

geben können, sondern verschiedene Farben nacheinander zum Vorschein kommen. Man hat dies mit dem Namen des Abklingens des Nachbildes durch verschiedene Farben bezeichnet. Es ist dabei merkwürdig, dass, wenn man ein positives Nachbild von einer bestimmten Farbe bei geschlossenen und bedeckten Augen hat, und man das Auge öffnet und auf einen hellen Grund sieht, auf dem hellen Grunde das negative complementär gefärbte Nachbild auftritt. Das Auge ist also objectiv unterempfindlich gegen die Farbe, die es eben subjectiv empfunden. Wenn nun kein Nachbild mehr vorhanden ist, so ist doch nach den Lichteindrücken das Auge nicht ganz in seinem Normalzustande, in ähnlicher Weise, wie wir gesehen haben, dass ein Nerv, durch den ein Strom hindurchgegangen ist, noch nicht ganz in seinem Normalzustande ist, wenn auch kein Oeffnungstetanus mehr vorhanden ist. Dies zeigt sich an einer Verstimmung der Retina, in welcher die Farben anders wahrgenommen werden als sonst, und das gibt Veranlassung zu einer neuen Art von Contrastwirkungen. Durch den dauernden Eindruck einer Farbe ist die Retina unterempfindlich geworden gegen dieselbe Farbe und man sieht daher die complementäre Farbe subjectiv verstärkt. Wenn wir eine Zeit lang auf einen rothen Gegenstand gesehen haben, und sehen von demselben weg auf einen grauen Gegenstand, so erscheint uns dieser grünlich, und umgekehrt, wenn längere Zeit hindurch grünes Licht auf unser Auge eingewirkt, so erscheint uns ein anderer Gegenstand, auf den wir sehen, röthlich u. s. w.

Thomas Young's Theorie.

Es handelt sich nun darum, wie sollen wir uns alle diese Farbenerscheinungen erklären, wie sollen wir uns überhaupt eine Vorstellung davon machen, dass es möglich sei, dass wir so viele Arten von Farben unterscheiden? Unterscheiden wir sie, weil in ein und derselben Art von Nerven durch sie verschiedene Erregungszustände hervorgerufen werden, oder unterscheiden wir sie dadurch, dass wir verschiedene Arten von Nervenfasern im N. opticus haben, die jede, sie mögen von was immer für Licht erregt werden, wenn sie einmal erregt, uns immer eine bestimmte Farbenempfindung verursachen? Wenn ich sage, verschiedene Arten von Nervenfasern, so meine ich hier, wie anderswo, nicht dass die Nervenfasern als solche verschieden sein müssen, sondern nur, dass sie mit verschiedenartigen Centralgebilden, Nervenzellen des Centralorgans, verbunden sind, und dass uns qualitativ verschiedene Empfindungen erwachsen, je nachdem die eine oder die andere Art von Centralgebilden erregt wird. Die erstere Vorstellung, die, dass die verschiedenen Farben je nach ihrer Wellenlänge verschiedene Erregungszustände im N. opticus hervorriefen, war bis vor verhältnissmässig kurzer Zeit die herrschende. Aber Thomas Young hatte schon im Anfange dieses Jahrhunderts eingesehen, dass man mit dieser Art der Erklärung nicht auskommen könne, und er stellte deshalb eine andere Theorie auf, die ganz in Vergessenheit gerathen war, bis Helmholtz sie von Neuem auseinandergesetzt und mit neuen Beweismitteln gestützt hat. Die Young-Helmholtz'sche Theorie von der Perception der Farben sagt aus, dass sich im Sehnerven dreierlei Arten von Nervenfasern befinden, von

denen die einen, wenn sie erregt werden, uns die Empfindung Roth verursachen, die andern die Empfindung Grün und die dritten die Empfindung Violett hervorrufen. Alle drei Arten von Nervenfasern können zwar erregt werden durch alle Strahlen, die uns überhaupt leuchtend erscheinen, aber diejenigen, welche uns die Empfindung Roth verursachen, werden am stärksten von den langwelligen Strahlen erregt, die Nervenfasern, welche uns die Empfindung Violett verursachen, werden am stärksten durch die kurzwelligen Strahlen des Spectrums erregt, und diejenigen Nervenfasern, welche uns die Empfindung Grün verursachen, werden am stärksten erregt durch die Strahlen von einer mittleren Wellenlänge, durch die Strahlen, die dem spectralen Grün an Wellenlänge entsprechen. Fällt nun auf unser Auge monochromatisch rothes Licht, so wird dies alle Nervenfasern erregen, aber die rothempfindenden am stärksten, wir werden also Roth sehen. Fällt grünes Licht in unser Auge, so wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die grünempfindenden am stärksten, wir werden also Grün sehen. Wenn violettes monochromatisches Licht in unser Auge fällt, wird es alle Arten von Nervenfasern erregen, aber die violetttempfindenden am stärksten, wir werden also Violett sehen. Wenn monochromatisch gelbes Licht in unser Auge fällt, so wird es sowohl die rothempfindenden, als auch die grünempfindenden Fasern relativ stark erregen, und dadurch wird für uns ein gemischter Eindruck entstehen, den wir Gelb nennen. Ist die Wellenlänge grösser, wird das Roth vorherrschend, und wir werden Orange sehen. Ist die Wellenlänge etwas geringer, so wird die Erregung der grünempfindenden Fasern vorherrschend, und wir werden Gelbgrün sehen. Wirkt monochromatisch blaues Licht auf unsere Netzhaut, so werden sowohl die grün- als die violetttempfindenden Fasern erregt, dadurch wird ein gemischter Eindruck entstehen, welchen wir Blau nennen. Ist die Wellenlänge der Strahlen etwas grösser, so wird der Eindruck zum Grün hinziehen, indem die grünempfindenden Fasern stärker erregt werden. Wird dagegen die Wellenlänge kürzer, wird er mehr zu Indigo und Ultramarin ziehen, weil nun die violetttempfindenden Fasern stärker erregt werden.

