungen im Sinne der HERMESschen Theorie über negative Nachbilder allein auszukommen ist, oder ob ein allgemeinerer Begriff der Erregbarkeitsveränderung als einer proportionalen Verschiebung der Erregung in bestimmter Richtung für das ganze Farbensystem eingeführt werden muß, wird erst später mit Sicherheit festgestellt werden können“. Dem Verf. liegt letzteres näher, wenigstens hält er die Annahme einer solchen Verschiebung mit der einer „einheitlichen, in sich geschlossenen physiologischen Grundlage für das ganze Farbensystem, deren verschieden abgestufte Spezialisierungen den einzelnen Farbentönen entsprechen“, vereinbar. Auf Grund seiner Resultate gelangt der Verf. schließlich dahin, „daß alle Farbenerregungen als solche der positiven Helligkeitserregung analog gedacht werden müssen“. „Es geht nicht an“, so fährt er fort, „den Farbenprozeß des Blau und Grün, soweit er für das negative Nachbild in Betracht kommt, zu Schwarz oder Dunkel, den Prozeß für Gelb und Rot aber zu Weiß oder Hell in Analogie zu setzen“. „Alle positiven Farbenerregungen zeigen als reagierende Farben die direkte Proportionalität des entsprechenden Nachbildwertes, wie sie bei Steigerung der Helligkeit, d. h. also des Weißwertes gefunden wird. Das Schwarz oder Dunkel hingegen

ist die negative Seite des Ganzen, nach welcher hin auch die absoluten Werte der Erregungsdifferenz jederzeit sinken.“ Die Arbeit schließt: Wollte man nun aber diese Zuordnung des Farbengegensatzes Blau-Gelb, Grün-Rot zum Gegensatz Schwarz-Weiß dadurch wenigstens von diesen Einwänden seitens des F.-H.schen Satzes befreien, daß man noch einen peripheren Prozeß als Schauplatz der Nachbildwirkung vorschöbe, dessen Produkte erst der genannten Analogie anheimfallen sollten, so hätte man diese Farbentheorie gerade da verlassen, wo sie die besten Dienste leisten sollte.“

Die zweite Arbeit (7 Fig. im Text) bezeichnet der Verf. als einen Nachtrag und als eine wertvolle Kontrolle für alles bisher Behandelte. Die veränderte Versuchsanordnung bestand im wesentlichen in der Einführung einer elektrischen Bogenlampe für das ermüdende Licht, so daß beide Lichtquellen, die für das ermüdende wie die für das reagierende elektrische waren. Daneben waren aber manche weiteren Vorrichtungen nötig, so daß schließlich für die gesamte Versuchsanordnung ein sinnreicher Apparat entstand, den der Verf. in Fig. 1 seiner Abhandlung skizziert beigegeben hat. Beide Lichtquellen waren in besonderen, einander gegenüberstehenden Kästen lichtdicht eingeschlossen und ließen durch angebrachte Öffnungen das zum Versuch nötige Licht austreten. Die Versuche wurden bei Hell- und Dunkeladaptation durchgeführt. Die letzteren erforderten außer dem Experimentator die Mithilfe eines Assistenten. Da es hier ebenfalls unmöglich sein dürfte, auf Einzelheiten der inhaltreichen Abhandlung irgendwie näher eingehen zu können, so beschränken wir uns wiederum darauf, die einzelnen Fragen, welche der Verf. behandelte, aufzuführen und die Resultate der Arbeit wiederzugeben, wie er sie selbst am Schlusse der Abhandlung zusammengestellt hat. Umfang und Ziele der Untersuchung dürften hieraus hinreichend ersichtlich sein. Es sei nur noch hervorgehoben, daß der Verf. auch in dieser Abhandlung die Einzelresultate in jedem Falle in Tabellen übersichtlich zusammengestellt und ihr Verständnis durch beigegebene Kurvenbilder zu erleichtern gesucht hat.

