

# Ueber Gesichtswahrnehmungen.

Von Dr. Ferdinand Celler.

## Licht- und Farbensinn. Farbenblindheit.

Dem Studium zur Erforschung der Sinnesorgane und deren Thätigkeiten wurde seit einer Reihe von Jahrzehnten eine so rege Theilnahme zugewendet; es haben sich mit diesem Thema Physiologen und Physiker, Philosophen und hervorragende Denker in einer Weise und so zahlreich betheiliget, dass es schwer fallen würde, all' die Namen Derjenigen aufzuzählen, welche auf diesem Gebiete Nennenswerthes geleistet.

Dieses rege Interesse wird uns leicht erklärlich, wenn wir uns die hohe Bedeutung der Sinnesorgane vergegenwärtigen. Sie sind es ja, die uns die Welt erschliessen, sie sind gleichsam die Pforten, durch welche die Bilder der Aussenwelt in uns einziehen, sie sind es, mit deren Hilfe wir die Dinge um uns her erkennen, begreifen und beurtheilen.

Der Werth der einzelnen Sinnesorgane unter einander ist freilich ein verschiedener, je nach den Qualitäten der Empfindung, welche sie uns zuführen. Wir können sie füglich in zwei Reihen stellen. In die eine Reihe bringen wir Geruchs- und Geschmacksorgan unter, als solche Organe, welche uns mit einigen chemischen Eigenschaften einiger löslicher, fester oder flüssiger Körper bekannt machen. In die andere Reihe stellen wir die übrigen Sinneswerkzeuge, das Gehörs-, Gefühls- und Gesichtorgan. Sie sind es, welche uns von Bewegungserscheinungen der feinsten Art Kunde geben, denn Schall und Ton sind Wellenbewegung, die Wärme, sie ist eine andere Art von Wellenbewegung und das Licht ist wieder Bewegung, und zwar ihrem Wesen nach eine der feinsten.

Dass wir dem Auge in der Reihe der Sinnesorgane den

obersten Platz anweisen, mag nicht auffallen. Den grössten Theil der Fülle der Erkenntniss verdanken wir dem Auge; es ist dasjenige Organ, welches uns Kunde gibt nicht nur von den in unserer nächsten Nähe befindlichen Gegenständen und ihren Erscheinungen, sondern auch von solchen, die entfernt, ja für uns gänzlich unerreichbar sind. Es bewahrheiten sich eben die Worte des Dichters, wenn er vom Auge, dem Krystalle, dem an Werth kein Edelstein gleicht, sagt: „das ganze Weltall saugt es ein“ und wenn er von dem Bilde auf zartem Grunde spricht: „Im engsten Raum ists ausgeführt, der kleinste Rahmen schliesst es ein — doch alle Grösse, die dich rühret, kennst du durch dieses Bild allein.“

Wenn wir uns nun der eigentlichen Thätigkeit des Auges zuwenden wollen, so müssen wir uns, wenn auch nur flüchtig, den Bau des Auges vergegenwärtigen. Wir können das Auge mit gutem Fug und Recht mit einer Camera obscura vergleichen. In beiden Fällen haben wir einen lichtbrechenden Apparat, welcher dazu dient, die correct und scharf gezeichneten Bildchen der Aussenwelt hier auf einen Schirm, dort auf die Netzhaut zu entwerfen. Die Netzhaut ist gleichsam die chemisch präparirte Platte des Photographen. Sie ist für gegenwärtiges Thema von besonderer Bedeutung, wir müssen sie gleichfalls näher betrachten. Wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, ist selbe als eine vorgeschobene Partie des Gehirns aufzufassen. Sie besteht aus einer grossen Summe von feinsten Nervenfasern, welche als Sehnerv vom Gehirn herkommen und sich im Auge flächenartig ausbreiten.

Das Mikroskop belehrt uns darüber, dass der anatomische Bau der Netzhaut ein sehr complicirter sei. Die Nervenfasern laufen, wie erwähnt wurde, von der Eintrittsstelle des Sehnervs aus, strahlenförmig in die Fläche aus. Verfolgen wir eine solche Faser, so ergibt sich, dass dieselbe an irgend einer Stelle abbiegt und sich in die Schichten der Netzhaut verliert. Dasselbst tritt sie mit einer Reihe von grösseren und kleineren zellenartigen Gebilden in Verbindung, um schliesslich in der sogenannten Stäbchen- und Zapfenschicht als Epithel-Element zu endigen. Die Stäbchen und Zapfen stecken in der Pigmentschichte der nächstfolgenden häutigen Hülle, in der Aderhaut. (Eintritt-

stelle des Sehnervs, blinder Fleck. — Blutgefässe. — Macula lutea. — Vertheilung der Zapfen und Stäbchen.)

Alle Thatsachen sprechen dafür, dass die Einwirkung des Lichtes nur in der äussersten Schichte der Netzhaut, in der Stäbchen-Zapfenschicht stattfindet; in Folge dieser Einwirkung geht hier, wie dies gegenwärtig auch schon als erwiesen zu betrachten ist, ein photo-chemischer Process vor sich, der von hier aus dem Centralorgan, dem Gehirn übermittlelt wird, wo derselbe als Lichtempfindung zum Bewusstsein gelangt.

Das Auge hat die Bestimmung, Licht wahrzunehmen. Auf die Frage, was Licht sei, gibt uns die Physik Auskunft. Nach der gegenwärtig herrschenden Anschauung besteht das Licht aus Schwingungen eines höchst feinen, unwägbaren Stoffes, des Lichtäthers, der als solcher den ganzen Weltraum, aber auch die verschiedenartigsten Körper durchdringt. Die Schwingungen dieses Lichtäthers können auf unser Auge einen Reiz abgeben.

Unser Auge ist befähigt, bezüglich des Lichtes verschiedenartige Wahrnehmungen zu machen, u. zw. nimmt das Auge wahr:

I. Licht in verschiedenen Quantitäten, Abstufungen von grösster Helligkeit bis zu tiefstem Dunkel = Lichtsinn.

II. Licht von verschiedener Qualität, d. h. von verschiedener Geschwindigkeit = Farbensinn.

III. Licht, welches bezüglich der äussern Objecte aus räumlich verschiedenen Orten herkommt = Raumsinn.

IV. Licht, welches von keinem äussern Objecte herrührt, sondern im Auge selbst entsteht = subjective Lichtempfindung.

Wir wollen nun das Wissenwertheste über Licht und Farbensinn näher erörtern.

### 1. Lichtsinn.

Vermöge eines eigenthümlichen Vorganges in der Netzhaut empfindet unser Auge fortwährend Licht, auch selbst in der tiefsten Dunkelheit. Befinden wir uns nämlich in einem vollkommen dunkeln Raume, und haben wir uns erst ein wenig daran gewöhnt, so sehen wir nicht, wie zu erwarten wäre, ein tiefstes

Schwarz, sondern es steigen helle Nebel in Form von gelblichen oder röthlichen Wolken, Lichtfunken und Lichtstreifen in vielfachem Wechsel vor uns auf. Erst dann, wenn objectiv ein, wenn auch noch so schwacher Lichtstrahl in unser Auge gelangt, erscheint uns das Dunkel in tiefem Schwarz. Es klingt wohl ganz eigenthümlich, ist aber doch so, dass wir zum Erkennen des tiefsten Dunkels — Licht brauchen, und es scheint mithin nicht gar so widersinnig zu sein, wenn man zur Bezeichnung einer schlechten Beleuchtung sagt, sie sei nur vorhanden, um die Finsterniss besser zu sehen. Auch bei geschlossenen und gut verdeckten Augen haben wir keineswegs die Empfindung von reinem Schwarz, wovon wir uns am besten dadurch überzeugen können, dass wir ein Stück matten, dunkeln Sammetes betrachten und dann die Augen schliessen. Die Dunkelheit bei verdeckten Augen ist alles Andere, nur nicht tief schwarz. Wir sind nicht in der Lage, eine absolut tiefste Dunkelheit kennen zu lernen, so wenig wir das Maximum der grössten Helligkeitsempfindung angeben können. — Allzugrosse Helligkeit verträgt unsere Netzhaut überhaupt nicht, wie denn bekannt ist, dass wenn die Sonne auch nur kurze Zeit direct auf unser Auge einwirkt, dessen Sehkraft auf lange, ja auf immer zerstört werden kann.

Lichtempfindungen können aber auch zu Stande kommen bei geschrumpften, zerstörten, ja auch bei gänzlich fehlenden Augen, sie können dann sogar sehr quälend sein. Daraus geht hervor, dass die Lichtempfindung eine Eigenthümlichkeit unseres Gehirnes ist, und dass das Licht von Gegenständen der Aussenwelt nur den Reiz abgibt, um den Empfindungsvorgang in unserem Innern hervorzurufen.

Begründet ist das Eigenthümliche dieser Erscheinung in der sogenannten specifischen Energie der Sinnesorgane, d. h. es wird irgend ein Nerv bei verschiedenen Reizen immer nur auf eine und dieselbe Weise empfinden; so wird z. B. der Sehnerv immer Licht empfinden, gleichviel, ob nun dessen Endorgan durch objectives Licht getroffen, oder ob der Nerv selbst durch Druck, Stoss, Zerrung oder Electricität gereizt wird.

Zum bessern Verständniss der späteren Auseinandersetzungen müssen wir hier mehrerer Thatsachen gedenken, so weit sie auf Lichtempfindung Bezug haben.

1. Wir nehmen die verschiedenen Lichtintensitäten, die Abstufungen zwischen Hell und Dunkel, nur durch den stetigen Wechsel der Lichtmenge wahr.

2. Die Lichtempfindung ist an allen Stellen der Netzhaut die gleiche, das heisst, es wird hell oder dunkel im Centrum der Netzhaut eben nicht stärker empfunden als an der Peripherie. — Directes — indirectes Sehen.

3. Wird irgend ein Theil der Netzhaut vom Licht berührt, so wird dieser Eindruck indirect auch auf andere, nicht afficirte Netzhautstellen seinen Einfluss geltend machen. Wenn auch die Endglieder der Netzhaut ihrem Baue nach von einander isolirt sind, so bestehen im weiteren Verlaufe der Nervenzellen doch wieder Verbindungen untereinander, welche eine gleichzeitige Erregung anderer Partien ermöglichen. Besonders deutlich nehmen wir dies wahr, wenn wir einen hellen Gegenstand auf dunklem Grunde oder umgekehrt, betrachten; wir sehen dann diejenigen Stellen, wo Hell und Dunkel einander abgrenzen, am hellen Gegenstand um Vieles heller, am dunkeln um Vieles dunkler. Ebenso erscheint uns ein graues Quadrat auf dunklem Grunde heller, auf hellem Grunde dunkler. Diese Erscheinung wird mit dem Namen des Contrastes bezeichnet, und tritt nicht nur bei Lichtempfindung, sondern wie wir später sehen werden, auch bei Farbenempfindung auf.

