

Farbesehen mit einfarbigem Licht

Autor(en): **Vollmer, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 3

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653688>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Farbensehen mit einfarbigem Licht

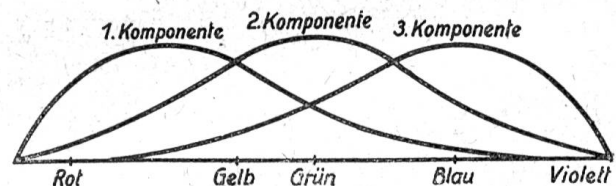
Zu den noch immer nicht völlig gelösten Problemen unserer Sinnesphysiologie gehört die Frage nach der Entstehung unserer Farbmempfindungen. Für den unbefangenen Beobachter gehören die Farben einfach als Eigenschaften zu den Dingen: die Kirsche „ist rot“ und rundlich, das Gold „ist gelb“ und glänzend, der Schnee „ist weiß“ und naß. Physikalische Betrachtung belehrt uns, daß wir die Dinge nur deshalb in verschiedenen Farben sehen, weil sie Licht verschiedener Wellenlänge aussenden oder verschlucken; wir sprechen dann von rotem, gelbem oder weißem Lichte. Der Physiologe hat dagegen einzuwenden, daß auch das Licht nur durch die Vermittlung unseres Auges seinen Farbwert erhält. Er verlegt deshalb die Entstehung der Farbmempfindungen in unser Auge und spricht von der Farbmempfindung rot, gelb oder weiß. Der Psychologe endlich weist darauf hin, daß der vom Auge aufgenommene optische Reiz uns doch erst im Gehirn zu Bewußtsein kommen kann; Farben seien gar keine echten Empfindungen, die nur in oder am Leibe empfunden werden könnten; er möchte deshalb lieber von „Sehqualitäten“ oder von „Bewußtseinsinhalten bestimmter Qualität“ reden (E. Hering). Nun, die Bezeichnung Farbmempfindung ist allgemein üblich und wird kaum falsch aufgefaßt werden; eine Begriffsklärung ist aber zum Verständnis des Folgenden wichtig.

Unsere Farbmempfindungen bilden eine stetige Reihenfolge vom dunkelsten Rot über Orange, Gelb, Grün, Blau zu Violett. Das ist eine völlige Übereinstimmung mit dem Farbenband des Sonnenspektrums und läßt nur den Schluß zu, daß der adäquate (zugeordnete) Reiz für unsere Farbmempfindungen das Wellenband des sichtbaren Lichtes von 670 bis 420 $m\mu$ (Millionstel Millimeter) Wellenlänge ist. Versuche haben das bestätigt; unser Auge unterscheidet etwa hundertfünfzig Farbtöne, die durch die Wellenlänge des einfallenden Lichtes bestimmt sind; je einheitlicher diese, desto einheitlicher und gesättigter der Farbton. Dagegen ergeben Reizungen durch Wellengemische ebenfalls gemischte, ja selbst unreine Farbtöne. Dazu gehören das Purpur (aus Rot und Violett), die weißlichen oder verdunkelten („verhüllten“) Farben, auch die „unbunten“ Farben der Graureihe. Man ist versucht, den Vergleich mit den Tönen des Schalls noch etwas weiter auszuspinnen und an die Geräusche zu denken. Wie es auch hier wieder zu harmonischen Zusammenklängen kommen kann, so auch im optischen Bereich. Da ist vor allem der Hauptakkord Weiß. Er bedeutet für uns eine völlig einheitliche Empfindung, oder wenn wir wollen Bewußtseinsqualität — und entsteht doch nach Ausweis des Physikers durch gleichzeitige Reizung mit allen Wellenlängen, also durch einen ganz extensiven, vielfältigen Reiz. Hier zeigt sich zum ersten Mal ein Mißton im bisherigen Einklang zwischen physikalischem Befund und physiologischer Empfindung, der für unser Verständnis und Gefühl eine große Schwierigkeit bedeutet; man denke an den leidenschaftlichen Widerspruch Goethes.

Dasselbe Weiß kann nun aber auch statt durch alle Wellenlängen durch bestimmt zugeordnete Gruppen von ihnen hervorgerufen werden, das sind die „Komplementärfarben“. Durch das Purpur läßt sich nämlich das lineare Farbenband zu einem geschlossenen Farbkreis zusammenfügen, und in ihm geben einander paarweis gegenüberliegende Farbtöne — oder genauer: die ihnen entspre-

chenden Wellenlängen — bei gleichzeitiger Reizung ebenfalls Weiß. Auch hier ist keine Übereinstimmung zwischen physikalischer und physiologischer Erkenntnis. Dafür hat sie sich auf einem anderen Gebiet zwischen Sinnesindruck und anatomischem Bau ergeben. Wir empfinden einen deutlichen Unterschied zwischen „farbigem Sehen“ bei Tage und im direkten Blickfeld und dem „Grausehen“ im seitlichen Blickfeld und in der Dämmerung. Dem entspricht völlig die Unterteilung der Netzhautelemente in Zapfen und Stäbchen und ihre Verteilung auf der Netzhaut. Wir dürfen mit Sicherheit die Zapfen als Farbapparat und die Stäbchen als Schwarz-Weiß-Apparat ansehen; die Duplizitätstheorie des Sehens (v. Kries) ist wohlbegründet und steht mit den Beobachtungen völlig im Einklang.