Im 3. Abschnitt seiner Arbeit behandelt der Verf. zunächst die farblosen Helligkeitsnachbilder und sodann die Nachbilder homogener Farben, ein 4. trägt die Überschrift: Zur Abweichung der äquivalenten Intensitäten der reagierenden Farben von der gleichen Helligkeit. Der 5. Abschnitt ist betitelt: Der FECHNER-HELMHOLTZsche Satz und der v. KRIESSche Satz in ihrer Bedeutung für die Erklärung der negativen Farbennachbilder als bloßer Erregbarkeitsveränderungen. Dieser Abschnitt teilt sich in folgende Unterabteilungen: Die HERING-HESSsche Widerlegung einer solchen Erklärung im Sinne der Dreifarben- und der neuen Komplikation des Problems durch den v. KRIESSchen Satz, HERINGS Annahme latenter Reizmomente, Verhältnis des v. KRIESSchen Satzes zum NEWTONschen Mischungsgesetze, die Ausgestaltung der HERINGSchen Hypothese und ihre Beziehung zur WUNDTschen Stufentheorie, die Unübertragbarkeit der Hypothese auf den Farbenkreis als theoretische Valenztafel. Der 6. Abschnitt ist überschrieben: Die Erklärung der negativen Nachbilder als

sekundärer Beimischungen mit besonderer Rücksicht auf den FECHNER-HELMHOLTZschen Satz, im 7. endlich sind die Hauptergebnisse zusammengefaßt. Diese teilt der Verf. wiederum in 2 Gruppen ein: a) hinsichtlich des Beobachtungsmaterials und b) hinsichtlich der theoretischen Verwertung.

a) 1. „Nach längerer Fixation einer Helligkeits- und Farbendifferenz enthält die Wahrnehmung einer objektiv gleichmäÙig gefärbten Fläche subjektive Differenzen, welche durch Zurückbehaltung des nämlichen Bruchteiles der ermüdenden Lichter an allen von ihnen ermüdeten Stellen des Sehfeldes subjektiv ausgeglichen werden können. Dieser Bruchteil kann als vergleichbarer Wert eines bestimmten Nachbildes unter den verschiedenen Reaktionsbedingungen betrachtet werden. (Streng genommen gilt dieser Satz nur für reine Helligkeits- und Farbennachbilder.)

2. Der Wert aller negativen Nachbilder ist für alle Qualitäten des reagierenden Reizes zu dessen Intensität direkt proportional (FECHNER-HELMHOLTZscher Satz).

3. Das Verhältnis der Intensitäten, in denen die verschiedenen Farbtöne auf ein reines Helligkeitsnachbild mit gleichen absoluten Werten reagieren, weicht von der Gleichheit ihrer scheinbaren Helligkeit in der Weise ab, daß die äquivalente reagierende Intensität in Gelb heller aussieht als in Blau, während reines Rot und Grün einen mittleren Wert besitzen. Der Wert der Mischfarben läßt sich ungefähr aus denjenigen der Komponenten berechnen. Außerdem scheinen gleich hell aussehende Farben bei größserer Sättigung höher zu reagieren.

4. Die farbigen Nachbilder zeigen bei allen Ermüdungsfarben auf sämtlichen Reaktionsfarben die ungefähr ihrem Äquivalenzwerte für Helligkeitsnachbilder entsprechenden Werte.

5. Die Ermüdungsfarbe selbst reagiert relativ am stärksten, die komplementäre Region am geringsten. Die Werte für die benachbarten Farben bilden einen kontinuierlichen Übergang. Die kalte und die warme Region des Spektrums zeigen in sich eine engere Verwandtschaft.

6. Alle diese Verhältnisse gelten fast ganz gleichmäÙig für Hell- und Dunkeladaptation. Bei letzterer scheinen die äquivalenten Werte für beide Regionen des Spektrums schärfer auseinander zu treten.

7. Das Nachbild zeigt sich als eine nach Abschluß der Ermüdungseinflüsse kontinuierlich abnehmende Modifikation der Lichtempfindungen während der ganzen Dauer des Prozesses.