Da jede Art von Licht nach dieser Theorie alle drei Arten von Nerven erregt, so sind nach ihr auch die reinen Spectralfarben nicht absolut gesättigt und in der That hat Helmholtz gezeigt, dass man ihre Sättigung dadurch noch erhöhen kann, dass man das Auge vorher gegen die Complementärfarbe abstumpft.

Wir haben gesehen, dass ganz ähnliche Eindrücke, wie sie die einzelnen Spectralfarben hervorbringen, auch hervorgebracht werden können durch gemischte Farben. Dass z. B. Roth und Grün, welches wir auf dem Farbenkreisel miteinander mischen, Gelb geben, dass Grün und Violett miteinander Blau hervorbringen können u. s. w. An der Erklärung dieser Erscheinung ist man früher, ehe die Young'sche Theorie wieder in Aufnahme kam, immer gescheitert. Man hat sie erklären wollen aus der Wellentheorie nach dem Principe der Interferenz. Aber man ist hiebei niemals zu Resultaten gelangt, die mit der Wirklichkeit übereinstimmen, und es lässt sich auch leicht zeigen, dass überhaupt nach dem Principe der Interferenz diese Erscheinungen nicht erklärt werden können. Denn erstens kommt es nicht nur darauf an, welche Farben wir miteinander

mischen, sondern auch darauf, in welcher Menge wir dieselben miteinander mischen. Ich kann aus einem bestimmten Roth und einem bestimmten Grün alle dazwischen liegenden Arten Gelb mischen, einfach dadurch, dass ich einmal mehr die Intensität des Grün und das andere Mal mehr die Intensität des Roth wachsen lasse: zweitens aber, und das ist ein absolutes Hinderniss für jede Erklärung aus der Undulations-Theorie, ich kann die Farben für mein Gesicht in der Weise mischen, dass die eine Farbe nur in das eine Auge und die andere Farbe nur in das andere Auge hineinkommt. Wenn ich dem einen Auge Roth und dem andern Blau darbiere und fixire einen bestimmten Punkt, so sehe ich, wie wir später noch näher kennen lernen werden, Violett. Hiemit ist jede Art von physikalischer Erklärung solcher Farbenmischung ausgeschlossen. Die Young'sche physiologische Theorie gibt aber eine sehr einfache Erklärung. Sie sagt nämlich: Wenn gemischtes oder monochromatisch rothes Licht auf meine Augen wirkt, so erregt es alle Fasern, aber die rothempfindenden am stärksten und wenn grünes Licht, gemischtes oder monochromatisches, auf meine Augen einwirkt, so erregt es alle Fasern, aber die grünempfindenden am stärksten. Beide gleichzeitig geben also einen gemischten Eindruck, der Gelb ist, weil er analog ist demjenigen Eindrucke, den das gelbe Licht hervorbrachte, das auch alle Fasern erregte, aber die roth- und grünempfindenden Fasern stärker als die violett empfindenden. Mit dieser Erklärung ergibt sich auch sehr leicht, warum man alle Nuancen zwischen Grün und Roth hervorbringen kann, je nachdem man die Intensität der einen oder der andern Strahlen steigert. Man bringt nämlich durch Steigern der Intensität des rothen Lichtes dasselbe hervor, was man bei Versuchen mit monochromatischem Lichte dadurch hervorbringt, dass man von Gelb weiter gegen Roth hin geht. Wenn ich aber bei gemischtem Lichte die Intensität des Grün steigere, wird die Erregung der grünempfindenden Fasern grösser, ich bringe also dasselbe hervor, als wenn ich mich bei Versuchen mit monochromatischem Lichte gegen die Seite des Grün hin begeben.