Das gilt aber nicht in gleichem Maße für die bisher entwickelten Theorien der Farbmempfindungen. Nach der ältesten, der „Drei-Komponenten-Theorie“ von Young-Helmholtz besteht der Farbapparat — die Zapfen — aus drei Komponenten. Die erste wird hauptsächlich durch die langwelligen Strahlen erregt und ruft die Empfindung rot hervor, die zweite auf mittlere Wellenlängen ansprechend, gibt grün, die dritte „kurzwellige“ Komponente violett, wobei sich die Wirkungen überschneiden (vgl. Abb.). Diese Annahme steht in guter Übereinstimmung mit der Tatsache, daß sich alle Farbeindrücke durch Mischung von drei Grundfarben erzielen lassen, auch die Deutung der verschiedenen Formen von Farbuntüchtigkeit, fälschlich

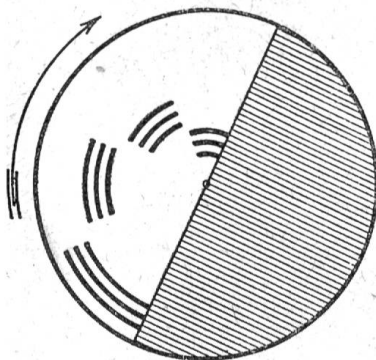


Young-Helmholtz'sche Drei-Komponenten-Theorie. Oben die Komponenten, unten das Farbenband des Spektrums

als „Farbenblindheit“ bezeichnet, bereitet keine Schwierigkeiten. Dagegen läßt sich Einheitlichkeit und Gewicht der Empfindung Weiß und das Auftreten von Komplementärfarben weniger gut erklären. Das leistet besser die „Theorie der Gegenfarben“ von E. Hering. Sie geht von den drei Empfindungspaaren Schwarz-Weiß, Blau-Gelb und Grün-Rot aus und nimmt drei Sehsubstanzen an, in denen Assimilation jeweils den ersten, Dissimilation den zweiten Empfindungspol hervorrufen soll. Die erste Substanz wird besonders stark und durch alle Wellenlängen erregt, so daß außer der bunten auch stets eine unbunte Valenz wirksam wird, und die natürlichen Farben deshalb verhüllt erscheinen. Dafür entstehen Schwierigkeiten für die Erklärung der Farbuntüchtigkeit, auch die einheitliche Ausbleichung des Schpurpurs läßt nichts von polaren chemischen Vorgängen erkennen, die sich Hering deshalb zum Teil ins Zentralorgan verlegt denken möchte. Von Kries hat versucht, in der „Zonentheorie“ beide Annahmen zu vereinen und will die drei Komponenten von Helmholtz und die Sehsubstanzen Herings in zwei verschiedenen Zonen unseres Sinnesapparats nebeneinander wirksam sein lassen. Aber auch dieser Versuch befriedigt nicht.

Es gibt nämlich noch eine Gruppe von Beobachtungen, die sich keiner der Theorien so recht fügen wollen, das ist das Auftreten der „Kontrastfarben“. Zunächst der „Successivkontrast“: Fixieren wir längere Zeit eine hellbeleuchtete farbige Fläche, so haben wir hinterher die Empfindung der Komplementärfarbe als farbiges Nachbild, das allmählich und zwar periodisch abklingt. Die Erscheinung läßt sich wohl als Ermüdung, am besten nach Hering, erklären. Ein zweiter Fall, als „Simultan-
kontrast“ bezeichnet, läßt sich noch schwerer verstehen. Es tritt nämlich auch eine Kontrastempfindung auf, wenn benachbarte Netzhautstellen gleichzeitig mit verschiedenen Wellenlängen gereizt werden. Die dabei auftretenden Farbempfindungen, erhöhen sich gegenseitig, namentlich wenn es sich um Gegenfarben handelt, auch erscheint beispielsweise dasselbe Grau in grünem Felde rötlich, im roten Felde grünlich, vor allem, wenn es durch Florpapier verhüllt betrachtet wird. Beide Theorien müssen zur Erklärung zu Zusatzannahmen ihre Zuflucht nehmen: Helmholtz spricht von Urteilstäuschung, Hering nimmt eine Selbststeuerung des Stoffwechsels an.

Besonders eindrucksvoll werden beide Erscheinungen, wenn es gelingt, successive und simultane Reize zu vereinen. Das ist auf verschiedene Weise möglich. Man kann etwa schwarz-weiß unterteilte Scheiben in weißem Licht langsam rotieren lassen und damit sogenanntes flackerndes weißes Licht hervorrufen. Eine der möglichen Anordnungen gibt die sogenannte „Benham'sche Scheibe“



Benham'sche Scheibe. Beim langsamen Umlauf im Pfeilsinn erscheint im weißen Sektor innen ein rötlicher, außen ein bläulicher Ring

(vgl. Abb.). Bei langsamem Umlauf sieht man dabei im weißen Sektor einen inneren gelbroten, zwei mittlere graue und einen äußeren bläulichen Ring auftreten. Auch andere Anordnungen sind beschrieben worden, in denen „leuchtend rote“ Farberscheinungen durch „lediglich farblose Objekte“ entstehen (von Kries, 1916). Gemeint ist damit, daß durch einen Wechsel von Schwarz zu Weiß ein weißem Lichte Farbempfindungen hervorgerufen werden können.