8. Das Nachbild verschwindet auf den verschiedenen reagierenden Reizen um so schneller, einen je höheren absoluten Wert es bei der neuen Reizung besitzt.

b) 9. Die Helligkeitsdifferenz der äquivalenten reagierenden Intensitäten erklärt sich am einfachsten aus der Einwirkung des Farbentones auf den psychologischen Gesamteindruck der Helligkeit abgesehen vom selbständigen farblosen Prozeß. Sie ist nicht mit dem Begriff der sog. spezifischen Helligkeit der Farbe nach HILLEBRAND und HERING zu verwechseln.

10. Alle Nachbilderscheinungen können vorläufig noch in doppelter Weise erklärt werden, entweder als bloÙe Erregbarkeitsänderung

der normalen Substrate oder als Beimischung einer zur reagierenden Intensität proportionalen Miterregung eines selbständigen Restsubstrates.

11. Die Annahme einer bloßen Erregbarkeitsveränderung erfordert für die farbigen Nachbilder unter Berücksichtigung des v. KRIESschen Satzes über die Unabhängigkeit der Farbengleichungen vom negativen Nachbilde die Hilfhypothese einer (in neutraler Stimmung antagonistisch bis auf eine einzige Erregungsweise kompensierten) Ausbreitung jeder Reizwirkung über das gesamte Farbensubstrat im Rahmen einer Vierfarbentheorie, die hierzu am besten als einfachster Spezialfall der WUNDTschen Periodizitätstheorie gedacht wird. Sie ist zugleich die einfachste Erklärung aller Helligkeitsnachbilder, auch zusammen mit einer etwaigen anderen Erklärung der farbigen Nachbilder.

12. Die Beimischungshypothese verlangt die Annahme der zur Reizintensität proportionalen Erregung eines sekundären Substrates in der ihm spezifischen Qualität der Nachbildfarbe durch alle beliebigen Reize. Wollte man sie auch für die Helligkeitsnachbilder verwenden, so erforderte sie wegen der zur reagierenden Helligkeit proportionalen Verdunkelung besondere Hilfsannahmen. Die Beimischungshypothese kann vorläufig am leichtesten mit irgend einer allgemeinen Farbentheorie in Einklang gebracht werden.“

KIESOW (Turin).

M. WIEN. Über die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für Töne verschiedener Höhe. *Pflügers Archiv* 97, 1—57. 1903.

Um die Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Ohres von der Tonhöhe festzustellen, wurde die Methode der Reizschwellenbestimmung gewählt, bei welcher die Empfindlichkeit umgekehrt proportional der Tonintensität gesetzt wird, welche eine eben noch merkliche Empfindung im Ohr erzeugt.

I. Die Tonintensität wurde am Ohr gemessen. Für ein luftdicht an das Ohr gedrücktes Telephon ist unter bestimmten Voraussetzungen die Tonintensität proportional dem Quadrat der Stromamplitude, die Empfindlichkeit des Ohres also umgekehrt proportional dem Quadrat des Minimalstroms, der den Schwellenton erzeugt. Zur Erzeugung von Sinusströmen diente ein Sinusinduktor sowie Wechselstromsirenen. Der besseren Übersicht wegen wurden nicht die reziproken Werte der Tonintensität, sondern ihre BRIGGSchen Logarithmen (in Anlehnung an das FECHNERSche Gesetz) zur Darstellung der Empfindlichkeit verwendet. Da Messungen der Schwingungsamplitude am BELLSchen Telephon ergaben, daß die Telephonausschläge der Theorie entsprechend nur bis in die Nähe des ersten Eigentons der Platte unabhängig von der Schwingungszahl sind, wurden die Untersuchungen an 4 verschiedenen Telephonplatten von verschiedener Höhe des tiefsten Eigentons ausgeführt. Die erhaltenen Kurven stimmen, wenn nur die Strecken bis in die Nähe des Eigentons berücksichtigt werden, gut überein.

II. In einer zweiten Versuchsreihe wurde nach einer im Anhang gegebenen Entwicklung die Tonintensität berechnet, welche die Telephonplatte in einer Entfernung von 30 cm, in welcher sich das Ohr befand, er-