Es kann noch darüber discutirt werden, welche die Grundfarben seien, da es ja möglich sein würde, auch aus anderen Farben, als aus Roth, Grün, Violett, die übrigen zu mischen. Man hat in früherer Zeit Roth, Gelb und Blau allgemein als die Grundfarben aufgestellt. Dies rührte daher, dass man aus Pigmenten zwar Grün und Violett aber nicht Gelb und Blau mischen konnte. Aber das ist hier durchaus nicht massgebend, weil bei den Pigmenten, wie wir früher gesehen haben, durch Subtraction gemischt wird, und auf der Netzhaut, in unserer Empfindung, durch Addition, durch gleichzeitige Erregung mehrerer Arten von Nervenfasern. Die neueren Untersuchungen haben einhellig zu dem Resultate geführt, dass Roth und Grün zwei der Grundfarben seien, über das Violett ist man noch nicht vollständig einig. Während Thomas Young und Helmholtz das eigentliche Violett für die dritte Farbe halten, sind Maxwell und Exner der Meinung, dass es nicht das eigentliche Violett sei, sondern die als Indigo bezeichnete Zone, die zwischen dem eigentlichen Violett und dem Blau liegt. Exner sagt: Die Grundfarben erregen zwar alle Fasern, aber immer eine am stärksten. Da aber andererseits die gemischten Farben immer zwei Arten von Nervenfasern stärker erregen, so muss man die gemischten Farben mehr als die Grundfarben verändert finden,

wenn man das Auge gegen eine Art von Licht abstumpft und dann die betreffende Spectralfarbe ansieht. Diejenigen Farben, welche sich so untersucht am unveränderlichsten zeigen, das müssen die Grundfarben sein. Er ist auf diese Weise zu dem Resultate gekommen, dass Roth und Grün zwei der Grundfarben seien; er fand aber, dass Violett veränderlicher ist, als jene Zone des Indigo. Wenn er sein Auge gegen Roth abstumpfte, so erschien ihm spectrales Violett mehr Blau, wenn er dagegen sein Auge durch intensives blaues Licht abstumpfte, dann erschien ihm das Violett auffällig röther als im gewöhnlichen Zustande.

Farbenblindheit.

Die Young'sche Theorie erklärt auch die Farbenblindheit in einer anderen und befriedigenderen Weise, als wir sie früher haben erklären können. Es existiren Individuen, welche Farben fast gar nicht unterscheiden. Diese sind selten. Es existirt aber eine grosse Anzahl von Individuen, welche zwar die Farben unterscheiden, welche aber beim Angeben des Namens der Farbe ganz auffällige Missgriffe machen und sich mit ihrer Umgebung niemals über den Namen, welcher einer Farbe zu geben sei, einigen können. Die erste Art, die Farben überhaupt nur sehr wenig unterscheidet, ist, wie gesagt, sehr selten. Ein derartiger berühmter Fall existirt in einem englischen Optiker, der sagte, er sehe im Sonnenspectrum keine Farben, er sehe wohl das Ende, welches die Leute violett nennen, etwas anders als das andere Ende, aber bestimmte Farben könne er weiter daran nicht unterscheiden. Es ist kaum möglich, eine solche Abwesenheit der Farbenempfindung aus einer blossen Stumpfheit für qualitativ verschiedene Sinneseindrücke abzuleiten, auf welche man z. B. gewisse Grade von Mangel an musikalischem Gehör zurückführen muss. Man muss in einem solchen Falle, wenn man der Young'schen Theorie folgt, annehmen, dass zwei Arten von Nervenfasern im Auge gelähmt oder wenigstens im hohen Grade unterempfindlich waren, und nur eine ihre normale Empfindlichkeit hatte, und dass deshalb, weil nur eine Farbe vorhanden war, überhaupt von keinem Unterscheidungsvermögen für Farbe die Rede sein konnte. Die übrigen Individuen aber, die Farben unterscheiden, die sie nur falsch benennen, das sind sämmtlich solche Individuen, bei denen eine Farbe fehlt, oder doch nur sehr schwach empfunden wird, bei denen wir also nach der Young'schen Theorie annehmen müssen, dass eine Art der Fasern entweder gänzlich gelähmt oder doch in hohem Grade unterempfindlich sei. Die meisten der Fälle dieser Art lassen sich darauf zurückführen, dass die Leute kein Roth empfinden. Der älteste Fall, durch den man erst den Schlüssel zu dieser Form der Farbenblindheit erhielt, bezieht sich auf einen Schneider zu Plymouth, der fortwährend Widerwärtigkeiten beim Aussuchen des Tuches hatte, weil er allerhand seltsame Irrthümer beging. Man wusste nicht, woran das lag, man wusste nur, dass er die meisten Farben falsch benenne. Eines Tages bekam er ein schwarzes Beinkleid zu flicken und gab dasselbe mit einem rothen Lappen geflickt zurück. Jetzt zeigte es sich, worin der eigentliche Fehler seines Gesichtes liege; er sah kein Roth. Ich habe Gelegenheit gehabt, einen jungen, sehr intelligenten Mann zu untersuchen, der an demselben Gesichtsfehler litt. Er gab die Farben