Zur Erklärung des Contrastes hat man bisher eine Täuschung unseres Urtheiles (Helmholtz) angegeben. Wenn wir jedoch die physiologischen Vorgänge genauer beobachten, wird uns diese Erklärung als hinfällig erscheinen.

4. Jede Lichtwahrnehmung ist an zeitliche Verhältnisse gebunden. Wenn ein Lichtstrahl ganz plötzlich in das Auge einfällt, so wird derselbe nicht sofort den entsprechenden Reiz auslösen, sondern erst eine wohl ganz kurze, aber immerhin noch messbare Zeit dazu nöthig haben. Nach Beginn der Reizung nimmt die Erregung rasch zu, um dann viel langsamer wieder abzufallen. Je grösser übrigens die Helligkeit eines Objectes, desto rascher tritt die volle Empfindung auf.

Hieraus erklären sich nun zum Theil jene Gesichtsempfindungen, die unter dem Namen der Nachbilder bekannt sind. Eine im Kreise geschwungene glühende Kohle bietet uns die

Erscheinung eines feurigen Kreises, der electriche Funke erscheint als eine im Zickzack verlaufende Linie; ein weisser Fleck auf rotirender schwarzer Scheibe bringt den Eindruck eines grauen Kreises hervor. Wenn abwechselnd helle und dunkle Streifen sehr rasch auf einander folgen, so entsteht in uns die Empfindung von Grau. Nach Prof. Brücke muss je ein schwarzer und weisser Punct der rotirenden Scheibe 17—18 Mal in der Sekunde an unserem Auge vorübergeführt werden, bis der Eindruck von gleichförmigem (normalem) Grau entsteht. Bei Umdrehungen von geringerer Anzahl entsteht die Empfindung von Flimmern, eine Art von Glanz.

Die bisher besprochene Art von Nachbildern nennt man positive, weil in ihnen das hell ist, was im Objecte hell erschien, und dunkel, was dort dunkel war. — Die Dauer derselben ist eine verschiedene und ist abhängig von der Helligkeit des betrachteten Objectes, d. h. von der Höhe des Reizes. Ein Blick in die untergehende Sonne erzeugt positive Nachbilder von der Dauer von mehreren Minuten; die Nachbilder von minder hellen Objecten können 1—2 Sekunden dauern.

Als negative Nachbilder hingegen bezeichnet man jene Gesichtsempfindungen, in welchen das, was an den Objecten hell gewesen, dunkel — und was dunkel war, hell erscheint. — Blicken wir eine Zeit lang auf ein hell erleuchtetes Fenster und schliessen wir dann rasch die Augen und bedecken dieselben, um alles äussere Licht fern zu halten, so sehen wir nach kurzer Zeit die Fensterscheiben und die hellbeleuchteten Theile des Fensters dunkel, Fensterkreuz und Rahmen aber hell. Nach einer kurzen Weile wird aus diesem negativen Nachbild wieder ein positives, in welchem Alles hell erscheint, was am Fenster wirklich hell gewesen, dann folgt wieder ein negatives Nachbild, dann ein positives u. s. f., aber jedes nachfolgende ist lichtärmer, bis endlich nach mehrfachem Wechsel kein Nachbild mehr zu Stande kommt, sondern nur die Empfindung des Eigenlichtes der Netzhaut übrig bleibt.

Es ist nun an der Zeit, nach dem heutigen Stande der Wissenschaft zu erklären, wie die Lichtempfindungen überhaupt und die andern angeführten Erscheinungen im Besondern zu Stande kommen.

Eingangs wurde erwähnt, dass die Lichtempfindungen das Resultat ganz eigenthümlicher Vorgänge in der Netzhaut seien. Zu Anfang dieses Jahrhunderts schon haben Göthe und später Schopenhauer die Empfindungen selbst zum Ausgang ihrer Farbentheorien genommen, — Schopenhauer sagt: „Die Empfindung von Weiss entspreche der vollen Thätigkeit der Netzhaut.“ — Da sich diese Theorien jedoch nur kritisirend und polemisirend verhielten, konnten sie noch nicht zum Ziele führen. — In den letzten Jahrzehnten hatten Mach in Prag, Aubert in Rostock, ferner der belgische Forscher Plateau zum Theil schon viel bessere Anschauungen über Licht- und Farbenempfindungen kundgegeben. Das Hauptverdienst jedoch, eine allgemein giltige — streng wissenschaftlichen Anforderungen entsprechende Theorie über Licht- und Farbensinn aufgestellt zu haben, gebührt Ewald Hering, Professor der Physiologie in Prag. Diese geistreiche Theorie verdient umsomehr volle Beachtung, als dieselbe in der allerjüngsten Zeit durch die Entdeckung des sogenannten Sehpurpurs, von dem später die Rede sein soll, sowie von rein practischem Standpunkte aus durch die Untersuchungen über Farbenblindheit sehr wesentliche und kräftige Stützen erhalten hat.

Hering publicirte im Jahre 1874 unter dem Titel: „Zur Lehre vom Lichtsinn“, in mehreren Berichten an die k. Akademie der Wissenschaften in Wien seine neue Theorie.

Nach derselben müssen wir annehmen, dass in der Netzhaut gewisse disponible Kräfte vorhanden sind, und zwar in Form einer durch den Stoffwechsel erzeugten Substanz, der sogenannten Sehsubstanz, welche durch Licht sofort aufgebraucht und durch den Stoffwechsel immer wieder neu erzeugt wird. Hering nimmt also an, dass unter Einwirkung des Lichtes in der Netzhaut ein photochemischer Process vor sich gehe. — Die Fundamentalsätze seiner Theorie lauten:

1. Wenn der Reiz, der eine Empfindung hervorruft, erlischt, erlischt auch der physiologische Vorgang.
2. Je intensiver der Reiz, desto intensiver der physiologische Vorgang.
3. Treten in Folge verschiedener Reize zur gleichen Zeit verschiedene Empfindungen auf, so müssen auch gleichzeitig

verschiedene physiologische Vorgänge neben einander bestehen, welche je nach der Intensität der Empfindungen zu dieser in proportionaler Intensität verlaufen.

Versuchen wir nun gleich das soeben Gesagte an einigen Beispielen zu begründen.

Betrachten wir ein weisses Quadrat auf schwarzem Grunde. Auf der Netzhaut wird ein kleines scharfes Bildchen davon entworfen. Das helle Quadrat strahlt weisses Licht aus, der dunkle Grund gibt gar kein Licht ab, denn Schwarz ist ja gleich Mangel des Lichtes. Dort wo auf die Netzhaut weisses Licht hinfällt, wird die vorhandene Seh-Substanz rasch aufgezehrt; im Gebiete des schwarzen Grundes wird die Netzhaut von keinerlei Licht getroffen, dort findet Ersatz statt, und das zu ersetzende Materiale der Seh-Substanz strömt nun dorthin, wo der grösste Verbrauch erfolgt war. Dabei empfinden wir an der Stelle des Verbrauches weiss, an jener des Ersatzes schwarz. Wir fühlen also gleichsam den physiologischen Vorgang des Stoffwechsels. Wenn wir nun das weisse Quadrat einige Zeit aufmerksam betrachten, werden wir finden, dass der Rand desselben, wo es an Schwarz stösst, viel heller erscheint, als die Mitte, aber auch dass das Dunkel des Grundes zunächst dem Weiss um Vieles schwärzer erscheint, als der übrige Grund. Auch diese als Contrast bezeichnete Erscheinung findet ihre zutreffende Erklärung. An der Grenze zwischen Schwarz und Weiss findet das lebhafteste Zuströmen des Ersatzmateriales statt, je mehr Ersatzmateriale aber, desto lebhafter die Empfindung von Schwarz an derselben Stelle, während auf der Seite von Weiss eben hiedurch der Verbrauch um so rascher vor sich gehen kann, und dadurch die Weissempfindung steigert.

Hieraus ersehen wir zugleich, dass die directe Erregung einer Netzhautstelle gleichzeitig auf indirectem Wege auch eine Erregung anderer, vom Lichte nicht afficirter Stellen zu Stande bringt.

Je intensiver und je anhaltender die Erregung der Netzhaut ist, desto lebhafter geht einerseits der Verbrauch, andererseits der Wiederersatz der Substanz vor sich. Endlich tritt aber bei fortgesetzter starker Erregung ein Zustand ein, in welchem ein wechselweiser Ausgleich jener beiden Factoren nicht mehr



stattfinden kann, indem mehr verbraucht als wiederersetzt wird. Unsere Netzhaut ist dann nicht mehr gut im Stande, Gesichtswahrnehmungen zu machen, sie ist ermüdet, sie ist nach allzu starker Lichteinwirkung überreizt, sie ist, wie man sagt geblendet, sie bedarf zu ihrer Erholung der Ruhe. Und sie findet ihre Erholung in der Dunkelheit. Ist allzu starkes Licht in das Auge eingefallen, so schliessen sich die Lider ohne unser Zutun krampfhaft, und öffnen sich langsam und allmähig erst dann wieder, wenn der allzustarke Verbrauch der Sehsubstanz in der Dunkelheit und begünstigt durch dieselbe wieder Ersatz gefunden hat.

Jedermann hat es wohl schon irgendeinmal empfunden, wie peinlich, ja wie schmerzhaft für das Auge es werden kann, wenn wir an hellen Wintertagen einen grösseren Weg über ein Schneefeld zu machen haben. Manch unvorsichtiger Tourist, der im Sommer ohne entsprechenden Schutz im Hochgebirge über weite Schneelager hinwegziehen musste, hat sich eine vorübergehende Erblindung, die sogenannte Schneeblindheit zugezogen. Die fortwährende Erregung der Netzhaut, der stetige Aufbrauch der Sehsubstanz steigert nämlich den Stoffwechsel in der Netzhaut derart, dass es hiedurch zu einem starken Blutandrang, ja zur wahrhaften Entzündung kommt. Die Heilmethode besteht in der sogenannten Dunkelkur, der Kranke muss mit verbundenen Augen Tage lang in einem dunkeln Gemach zubringen.