Hier nun setzen Untersuchungen von Dr. E. Gehrke (Jena) ein („Annalen der Physik“, 1948), die zu bemerkenswerten Ergebnissen geführt haben. Neu war an Gehrkes Versuchen die Verwendung einfarbig gelben Lichtes mit dem Erfolge, daß er damit die Empfindung der vier bunten Grundfarben rot, grün, blau und gelb neben weiß und schwarz hervorrufen konnte. Ausgangspunkt für die Versuche waren die geschilderten Beobachtungen, daß auch durch flackerndes weißes Licht Farbenempfindungen entstehen können. Gehrke wollte prüfen, ob auch schon durch Licht einer einzigen Wellenlänge ähnliche Erscheinungen festzustellen seien und traf dazu folgende Versuchsanordnung: Weiße runde Pappscheiben, die schwarze Sektoren oder Ringsegmente tragen, werden auf einer Schwungmaschine in langsame Rotation versetzt. Die Belichtung erfolgt im Dunkelraum durch das Licht einer Natriumflamme mit der gelben D-Linie ($\lambda = 0,589 \mu$)

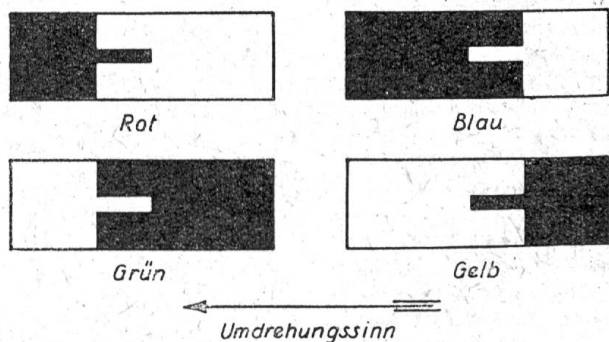
Die Beobachter stehen in ein bis zwei Meter Entfernung und blicken auf den Mittelpunkt der Scheibe.

Im „Grundversuch“ rotiert eine Scheibe mit einem schwarzen Sektor von 90° mit einer Umdrehung je Sekunde (vgl. Abbildung). Nach etwa $10''$ erscheint der



helle Sektor gelb, der schwarze lilablau. Form und Anordnung der schwarzen Fläche wurde nun mehrfach abgeändert mit dem Erfolge, daß neue Farbempfindungen auftraten. Eine zweite Grundform der Scheibe bildet ein schwarzer Halbiring im weißen Felde (vgl. Abbildung). Bei denselben Versuchsbindungen erscheint der Kopf des Ringes leuchtend grün. Hierzu sei bemerkt: Im „Grundversuch“ wird also ein Wechsel zwischen gelb und schwarz, in der Fachbezeichnung ein „Successiv-Kontrast“ geboten, die auftretende Blauempfindung entspricht der üblichen Nachfarbe. Im zweiten Versuch dagegen wird der flackernde Wechsel schwarz-gelb mit einer ruhig gelben Fläche in Nachbarschaft gebracht, hier sind also — nach der Fachbezeichnung — ein Successiv- und ein Simultan-Kontrast vereint! Die dabei entstehende Empfindung grün ist neu.

Die beiden Grundversuche hat Gehrke nun weiter abgeändert und kombiniert, er hat beispielsweise Sektoren und Segment auf einer Scheibe verbunden (vgl. Abbildung). In diesem Falle ergab sich im äußeren Ring die Empfindung rot, im inneren blau. Das Ergebnis war, daß er je nach der Versuchsanordnung die Empfindung der vier bunten Grundfarben rot, grün, blau und gelb erzielen konnte, auch weiß kam neben schwarz heraus.



Das abgebildete Schema gibt die Zuordnung zwischen Versuchsanordnung und Farbempfindung wieder. Dabei bedeutet das kleine Feld den Sektor, der schmale Streifen das Segment, die Farbe ist dann die des Segmentes.

Die Theorien von Young-Helmholtz und von Hering gehen beide von der Vorstellung aus, daß „das Sehen einer Farbe immer auf eine Reizung von Netzhautelementen zurückzuführen ist, die auf mehrere bestimmte Wellenlängen abgestimmt sind“. Mit diesen Theorien lassen sich aber die „Neuen Versuche zum Farbensehen“ nicht in Einklang bringen. Offenbar liegt das Organ für Farbempfindungen gar nicht in der Netzhaut. Gehrke nimmt dafür das primäre Sehzentrum im Hirnstamm in Anspruch. Um aber diese Auffassung zu bestätigen, sind wohl weitere Versuchsergebnisse abzuwarten.

Dr. C. Vollmer, Leipzig