Bei solchen Gelegenheiten schützt man sich am besten von derlei Ungemach durch Tragen von dunklen Brillen, Vorhalten von schwarzem, grünem oder blauem Schleier. Das allzu grelle Licht wird hiedurch abgedämpft, der Verbrauch der Sehsubstanz verlangsamt. — Ein der Schneeblindheit ähnlicher Zustand kommt auch bei Matrosen vor, welche in hellen Mondnächten am Verleck schlafen. — Wir wissen es aus eigener Erfahrung, dass unsere Ruhe, unser Schlaf um so besser ist, je sorgfältiger wir edes Licht von unserer Schlafstätte fern halten.

Doch kehren wir wieder zur Hering'schen Theorie zurück und prüfen wir dieselbe auch auf Nachbilder, wir werden finden, dass sie auch hier Vorzügliches leistet.

Wir haben schon früher gesehen, dass ein intensiver Lichtindruck einen starken Verbrauch der Sehsubstanz hervorbringt,

welch letzterer wieder ein sofortiges Zuströmen von Ersatzmaterial aus der Umgebung veranlasst. Dieses Zuströmen dauert so lange, bis das Niveau der Sehsubstanz wieder ausgeglichen, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. So lange dies nicht geschehen, in so lange empfinden wir an Stelle des Verbrauchs das positive Nachbild, d. h. es erscheint uns in demselben hell, was am Objecte hell gewesen. Ist nun soviel Sehsubstanz zugeströmt, dass das Niveau an der Stelle des Verbrauches nicht nur wieder ausgefüllt, sondern gleichsam von Sehsubstanz überfluthet erscheint, so nehmen wir an der Stelle der früheren Helligkeit nunmehr Dunkel, also ein negatives Nachbild wahr, weil hier im Gegensatz zur Umgebung mehr Sehsubstanz angehäuft ist. Es tritt nun ein abermaliges Sinken mit nachfolgender Erhöhung und damit ein neues Auftreten eines positiven, dann eines negativen Nachbildes ein, bis endlich wieder das Gleichgewicht hergestellt, und das letzte Nachbild erloschen ist.

Wir können uns diesen hypothetischen Vorgang ungefähr so vorstellen, wenn wir uns ein Gefäss mit einer Flüssigkeit denken, aus welchem mit einem Mal ein grösseres Quantum der Flüssigkeit herausgeschöpft wird. Es entsteht nun eine Concavität in der Flüssigkeit, welche aber nach hydrostatischen Gesetzen nicht bestehen kann, denn es strömt von allen Seiten Flüssigkeit herbei, um die Leere auszufüllen. Diess ist sehr bald geschehen, ja noch mehr, die Concavität ist nicht nur geschwunden, es ist an deren Stelle eine Convexität getreten, diese kann wieder nicht bestehen, sie sinkt herab, wird zur Concavität, und so fort, nur dass jede nächstfolgende Wellenbewegung eine geringere Amplitude zeigt, bis die Niveauschwankungen endlich ganz zur Ruhe kommen.

Die Vorgänge bei Nachbildern können wir uns durch einen sehr einfach und zugleich sehr instructiven Versuch anschaulich machen. Nehmen wir nochmals das schon öfter erwähnte weisse Quadrat auf dunklem Grunde hervor, und betrachten wir dessen irgendwie bezeichneten Mittelpunkt durch  $\frac{1}{2}$  -- 1 Minute. Schliessen wir dann rasch die Augen und bedecken wir sie mit den Händen, ohne irgend einen Druck auszuüben. Im ersten Moment sehen wir gar nichts. Bald aber dämmert es vor uns, und wir erblicken meist ganz plötzlich ein eben so grosses, sehr dunkles Quadrat,

welches von einem lichten, oft sogar leuchtenden Hofe umgeben. Die Erscheinung hält einige Zeit an, um dann allmählig abzublassen. Hering nennt den hellen Saum den Lichthof, und den Vorgang selbst Lichtinduction. — Die Erklärung desselben ergibt sich leicht aus den früheren Erörterungen. An jener Stelle der Netzhaut, wo durch das Bild des weissen Quadrates die Sehsubstanz aufgezehrt wurde, erfolgt nach Aufhören des äusseren Reizes bald reichlicher Wiederersatz, wodurch dann dort ein dunkles (negatives) Nachbild empfunden wird. In dem sogenannten Lichthof hingegen kommt uns die in der Peripherie angehäuften, nunmehr rasch gegen die Stelle des Verbrauches zuströmende Sehsubstanz, als relativ stärker erregte Partie, als leuchtend zum Bewusstsein.

Betrachten wir nun noch ein graues Quadrat auf schwarzem und ein eben solches auf weissem Grunde. Ersteres wird uns heller erscheinen als letzteres, nicht wegen Täuschung unseres Urtheiles, wie Helmholtz sagt, sondern aus den oben angeführten physiologischen Gründen. — Grau besteht aus einer Mischung von Hell und Dunkel, oder wenn wir so sagen wollen, aus Weiss und Schwarz. Es ist also in Grau eigentlich nur die Quantität von Weiss, welche direct empfunden wird. Die Empfindung dieser Quantität ist aber umso intensiver, je mehr Ersatz aus der Umgebung herbeigezogen werden kann, und dies kann wieder bei schwarzem Grunde besser stattfinden, als bei weissem.

Die hier angeführten Beispiele waren alle sehr einfach; in Wirklichkeit sind unsere Lichtempfindungen unendlich vielfältig und complizirt. Es können aber nur ganz einfache Beispiele erwähnt werden, um die Theorie in ihren Grundzügen kenntlich zu machen.

Hering nennt den Vorgang des Verbrauches der Sehsubstanz Dissimilierung, jenen des Ersatzes Assimilierung. Wird an ein und derselben Stelle gleichzeitig gleichstark dissimilirt und assimilirt, so entsteht die Empfindung von Grau. Wächst der erstere Vorgang an Intensität, so haben wir den Eindruck grösserer Helligkeit, im entgegengesetzten Falle den eines dunkleren Grau.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, dass in Folge Einwirkung des Lichtes in der Netzhaut eigenthümliche Prozesse ablaufen, welche von uns empfunden und deren wir uns sodann

bewusst werden. Wie letzteres geschieht, davon haben wir keine Vorstellung, werden wohl auch nie Kenntniss davon erlangen. Die physiologischen Vorgänge können wir auch jetzt schon wenigstens theilweise beobachten und sie auf physikalischer Basis ergründen, die psychologischen Vorgänge jedoch entziehen sich gänzlich unserem Gesichtskreise. -- Wir müssen uns begnügen zu wissen, dass die auf die Netzhaut projicirten Bildchen ein Zeichen abgeben von den Gegenständen in der Aussenwelt, welche Zeichen durch Leitung der Nervenfasern dem Zentralorgan, dem Gehirn zugeführt werden, wo sie zum Bewusstsein kommen.

Wenn wir schon früher gesagt haben, dass die Netzhaut gleichsam die chemisch präparirte Platte des Photographen darstelle, so können wir nach der bisherigen Ausführung an diesem Vergleich umsomehr festhalten. Und doch ist die Netzhaut eigentlich noch vielmehr, als eine präparirte lichtempfindliche Platte, sie stellt gleichsam die ganze photographische Werkstätte selbst dar, in welcher die Platte lichtempfindlich gemacht, von der unendlichen Fülle der derauf projicirten Bilder immer wieder gesäubert und gleichzeitig stets auf's Neue mit der nöthigen Menge von photochemischer Substanz versehen wird.

## 2. Farbensinn.

In dem bisher Besprochenen ist nur von Hell und Dunkel, von Weiss und Schwarz die Rede gewesen. Wir mussten schon desshalb die Weiss-Schwarz-Empfindung eingehender besprechen, weil die grösste Summe unserer Gesichtswahrnehmungen von Hell und Dunkel beeinflusst wird, ferner weil bei jeder Farbenempfindung sich die Einwirkung von Hell und Dunkel geltend macht und schliesslich die Farbenempfindungen selbst umso viel leichter ihre Erklärung finden, wenn wir diese der Weiss-Schwarz-Empfindung anpassen können.

Dem allgemeinen Sprachgebrauche nach ist Farbe eine Eigenschaft der Dinge. Wie sehr wir gewohnt sind, unseren Erfahrungen gemäss die Farbe als Etwas den Dingen fest Anhaftendes, ihnen selbst Innewohnendes zu betrachten, geht wohl schon aus dem Umstande hervor, dass wir viele Farben zur näheren Bezeichnung mit dem Namen jener Gegenstände belegen,

an denen wir sie zumeist wahrnehmen. So sagen wir z. B. citronengelb, kirschroth, veilchenblau, grasgrün. — Dabei fällt es uns vielleicht gar nicht auf, dass es durchaus unmöglich ist, mit Worten zu beschreiben, was roth, grün oder blau sei.

Wir wissen aber auch, dass die Farben der Dinge bei verschiedener Beleuchtung anders erscheinen können, dass sie bei abnehmender Helligkeit verblassen, bei sehr intensiver Beleuchtung in Weiss übergehen, und bei zunehmender Dunkelheit ganz verschwinden. Und doch bleiben die Gegenstände, an denen wir die Farben beobachteten, dieselben. Schon daraus geht hervor, dass die Farben durch gewisse anderweitige Momente bedingt sein müssen. Die Physik gibt uns hierüber Auskunft. Sie lehrt uns, dass Farbe Licht sei, u. zw. Licht von ganz bestimmter Schwingungsdauer. Wenn wir uns weiterhin vergegenwärtigen, dass unter willkürlich oder unwillkürlich geänderten physikalischen Bedingungen ein und dieselbe Farbe uns anders erscheinen kann, wenn wir uns vorstellen, dass unser Auge betreff der Farbenwahrnehmung auch anders beschaffen sein könnte, wie denn auch in der That neben einer grossen Reihe normalsichtiger Individuen gar nicht wenig solcher Leute existiren, denen bei sonst hoher Intelligenz das Farbenverständniss so weit abgehen kann, dass sie erwiesener Massen eine rothe Siegellackstange von grünem Grase zu unterscheiden nicht im Stande sind; wenn wir alle diese Kriterien zusammenhalten, dann werden wir nothwendigerweise dahin gedrängt zu sagen, Farbe sei etwas Subjectives, Farbe sei eine Empfindung unseres Auges, speciell der Sehsubstanz. Und vom physiologischen Standpunkte aus sind wir hiezu vollkommen berechtigt. Schon bei Erklärung des Lichtsinnes haben wir gesehen, dass Licht in unserem Auge auch ohne jeden äussern Reiz entstehen könne. Von den Farben gilt dasselbe. Wir können in sehr dunklem Raume durch leichten Druck auf die geschlossenen Augen im Auge selbst die prächtigsten Farben entstehen sehen, und bisweilen Farben von solcher Intensität, wie wir sie in der Aussenwelt vielleicht nie wahrgenommen.

Es wäre nun freilich arg gefehlt, wenn wir mit Bezug auf die früheren Erörterungen die Dinge um uns her einfach wegläugnen wollten und wir behaupten würden, dass wir fortwährend nur durch wesenlosen Schein getäuscht und betrogen wer-

den, im Gegentheil, wir müssen mit Rücksicht auf das Anpassungsgesetz der Darwin'schen Lehre sagen, unser Auge sei nur durch die äusseren Reize, durch objectives Licht und Farbe, ganz allmählig zu der Stufe der Empfindung gelangt, an welcher wir es heute antreffen. Die Dauer der Zeiträume, in welcher diese Entwicklung vor sich gegangen, ist für uns natürlich ganz unfassbar.

Wenn wir uns nun den Farben selber zuwenden und wir uns in dem unendlichen Chaos der mannigfaltigsten Farben zurechtfinden wollen, so müssen wir vor Allem die denkbar einfachsten Farben herausuchen; es wird sich dann ergeben, dass alle anderen Farben aus einer Combination dieser untereinander oder einer Mischung einfacher und zusammengesetzter Farben mit Weiss und Schwarz entstehen.

Wir nennen jene Farben, welche wir ohne alle Beimischung irgend einer andern Farbe an und für sich ganz rein empfinden, die Grund- oder Principalfarben. Wenn wir dabei auch von der Beimischung von Weiss und Schwarz absehen, so erhalten wir die sogenannten Farbentöne, welche wir dann, wenn wir sie uns nicht mehr intensiver denken können, gesättigt nennen. Die Vorstellung eines gesättigten Farbentones ist jedoch nur ein relativer Begriff. Betrachten wir z. B. ein rothes Papier, von welchem wir glauben, dass es überhaupt nicht mehr intensiver roth gedacht werden kann, und legen wir auf dasselbe nur ein Stückchen grünes Papier, so werden wir sofort eines Besseren belehrt, denn in der nächsten Nähe jenes grünen Papiers erscheint uns das Roth jetzt noch lebhafter, noch intensiver. — Durch Beimischung von Weiss oder Schwarz zu irgend einem Farbenton erhalten wir neue Farbenempfindungen, welche wir als Farbennuancen bezeichnen. Wir können uns die Entstehung von Farbennuancen ganz gut vorstellen, wenn wir uns ein Dreieck denken, in dessen einem Winkel wir einen Farbenton, z. B. Roth, in dem zweiten Winkel Weiss, in dem dritten Schwarz auftragen. Durch die gegenseitige allmähliche Mischung des Roth mit Weiss und Schwarz erhalten wir auf solche Weise sämmtliche denkbaren Nuancen dieses Farbentones. Auf gleiche Weise können wir mit den übrigen Grundfarben und mit den Mischfarben verfahren.

Es fragt sich nun, wie viele solcher einfachen oder Grundfarben gibt es denn? Die Antwort hierauf wird uns zu Theil, wenn wir das durch ein Prisma erzeugte Sonnenspectrum genauer beobachten. Wir erblicken eine Reihe von Farben, verschieden an Intensität, verschieden an Helligkeit. Wenn wir schliesslich jene Farben hervorheben wollen, welche an und für sich eine ganz reine Empfindung ohne jedwede Beimischung eines andern Farbentones hervorrufen, so finden wir deren nur vier, u. zw. Roth, Gelb, Grün, Blau. — Alle andern Farben sind Mischungen, erzeugt durch allmälige Uebergänge von einer Farbe zur andern, so Orange zwischen Roth und Gelb, Gelblichgrün zwischen Gelb und Grün. Violett erscheint als Roth und Blau. Aber nirgends findet sich eine Mischung von Roth und mit Grün, oder von Gelb mit Blau. Werden diese Farben überhaupt mit einander gemischt, so lässt sich dadurch keine andere Farbe des Spectrums darstellen, sondern es entsteht daraus immer Weiss oder Grau. Nach Helmholtz werden solche Farben Ergänzungs- oder Complementärfarben genannt. Nach den neuesten Anschauungen ergänzen sie sich nicht, sondern sie heben sich gegenseitig anf. Hering nennt sie daher entgegengesetzte Farben. In jeder von einem solchen Paare entgegengesetzter Farben ist eine gewisse Summe von Schwarz-Weiss = Grau enthalten; vernichten sich die Farben, löschen sie sich gegenseitig aus, so bleibt das in beiden vorhandene Grau zurück.

Besehen wir das Spectrum noch einmal, und vergleichen wir es mit unseren Gesichtswahrnehmungen, so finden wir, dass durch Mischung von Roth + Violett = Purpur entsteht, welche Farbe als solche im Spectrum nicht vorhanden ist; ferner dass durch Mischung aller Spectralfarben wieder Weiss hervorgeht. Schwarz ist aber nirgends aufzufinden, es existirt dafür auch keine Schwingungszahl, als Formel liesse es sich höchstens ausdrücken  $S = \frac{W}{\infty}$ . Da aber für unser Auge Schwarz eben so gut eine Empfindung ist, wie Weiss, Blau, Grün, da sich aus Weiss und Schwarz Grau bildet, das wir doch auch als Farbe betrachten, so müssen wir, wenigstens vom physiologischen Standpunkte aus, die Empfindung von Schwarz auch in die Reihe der Farbeempfindungen aufnehmen.

Es erübrigt noch über die beiden Enden des Spectrums,

nämlich jenseits des Roth und jenseits des Violett Etwas zu sagen. Diese Stellen fallen für die Gesichtsempfindung gänzlich aus, wohl aber wissen wir, dass am Ende von Roth die Wärmestrahlen, am Ende von Violett die chemisch wirksamen Strahlen nachweisbar sind. — Fluorescenz.

Wir können aus den einfachen Farben durch verschiedene Methoden Mischfarben erzeugen, entweder dadurch, dass wir die Bilder von Pigmenten durch spiegelnde Glasplatten zur Vereinigung bringen, oder indem wir sehr feine Streifen der betreffenden Farben neben einander gestellt, aus einer gewissen Entfernung betrachten, oder indem wir farbige poröse Stoffe oder farbige Gläser vor unser Auge bringen und durch diese hindurch die Farben beobachten. Die bequemste Methode ist der von Muschenbroeck zuerst angewendete, von Maxwell sehr bedeutend verbesserte Farbenkreis. Mit Hilfe desselben sind wir im Stande zu zeigen, wie aus gewissen Farben neue Farben entstehen, oder wie sich gewisse andere Farben nach Helmholtz zu Weiss ergänzen, oder wie wir jetzt sagen können, sich gegenseitig auslösen und die Empfindung von Weiss oder Grau zurücklassen.

Alle diese Methoden der Farbmischung leiden aber an dem Uebelstande, dass die von Pigmenten reflectirten Farben nie rein sind, auch dann nicht, wenn dieselbe wie immer intensiv und den Spectralfarben möglichst nahe kommen, sondern immer mehr minder andere Farben beigemischt enthalten. Man kann sich hievon leicht überzeugen, indem man solche Farben analysirt. Man schneidet nämlich aus dem fraglichen farbigen Papiere einen schmalen Streifen in der Breite eines Millimeters, beleuchtet ihn auf rein schwarzem Grunde mit Sonnenlicht, und betrachtet ihn mit einem guten Glasprisma. Würde diese Farbe rein, d. h. der entsprechenden Spectralfarbe vollkommen gleich sein, so müsste man durch das Prisma nur diese eine Farbe, und sonst gar keine andere wahrnehmen. Solche Versuche belehren uns, dass z. B. ein dem Spectralroth scheinbar gleichkommendes rothes Papier Roth, Orang, Dunkelgrün, etwas Blau und Violett zeigt; ein grünes Papier zeigt schwach Orang, dann Gelbgrün, Grün, Blaugrün, Blau; ein ultramarinblaues Papier zeigt bläulich Grün, Blau, Violett, sehr schwach Roth und Orange u. s. w.



Schon hieraus sehen wir, dass die scheinbar einfachen Pigmentfarben schon sehr complicirt sein können.

Die beste Methode Mischfarben zu erzeugen, ist die von Newton angegebene, nämlich die Spectralfarben selbst entweder durch Linsen, oder durch bewegliche Prismen zur Deckung zu bringen. Helmholtz hat diese Methode sehr vervollkommnet und festgestellt, dass sich zu Weiss ergänzen, also Complementär-farben bilden Roth und Blaugrün, — Orang und Cyanblau, — Gelb und Indigo, — Grüngelb und Violett.

Trotz alledem behält der Farbenkreisel doch wieder seine Vorzüge; so lassen sich z. B. die sogenannten Farben-gleichungen damit darstellen. Aus einem Sektor von so und so viel Graden Roth und einem andern von Blau lässt sich ein ganz bestimmtes Violett erzeugen; aus  $165^{\circ}$  Roth +  $73^{\circ}$  Blau +  $122^{\circ}$  Grün entsteht Grau von  $= 100^{\circ}$  Weiss +  $260^{\circ}$  Schwarz.

Die Farben des Spectrums untereinander verglichen, besitzen sehr verschiedene Helligkeit. Der Grad dieser Helligkeit wurde durch Frauenhofer und Vierordt gemessen; es ergab sich, wenn man die grösste Helligkeit in Gelb D—E in Zahlen ausgedrückt mit  $= 1000$  bezeichnete, folgende Reihe:

Gelb D—E	= 1000
Röthlichgelb D	= 780
Grün E	= 370
Blaugrün F	= 128
Orange C	= 128
Roth B	= 22
Blau G	= 8
Violett H	= 0,7

Die Pigmentfarben treten umso deutlicher hervor, je mehr Helligkeit sie besitzen und je besser sie beleuchtet sind. Letzterer Umstand hat jedoch seine Grenzen, denn steigern wir die Beleuchtung zur grössten Intensität, so gehen die Farben allmählig in Weiss über. Nimmt hingegen die Helligkeit bedeutend ab, so verblassen die Farben und werden endlich ganz farblos. — Auf weissem Grunde erscheinen bei sehr geringer Beleuchtung Braun, Roth, Orange und Dunkelgrün = Schwarz; Blau = Schwarz; Grün etwas heller; Rosa noch heller; Gelb am hellsten.

Es wurde schon früher erwähnt, dass es Leute gibt, welche die Farben nur unvollständig zu erkennen im Stande sind, indem sie beispielsweise statt Roth und Grün nur eine gewisse Helligkeit empfinden. Man nennt diesen Zustand die Farbenblindheit. — Wenn wir nun bei Beobachtung verschiedener Farben die Helligkeit mehr und mehr herabsetzen, so wird jedes Auge farbenblind; wir können bei sehr schwacher Beleuchtung im ersten Moment wohl noch angeben, dass wir den Eindruck des Farbigen haben, gar bald aber empfinden wir statt der Farbe nur mehr den Eindruck von Grau.

Auch bei indirectem Sehen wechseln die Farbenempfindungen. Fixiren wir bei directem Sehen irgend einen Gegenstand und achten wir nun auf den Farbeindruck, den Pigmente in der Peripherie der Netzhaut hervorbringen, so stellt sich heraus, dass die Farben nicht überall gleich weit und gleich gut empfunden werden. Die innerste Grenze gilt für Roth, dann folgt Grün, dann Gelb; am weitesten nach Aussen wird Blau wahrgenommen. Verschieden sind dabei die Grenzen, je nachdem bei dieser Beobachtung der Grund Weiss oder Schwarz ist. Zu erwähnen ist noch, dass die Farben in der Nähe der Grenze ihrer Sichtbarkeit allmählig in andere Farben und schliesslich in Grau übergehen. So geht Roth durch Rothgelb in Grau über; Blau wird immer weisslicher, dann erst Grau; Grün durch Gelblich zu Grau; Gelb durch Graugelb zu Grau.

Donders und Landolt haben nachgewiesen, dass die Farbenempfindungen auch in der Peripherie so wahrgenommen werden können wie im Centrum, wenn nur die Pigmente gehörig stark beleuchtet sind. Die peripheren Theile der Netzhaut ermüden der geringeren Uebung wegen viel schneller für Farbenempfindung.

Wir haben nun noch einiger Erscheinungen auf dem Gebiete der Farbenwahrnehmungen zu erwähnen, und zwar des Farbencontrastes, der Farbeninduction und der farbigen Nachbilder (sämmtlich subjective Erscheinungen).

Unter farbigem Contrast verstehen wir die subjective Empfindung einer Farbe, wenn wir objectiv eine andere Farbe betrachten. Die Contrastfarben sind durchgehends Complementär-Farben. Blicken wir auf eine gleichmässig grell beleuchtete

Fläche, z. B. auf rothes Tuch und richten dann den Blick auf einen weissen, grauen oder schwarzen Gegenstand, so wird uns letzterer in der complementären Farbe, in diesem Falle also grün erscheinen. Wir empfinden den Farben-Contrast auch in der Erscheinung farbiger Schatten. Halten wir vor eine intensive Lichtquelle farbige Gläser, so erscheint der beleuchtete Grund in der Farbe des gegebenen Glases. Dahinter gehaltene Gegenstände geben nun keinen schwarzen Schatten, sondern einen farbigen, u. zw. stets in der Complementär-Farbe.

Fällt auf einen Theil der Netzhaut farbiges Licht, auf die Umgebung farbloses, so überzieht sich letzteres sehr bald, wenn auch schwach, mit der beobachteten Farbe. Nach Brücke wird diese Erscheinung Farbeninduction genannt und beruht auf dem Umstande, dass wenn irgend ein Theil unserer Netzhaut erregt wird, auch die übrigen Theile in Miterregung gerathen.

Alle unsere Gesichtsempfindungen sind an zeitliche Momente gebunden. So auch die Farbenwahrnehmung. Wirkt farbiges Licht momentan auf unser Auge ein, so bedarf es zuvörderst einer gewissen, sehr kurzen Zeit, in welcher die Erregung beginnt; diese steigt dann ziemlich rasch an und fällt allmählig wieder ab. (Anklingen — Abklingen der Farben.) Diese Thatsache führt uns zu den farbigen Nachbildern. Wie bei der Lichtempfindung, so sind diese auch bei der Farbenempfindung positiv oder negativ, bezüglich der Helligkeit — und ausserdem entweder gleichfarbig oder complementär.

Farbige Nachbilder entstehen nicht nur nach farbiger Lichtempfindung, sondern auch nach Einwirkung eines intensiven farblosen oder schwach gefärbten Lichtes. Fechner gibt als Nachbilder nach momentanem directen Blick in das volle Sonnenlicht an: weisses, schnell vorübergehendes Nachbild; lichtblau; lichtgrün; roth von langer Dauer. — Bei Gas- oder Lampenlicht ist die Reihenfolge der Nachbilder eine theilweise andere. Ein Blick in die untergehende Sonne erzeugt zumeist grüne und violette Nachbilder. — Solche Nachbilder sind sehr intensiv, und da wir während ihrer Dauer mit den betreffenden Netzhautstellen unfähig sind zu sehen, nennt man sie auch Blendungsbilder. Der Ort dieser Blendungsbilder kommt jedoch nur den centralen Netzhautstellen zu, etwa  $30^{\circ}$  um die fovea centralis — an der

Peripherie bewirkt selbst sehr intensives Licht keine Blendung. Farbige Nachbilder, u. zw. complementäre, erhalten wir am besten, wenn wir durch ein gefärbtes Glas auf eine Lichtflamme blicken.

Es ist nun noch zu erwähnen, dass durch gleichzeitiges Betrachten verschiedenfärbiger Flächen, z. B. der Art, dass das rechte Auge ein rothes Quadrat, das linke ein blaues Quadrat ansieht, verschiedene Eindrücke entstehen können. Es kann die Mischfarbe auftreten, in diesem Falle also violett, dies dauert jedoch in der Regel nicht lange, denn plötzlich tritt in meist regelmässiger Abwechslung bald roth, bald wieder blau hervor. Endlich kann es aber auch geschehen, dass die Mischfarbe nur undeutlich, dafür aber die Erscheinung metallischen Glanzes auftritt. Ueber die Empfindung des Glanzes hat schon Dove eine Erklärung abgegeben, welche auch gegenwärtig als gültig angenommen wird. Der Eindruck des Glanzes entsteht, wenn auf einer Fläche Helligkeit ist, wo auf der andern Dunkel vorherrscht, d. h. wenn auf die correspondirenden Netzhautstellen nicht gleichmässiges Licht, oder bei Farben verschiedene Nuancen derselben einwirken. Am deutlichsten nimmt man dies durch ein einfaches Experiment im Stereoscopkästchen wahr. Wenn eines der Bilder, nehmen wir an, die Darstellung einer Krystallform, mit weissen Flächen, das andere Bild hievon mit schwarzen Flächen gleichzeitig betrachtet wird, so erscheint uns die stereoscopische Krystallfigur allseitig glänzend, wie polirter Graphit.

Wie bei der Lichtempfindung, so tritt auch bei der Farbewahrnehmung die Frage an uns heran, wie haben wir uns das Zustandekommen dieser Empfindungen vorzustellen?

Um zur Beantwortung dieser Frage zu gelangen, müssen wir wenigstens einen flüchtigen Blick auf die geschichtliche Entwicklung der Lehre vom Sehen werfen.

Im Alterthum war wenig Anregung vorhanden, den verborgenen Ursachen der Sinneswahrnehmungen nachzuspüren. Sagte doch Socrates, man dürfe nicht Alles wissen wollen, die Götter hätten Manches für sich behalten, und sie sähen es ungnädig an, wenn Sterbliche in das eindringen wollten, was sie mit Nacht und Dunkel bedeckt. Von Aristoteles an war die

Ansicht herrsehend geblieben, dass die Farben aus einer Mischung von Schwarz und Weiss entstehen, dass sie etwas Trübes, Schattenhaftes seien. Dabei dachte man sich, dass aus dem Auge Lichtstrahlen hervorkämen und diese machten die Gegenstände sichtbar. Dann stellte man sich wieder vor, dass Lichtstrahlen vom Auge und vom Objecte ausgehen, wenn beide zusammentreffen, machen sie den Gegenstand sichtbar. Diesen Anschauungen huldigte man das ganze Mittelalter hindurch und auch weiterhin, bis auf Newton. Dieser grosse Gelehrte war der Gründer der sogenannten Emanationstheorie; nach dieser bestände das Licht aus materiellen kleinsten Theilchen, welche vom leuchtenden oder beleuchteten Körper in geraden Bahnen gegen das Auge geschleudert werden; je nach der Natur dieser Theilchen seien die Farben verschieden. Diese Theilchen dringen in das Auge ein und wirken auf die Netzhaut.

Viel Wesentlicheres jedoch hat Newton auf physicalischem Gebiete geleistet, indem er lehrte, die Farben physicalisch zu zergliedern. Das durch ihn mit Hilfe eines Glasprimas in farbige Bestandtheile zerlegte weisse Sonnenlicht heisst auch heute noch Sonnenspectrum; ebenso behielten seine Fundamentalsätze über das Licht ihre Giltigkeit, wie: 1. Weisses Licht ist aus verschiedenem Farbigen zusammengesetzt; — 2. Licht verschiedener Farbe hat verschiedene Brechbarkeit; — 3. Licht einfacher Farbe ist nicht weiter zerlegbar.

Als Newton im Jahre 1704 seine Lehre vollständig publicirte, hatte bereits Huyghens gegen die Ansicht, dass der Lichtquelle kleinste Theilchen entströmten, die sogenannte Undulationstheorie aufgestellt, wonach die Lichtquelle ein elastisches, unendlich feines, das ganze All durchdringendes Medium, den Aether, in eine schwingende Bewegung versetze.

Für diese Theorie trat besonders der Mathematiker Euler Mitte des vorigen Jahrhunderts ein. Aber erst als Thomas Young, der englische Arzt und Naturforscher, im Jahre 1802 durch die schon 140 Jahre früher von Grimaldi entdeckten Interferenzerscheinungen bewies, dass Licht zu Licht Dunkel geben kann, als er auf die verschiedene Wellenlänge der Farben hinwies, und als später 1822 Fresnel diese Wellenlängen genau gemessen und berechnet hatte, war der volle Beweis für die

Undulationstheorie geliefert worden. Ein weiteres Verdienst Young's bestand aber darin, dass er den Grundstein zu einer neuen Anschauung der Farbenwahrnehmung legte, indem er annahm, dass in der Netzhaut drei verschiedene Nervelemente vorhanden wären; gewisse Fasern empfinden nur Roth, andere Grün, andere nur Blau. Aus der stärkeren oder schwächeren Erregung zweier Farbengattungen treten dann die übrigen Farbenempfindungen hervor. (Naturalphilosophie über das Licht, 1807.)

Diese Theorie blieb nun viele Jahre vergessen und begraben. Zufällig entdeckte sie Helmholtz und fand sie so zutreffend, dass er sie sofort auf den Schild erhob und theilweise erweiterte. Die Theorie bestand nun seither als Young-Helmholtz'sche Farbentheorie bis auf unsere Tage. Auch Helmholtz nimmt dreierlei verschiedenartig empfindende Nervelemente an, u. zw. solche für Roth, für Grün und für Violett.

Unabhängig von jeder Theorie hatte der englische Chemiker Dalton einen abnormen Zustand beschrieben, an dem er selbst litt, der seinem Wesen nach als Rothblindheit gedeutet wurde. Es wurden noch mehrere solcher Fälle bekannt, in denen die Empfindung für rothe Farben gänzlich fehlte. Man nannte den Zustand erst Daltonismus, dann Farbenblindheit. Später machte Seebeck darauf aufmerksam, dass es auch Farbenblinde gäbe, welche Grün zu unterscheiden nicht im Stande wären. Man fasste diese Zustände im Sinne der Helmholtz'schen Theorie als Lähmung der rothempfindenden, im andern Falle der grünempfindenden Fasern auf. — Diese Fälle, dann die Begrenzung der Farbenempfindung in der Netzhaut selbst (roth-grün-blau), schienen sehr zu Gunsten der Helmholtz'schen Theorie zu sprechen. Die Complementärfarben liess man aus Ermüdung der einen Fasergattung und der noch übrig gebliebenen Erregung der andern entstehen.

Aber alle diese Argumente erwiesen sich als hinfällig. Dorwies 1859 darauf hin, dass bei Erkrankung der Netzhaut-Nervenenden wohl bedeutende Selschwäche, dabei aber noch immer Farbenempfindung vorhanden sein könne, sowie auch dass Rothblindheit nie allein, sondern gleichzeitig mit einem gewissen Grade von Grünblindheit vorkomme. Auch die Contrasterschei-

nungen, indem neben Roth stets Grün, neben Gelb Blau erscheint, sprachen gegen Helmholtz's Theorie. Die Hauptschwäche der Theorie besteht eben darin, dass sie zur Erklärung des Contrastes den physiologischen Boden verlässt und von psychologischem Standpunkte aus, durch Urtheilstäuschung denselben erklärt. Endlich mangelt auch die Erklärung für Schwarz.

Wir haben schon früher gesehen, dass Hering die Weiss-Schwarz-Empfindung aus rein physiologischen Vorgängen erklärt. Weiss bedeutet die Empfindung des Verbrauches der Sehsubstanz, Schwarz die Empfindung des Wiederersatzes. Diese stofflichen Vorgänge legte nun Hering auch den Farbenempfindungen zu Grunde.

Er nimmt vier einfache oder Principalfarben an, wie sie schon Leonardo da Vinci angegeben und zwar Roth, Gelb, Blau, Grün, und stellt sie, der Weiss-Schwarz-Empfindung angepasst, folgender Weise zusammen:

1. Weiss-Schwarz-Empfindung
2. Roth-Grün                    „
3. Gelb-Blau                    „

Jedem dieser drei Farbenpaare entspricht ein Dissimilierungs-(Verbrauchs-) und ein Assimilierungs-(Ersatz-)process besonderer Qualität, so dass also die Sehsubstanz in dreifach verschiedener Weise der chemischen Veränderung oder des Stoffwechsels fähig gedacht werden muss.

Die Roth- und Gelbempfindung wird bezüglich des physiologischen Vorganges in gleiche Reihe mit der Weissempfindung gestellt, d. h. Roth und Gelb bewirken, so wie Weiss einen Verbrauch der Sehsubstanz = Dissimilierung; Grün und Blau hingegen werden in ähnlicher Weise wie Schwarz durch Assimilierung = Ersatz der Sehsubstanz, empfunden.

Die Empfindung von Grün und Blau kann ausser durch Assimilierung auch noch durch directe Einwirkung grüner oder blauer Strahlen zu Stande kommen.

Wird an ein und derselben Stelle eine gewisse Menge von Roth dissimilirt und ebendort gleichzeitig eine entsprechende Menge Grün assimilirt, so heben sich die beiden Farben auf (complementär), sie löschen sich gegenseitig aus, es bleibt, wenn

jenen Farben farbloses Licht beigemischt war, — Weiss, wenn Helligkeitsabstufungen beigemenget waren, — Grau zurück.

Das von den einfachen Farben Gesagte gilt auch für die zusammengesetzten.

Die Hering'sche Theorie der Licht- und Farbenempfindung hat sehr rasch Beifall und Anklang gefunden. Sie hat eben viele Vorzüge vor der Young-Helmholtz'schen Theorie. Da sie rein physiologische Vorgänge -- die Empfindungen selbst -- zum Ausgangspunkte nimmt, hat sie es nicht nöthig, sich auf psychologische Momente zu berufen, sie erklärt frei und ungezwungen die Empfindungen verschiedener Qualität, und gibt auch dort befriedigenden Aufschluss, wo uns die Young-Helmholtz'sche Theorie im Stiche lässt.

Eine Theorie kann sehr geistreich, sie kann genial ausgedacht sein, ohne deswegen auf allgemeine Giltigkeit Anspruch machen zu können. Zur allgemeinen Geltung gelangt sie sicher nur dann, wenn sie alle in ihr Gebiet einfallenden Erscheinungen frei und ungezwungen, und in einfacher Weise erklärt, wenn sie überall das streng Gesetzmässige darzulegen, wenn sie Belege von practischer Seite aufzuweisen im Stande ist.

Und die Hering'sche Theorie vermag dies. Die neueren Forschungen über die Farbenblindheit sprechen ausserordentlich zu ihren Gunsten; auch fand sie eine sehr beachtenswerthe Stütze in der Entdeckung des Sehpurpurs.

Es ging ehemals die Sage, dass im Auge eines Sterbenden die letzten Gesichtseindrücke als erkennbares Bildchen haften bleiben. Der immer wieder aufgenommene Versuch, dieser Behauptung Geltung zu verschaffen, wurde, als jeder Begründung bar, ebenso oft zurückgewiesen und einfach als Fabel bezeichnet.

Vor ganz kurzer Zeit fand nun jene Geschichte des Bildchens im Auge, und zwar von wissenschaftlicher Seite her die glänzendste Anerkennung und Bestätigung.

Zu Ende des Jahres 1876 machte nämlich Professor Boll in Rom an Professor Kühne in Heidelberg Mittheilung über seine schöne und bahnbrechende Entdeckung des „Sehpurpurs“, d. i. des Vorhandenseins eines der Netzhaut eigenthümlichen rothen Farbstoffes, welcher durch das Licht aufgezehrt, durch die intacte



Netzhaut jedoch fort und fort neu producirt wird, welcher daher augenscheinlicher Weise in irgend einer bestimmten Beziehung zum Sehafte selbst steht.

Man hatte bis dahin die dem Menschen- und Thierauge entnommene Netzhaut immer nur farblos oder weisslich gesehen; doch wusste man auch andererseits seit Benützung des Augenspiegels, dass die Netzhaut im lebenden Auge hellroth erscheine.

Genau und vielfach überprüfte Versuche ergaben nun Folgendes: Nimmt man die Netzhaut aus dem Auge eines soeben getödteten Thieres sofort heraus, so erscheint selbe tief roth, verblasst aber unter Einfluss des Lichtes ausserordentlich rasch. Dunkelheit zerstört diese Röthe, den Sehpurpur, nicht, rothes oder gelbes Licht zehren denselben nur in geringem Masse und allmählig auf, die übrigen Strahlen des Spectrums aber vernichten ihn sehr rasch, wesshalb diese Untersuchungen am besten bei Natronlicht vorgenommen werden. Wird ein verblasstes Stück Netzhaut auf die noch frische Chorioidea aufgelegt, so erneuert sich die rothe Farbe (Sehpurpur — Sehroth) in so lange, als noch Leben in der Chorioidea ist. — War das Auge vor dem Tode in passender Weise dem Licht exponirt, so findet man an der dem Auge entnommenen Netzhaut ein dem stattgefundenen Lichteindrücke entsprechendes weissliches Bild auf tiefrothem Hintergrund. Diese derart gewonnenen Netzhautbildchen — Optogramme — können auf geeignete Weise fixirt und so für einige Zeit aufbewahrt werden. — Das Sehroth lässt sich als Farbstoff isolirt darstellen. Dasselbe hat seinen Sitz in der Schichte der Endglieder der Netzhaut, also in den eigentlich lichtempfindlichen Theilen, und hängt direct ab von der Intensität des Stoffwechsels in der Netzhaut. Wirkt nämlich ein allmählig ansteigender Druck von Aussen her auf den Augapfel ein, wodurch der Blutzuffluss in die Netzhaut wesentlich gehemmt werden kann, so nimmt die Fähigkeit, Farben zu empfinden, sehr rasch ab, und zwar derart, dass nur mehr Hell und Dunkel empfunden wird. Mit aufgehörendem Druck kehrt auch die Farbenempfindung wieder zurück.

Aus alldem geht nunmehr hervor, dass in der Netzhaut unter dem Einflusse des Lichtes physiologische Processe, und zwar photo-chemischer Natur vor sich gehen. Man muss dabei

annehmen, dass die sogenannte Sehsubstanz nebst dem Sehroth noch andere ähnliche farblose Stoffe enthalten kann, welche je nach der Verschiedenheit des farbigen Lichtes in verschiedenartiger Weise chemisch verändert werden.

Diese photo-chemischen Prozesse finden statt in der äussersten (Stäbchen-Zapfen-)Schichte der Netzhaut, also dort, wo die Bilder entworfen werden. Welcher Art die Veränderungen sind, die hiedurch in den nächstliegenden zelligen Schichten der Netzhaut eingeleitet werden, auf welche Weise derlei Veränderungen an das Centralorgan übermittelt werden und wie sie dort zum Bewusstsein kommen, zur Vorstellung werden, das ist unbekannt und wird, um ein Wort Plinius' zu gebrauchen, wohl für immer in der Majestät der Natur verborgen bleiben.

---

### 3. Farbenblindheit.

Farbenblindheit ist ein abnormer Zustand des Auges, unter welchem die damit Behafteten die Farben nur unvollständig oder gar nicht zu erkennen im Stande sind.

Wissenschaftlichen Anschauungen gemäss unterscheidet man Farbenblinde, die es erst in Folge gewisser Erkrankungen des Auges oder des Centralorganes geworden = pathologische Farbenblindheit; und solche, die es von Geburt auf sind = physiologische Farbenblindheit.

Wir wollen nur von Letzterer sprechen.

Die Kenntniss der Farbenblindheit ist noch nicht alt. Zu Ende des vorigen Jahrhunderts waren die ersten Fälle bekannt geworden und der englische Chemiker Dalton, der selbst rothblind war, war der Erste, der diesen abnormen Zustand der Farbenempfindung an sich und an Andern beobachtete und denselben auch genauer beschrieb. Von da ab wurde durch Prévost (1827) für diesen Zustand der Name „Daltonismus“ eingeführt, während man Daltonisten jene nannte, die daran litten. Statt dieser Bezeichnung schlug Brewster den Namen „Farbenblindheit“ vor, und diese Benennung verblieb auch fortan.

Seebeck in Berlin (1837) und Wilson in Edinburg (1855) hatten weitere Beobachtungen angestellt, insbesondere war es

der Letztere, der auf die praktisch wichtige Seite dieses Zustandes aufmerksam machte; er wies eben darauf hin, wie sehr die Sicherheit vieler Menschen auf Eisenbahnen oder bei Schifffahrt durch Verwechslung oder Nichterkennen farbiger Signale gefährdet sein könne. Um uns nun von dem Wesen der Farbenblindheit eine Vorstellung machen zu können, müssen wir uns die Farbenempfindungen, wie sie normaler Weise stattfinden, vergegenwärtigen. Man nimmt heut zu Tage allgemein vier Grundfarben an, u. zw. Roth, Gelb, Grün und Blau, als solche Farben, welche an und für sich ganz rein, das heisst ohne Beimischung irgend einer andern Farbe empfunden werden. Den genannten Farben sind noch Weiss und Schwarz hinzuzufügen. Denn obzwar wir wissen, dass die Physik weisses Licht in Vielfarbiges zu zerlegen im Stande ist, so vermag unser Auge bei der Empfindung von Weiss in demselben doch keinerlei andere Farbe wahrzunehmen. Auch Schwarz müssen wir in die Reihe der Farbenempfindungen einstellen, denn wenngleich für Schwarz keine Schwingungszahl existirt (wie z. B. für Roth, Grün u. s. w.), so ist die Empfindung desselben doch etwas ganz entschieden Positives, da wir Schwarz keinesfalls bei absolutem Lichtmangel, bei tiefster Finsterniss empfinden, sondern dann, wenn schwaches oder mässiges Licht in unser Auge fällt.

Es soll gleich hier erwähnt werden, dass der grösste Theil unserer Gesichtswahrnehmungen eben der Weiss-Schwarz-, oder wenn wir so sagen wollen, der Hell-Dunkel-Empfindung angehört.

Aus den genannten einfachen Farben lässt sich nun durch Mischung die ganze unendliche Anzahl der Farbentöne mischen; die so entstandenen Farbenverbindungen heissen Mischfarben. Wir müssen ferner in Betracht ziehen, dass Weiss und Schwarz in gleichem Verhältniss zu einander gemischt das sogenannte neutrale Grau geben. Jede einfache oder Mischfarbe kann sich mit diesem Grau, oder abstufungsweise einerseits mit Weiss, andererseits mit Schwarz zu den sogenannten Farbennuancen verbinden.

Weiterhin müssen wir uns erinnern, dass eine Farbe nur mit gewissen andern Farben gemischt, neue Farbenverbindungen, — mit einer ganz bestimmten Farbe aber nur Grau oder Weiss

geben kann. Solche Farben, die miteinander gemischt, Weiss oder Grau geben, heissen Complementärfarben; sie ergänzen sich zu Weiss, oder wie man gegenwärtig sagt, sie löschen sich gegenseitig aus und lassen die Empfindung des ihnen schon früher inwohnenden Grau oder Weiss übrig.

Eine bemerkenswerthe Eigenschaft unserer Netzhaut, des eigentlich licht- und farbenempfindenden Theiles des Auges, ist es, dass nach Empfindung irgend einer Farbe neben- oder hinterher stets die Empfindung der Complementärfarbe auftritt.

In der Aufeinanderfolge der Complementärfarben waltet eine strenge Gesetzmässigkeit vor, obwohl wir durchaus nicht wissen, warum beispielsweise zu Roth — Grün, zu Gelb — Blau complementär ist.

Beispiele für obige Farbenmischungen:

Roth + Gelb = Orange,

Roth + Blau = Violett,

Roth + Grün = Grau; oder Weiss,

ferner: Gelb + Grün = Gelbgrün

Gelb + Roth = Gelbroth

Gelb + Blau = Grau, oder Weiss.

Zur Erklärung der Farbenwahrnehmungen stehen sich gegenwärtig zwei Theorien gegenüber; die Helmholtz-Young'sche und die Hering'sche Theorie.

Helmholtz nimmt an, dass in der Netzhaut drei verschiedenartig erregbare Nervenfasern vorhanden seien, deren eine Art Roth, die andere Grün, die dritte Violett empfinde; aus der gleichzeitigen und gleichstarken Erregung der roth- und grünempfindenden Fasern soll Gelb, aus der gleichen Erregung von Grün und Violett soll Blau entstehen.

Die Hering'sche Theorie hingegen, welche gegenwärtig schon weit und breit Anerkennung gefunden, geht von einem anderen Gesichtspunkt aus. Die Empfindungen selbst zur Grundlage nehmend, wird nach dieser Theorie angenommen — und schwerwiegende Thatsachen sprechen dafür — dass in der Netzhaut eine sogenannte Sehsubstanz producirt wird, welche durch Licht und Farbe fortwährend, und durch die verschiedenen Farben in verschiedener Weise aufgebraucht wird. Es werden nunmehr drei Empfindungsreihen angenommen, und zwar:

1. Empfindungsreihe für Weiss-Schwarz
2.         "                 "     Roth-Grün
3.         "                 "     Gelb-Blau.

Aus der Combination dieser farbigen Empfindungen ergeben sich im Sinne der schon früher besprochenen Art der Farbmischungen die Farbentöne und Farbennuancen.

Die Farbenblindheit wird nun nach der Helmholtz'schen Theorie durch die Annahme erklärt, dass z. B. bei Rothblindheit die rothempfindenden Fasern functionsunfähig, gleichsam gelähmt, bei Grünblindheit die grünempfindenden, bei Violettblindheit die violett empfindenden Fasern nicht erregbar sind.

Nach der Hering'schen Theorie hingegen muss man annehmen, dass eines oder beide der Glieder aus der Reihe der Farbenempfindung für Roth und Grün, oder für Gelb und Blau in der Sehsubstanz fehle. In der That sprechen auch die Beobachtungen an Farbenblinden hiefür; denn Rothblinde sind gleichzeitig auch Grünblind, und Diejenigen, denen die Empfindung für Gelb mangelt, können auch kein Blau wahrnehmen.

Um Farbenblinde auf ihren Zustand genauer prüfen zu können, hat man verschiedene Grade desselben aufgestellt. Man spricht von totaler Farbenblindheit, wenn das betreffende Individuum gar keine Farbe wahrzunehmen im Stande ist. Es werden nur Lichtabstufungen empfunden, alle Gegenstände werden Grau in Grau gesehen, die Welt erscheint wie ein photographisches Stereoscopenbild.

Partielle Farbenblindheit besteht in dem Mangel eines Farbenpaares, daher spricht man von Rothgrünblindheit oder von Gelbblaublindheit. — Dabei kann im ersteren Falle die Empfindung von Roth und Grün ganz fehlen, oder es kann Roth gar nicht, Grün nur zum Theil empfunden werden und umgekehrt.

Endlich gibt es noch Individuen, welche Farben bei guter Beleuchtung, bei grosser Flächenausdehnung ganz correct unterscheiden, bei ungünstigen Umständen aber, also bei schwacher Beleuchtung, bei Kleinheit der farbigen Objecte, bei starker Zumischung von Weiss oder Grau nur mehr schwache, undeutliche Farbenwahrnehmung haben. Dieser Zustand wird als schwacher Farbensinn bezeichnet.

Der schwache Farbensinn geht ganz allmählig in den nor-

malen Farbensinn über. Das normalsichtige Auge ist ja selbst in gewissem Sinne farbenblind. Bei allmählig abnehmender Beleuchtung werden die Farben mehr-minder undeutlich, und gehen nach und nach in Grau oder in Schwarz über. Auch nimmt die Farbenempfindung, die in den centralen Theilen der Netzhaut am stärksten ist, gegen die Peripherie hin ab, u. zw. so, dass die verschiedenen Farben verschiedene Zonen haben, innerhalb welcher sie noch empfunden werden. Die engste Zone gilt für Roth, dann folgt nach Aussen Grün, dann Gelb, am weitesten nach Aussen wird Blau wahrgenommen. Aber auch auf gewisse Entfernungen vom Auge schwinden die Farben oder sie ändern sich; so erscheinen uns bewachsene Bergabhänge, Wälder in grösserer Weite nicht grün, sondern blaugrün, manchmal violett, in noch grösserer Entfernung braun, grau oder schwarz.

Es entsteht nunmehr die Frage, was sieht der Farbenblinde statt der Farben, für welche er farbenblind ist?

Die Beantwortung dieser Frage ist nicht so ganz leicht. Es genügt nämlich nicht einen Farbenblinden auszufragen, wie er diesen oder jenen Gegenstand sehe, wir dürfen uns aus sogleich zu erörternden Gründen gar nicht darauf einlassen, seine Aussage als massgebend hinzunehmen, sondern wir müssen ihn dazu verhalten, aus vorgelegten Farbenproben, durch die nach seiner eigenen Empfindung getroffene Wahl den Beweis zu geben, welche Farbe er mit der, von uns ganz genau bestimmten Farbe für übereinstimmend erklärt.

Von besonderem Werth ist es, zu erfahren, wie der Farbenblinde das Sonnenspectrum sieht. Der Total-Farbenblinde wird es überhaupt an beiden Enden verkürzt sehen, weiterhin nimmt er gar keine Farbe wahr, sondern er erblickt statt Gelb, Grün und Blau einige Lichtstreifen von verschiedener Helligkeit. Auch den Regenbogen sieht er nur als helle Wolke.

Wir wollen nun erkunden, wie ein partiell Farbenblinder das Spectrum sieht. Nehmen wir an, wir hätten einen Rothgrünblinden vor uns. Wir werden ihm das Spectrum zeigen, werden ihn auf dessen uns noch erkennbare Grenzen aufmerksam machen, werden ihm dann noch eine grössere Anzahl von Papierstücken, welche theils die Spectralfarben, theils Mischfarben, dann aber auch Grau und Braun in verschiedenen Nuancen zei-

gen, vorlegen, und ihm nun bedeuten, er möge für jede Farbe des Spectrums eines der entsprechend gefärbt erscheinenden Papierstücke der Reihe nach heraussuchen und zusammenstellen. Es ergibt sich nunmehr, dass er das äusserste Roth überhaupt gar nicht gesehen; für Roth wird er Grau hinlegen, für Orange ein mit Grau gemengtes Gelb, für Gelb reines Gelb, für Gelbgrün wiederum ein graues Gelb, für Grün Grau, für Blau reines Blau, für Violett, wenn er es überhaupt sieht, Graublau; für Purpur Blau.

Untersuchen wir einen Gelb-Blau-Blinden, so finden wir dessen Spectrum am violetten Ende verkürzt. Roth und Orange sieht er Roth, Gelb erscheint ihm Lichtgrau oder Weiss, Grün ist Grün, Blau ist Grau oder nahezu Schwarz, Violett Roth oder Braun.

Wie schon erwähnt, ist auf die Aussage der Farbenblinden über die Farben gar kein Gewicht zu legen. Der Farbenblinde ist sich seines Zustandes oft gar nicht bewusst, er hört von Kindheit an Ausdrücke für Empfindungen, welche ihm mangeln, welche er durch das eigene Gefühl nicht abzuwägen vermag. So hört er, das Laub der Bäume, die Wiese, das Gras als grün bezeichnen, er aber sieht diese Dinge gelb oder grau, oder braun, wird sie jedoch, da er es so gelernt, als grün benennen. Er weiss es, dass man von einem neuen Ziegeldach, vom Siegelack sagt, sie seien roth; er sieht diese Gegenstände gelb oder braun, nennt sie aber doch roth. — Er hört ferner die Rose, die Lippen, Wangen und Blut als roth benennen, auch er benennt sie so, wundert sich dabei aber stets, da diese Objecte ihm blau, wie der reine Himmel, erscheinen. (Die Farbe der letzteren Objecte ist eine Abstufung von Purpur = Roth + Violett = Roth + Roth + Blau; da Roth nicht empfunden wird, bleibt nur der Eindruck für Blau zurück.)

Bei niederem Bildungsgrad glaubt der Farbenblinde, er sehe die Farben ganz gut, habe sich aber nie so recht damit abgegeben, sie unterscheiden und richtig benennen zu lernen. — Intelligente Leute, welche auf ihren Zustand aufmerksam werden, geben sich die grösste Mühe, gewisse Merkmale für jene Farben, welche sie als nicht übereinstimmend mit Normalsichtigen empfinden, aufzusuchen, und sie finden sie auch. Solche

Merkmale bestehen für sie zum Theil in der Beimischung solcher Farben, welche sie richtig sehen, hauptsächlich aber in den verschiedenen Helligkeitsabstufungen der einzelnen Farben selbst; sie erlangen dabei ein so feines Unterscheidungsvermögen, dass sie hiedurch allein die Farben zu unterscheiden im Stande sind. Sie besitzen eben einen sehr entwickelten Lichtsinn im Gegensatze zu ihrem mangelhaften Farbensinn. Es kann uns dies nicht sonderlich auffallend erscheinen, denn wir wissen ja, dass im Gebiete der Tonwahrnehmungen Aehnliches vorkommt, da es Leute gibt, die gar keinen musikalischen Sinn, dafür aber doch ein sehr scharfes Gehör für Tonwahrnehmungen haben können.

Der hochentwickelte Lichtsinn des Farbenblinden verhindert aber das Unterlaufen ganz grober Fehler in der Farbenbenennung durchaus nicht, besonders wenn es sich um Gegenstände handelt, welche eine beliebige Farbe besitzen können. Schon Göthe sagt, wenn man die Unterhaltung über Farben mit einem Farbenblinden dem Zufalle überlässt, müsse man fürchten den Verstand zu verlieren.

Farbenblinde können, wenn sie ihren Handlungen selbstständig ihre Empfindungen zu Grunde legen müssen, gar arge Missgriffe thun. Florimond van Loo, ein vorzüglicher Zeichner Belgiens, ist Roth-Grünblind. Er wollte Maler werden, da es ihm aber zu wiederholten Malen widerfuhr, auf Landschaftsskizzen das Laub der Bäume im prächtigen Roth darzustellen, liess er die Malerei nach wiederholten ähnlichen Zufällen gänzlich fallen und wandte sich der Lithographie zu, auf welchem Felde er, unterstützt durch ein sehr scharfes Unterscheidungsvermögen für Helligkeitsabstufungen, bald sehr Vorzügliches leistete. — Ein intelligenter Mann, der Roth-Grünblind ist, bezeichnete die im Herbst bereits roth gewordenen Blätter des sogenannten wilden Weines als grün; ich sehe sie zwar braun, sagte er, aber ich weiss, dass sie grün sind. Auf die Mittheilung, dass diese Blätter hellroth seien, war er sehr erstaunt zu hören, dass es auch rothe Blätter gebe. — Ein Manufactur-Fabrikant, auch farbenblind, wusste seinen Fehler sorgfältig zu verbergen. In schwierigen Fällen, wenn es sich um Beurtheilung von Farben handelte, wusste er es stets so einzurichten, dass er früher erfuhr, um welche Farbe es sich eigentlich handle. In den Nuan-



cen war er dann schon sicher. — Ein Jäger sollte grünes Tuch für einen Rock kaufen, er brachte rothes nach Hause, welches er für grün hielt. Nicht besser erging es einem Schneider, der auf eine schwarze Hose einen rothen Flecken aufnähte, den er für schwarz hielt.

Sehr interessant schildert Dr. Delboeuf, Professor der Philosophie in Lüttich, der roth-grünblind ist, seinen Zustand. Als Knabe gerieth er mit andern Mitschülern in Streit, weil er jenen gegenüber behauptete, Wangen, Lippen und Zunge seien blau, wie der Himmel. Erdbeeren oder Kirschen konnte er immer nur sehr schwer, und da auch nur der Form nach aus dem Laube herausfinden. Ein rothes Ziegeldach auf grüner Wiese war ihm trotz deutlicher Schilderung der Oertlichkeit nicht auffindbar, bis er endlich in grösserer Nähe sich vom Vorhandensein des Daches überzeugen konnte. Wiese und Dach waren ihm nämlich in ziemlich gleichartigem Gelb erschienen.

Delboeuf hat im Verein mit Spring, Professor der Chemie und Physik (in Lüttich) bezüglich der Farbenwahrnehmung interessante Versuche gemacht. Delboeuf geht von der Idee aus, dass die Rothblindheit im Sinne der Helmholtz'schen Theorie nicht durch eine Lähmung der rothempfindenden Fasern, sondern vielmehr durch eine Ueberempfindlichkeit der grün- und violett-empfindenden Fasern bedingt sei. Er versuchte nun, durch Einschaltung farbiger Flüssigkeiten diese Ueberempfindlichkeit für Grün abzdämpfen. Gleich Anfangs gelang es ihm, in der Fuchsinlösung eine solche passende Flüssigkeit zu finden, durch welche er verschiedene Farben betrachtete. Er selbst schreibt darüber: „Der Effect war zauberhaft. Nicht allein die Farben, die ich gewöhnlich zusammenwerfe, Blau, Karmin, Violett auf der einen Seite, Scharlach und Braun auf der andern, erschienen mit einem Male merkwürdig verschieden, sondern auch das Scharlach an sich gewann einen Glanz, der mir gänzlich unbekannt war. Sonst schien es mir matt, plötzlich wurde es flammend und blendend.“ — Es war das für Delboeuf und andere Farbenblinde ein ganz ausserordentliches Ereigniss. — „Unter dem Einflusse der Fuchsinlösung bekleidete sich die Natur plötzlich vor ihren Augen mit einer staunenswerthen Mannigfaltigkeit, es heben sich im Frühlinge die Pyramidensträusse der rothen Kastanie klar von dem

düsteren Grau der Blätter. Die Blüten des Rhododendron und des persischen Flieders hören auf ihnen blau zu erscheinen. Die Früchte der Eberesche, welche ihnen im Herbste wie dunkle Flecken im Laubwerk erschienen, gewinnen den Anblick glühender Büschel. Roth und Violett, welche in ihrer Empfindung nichts Gemeinsames haben, nähern sich einander und zeigten unter gewissen Umständen Neigung, einander ähnlich zu werden.“

Die fortgesetzten Versuche Delboeuf's und Spring's ergaben, dass durch Einschalten grüner Flüssigkeit, insbesondere deutlich bei Anwendung einer Nickelchlorurlösung, ein normalsichtiges Auge künstlich in Rothblindheit versetzt werden könne. Es gelingt dies jedoch auch auf andere sehr einfache Art, indem wir nämlich farbige Beleuchtung anwenden. Wir wissen, dass viele Farben schon dadurch anders erscheinen, dass wir sie einmal bei Tageslicht, dann in der Dämmerung, dann wieder bei der gelben Flamme einer Kerze oder Lampe betrachten. Einen ganz auffallenden Effect erzielen wir, wenn wir eine intensiv gelbe Flamme, z. B. die Natronflamme zur Beleuchtung wählen. — Wir sind dann nicht mehr im Stande Roth zu sehen, aber auch Grün schwindet, beide Farben nehmen einen mehr minder grauen oder braunen Ton an. Gelb bleibt unverändert, Blau erscheint zumeist wieder als Blau, Violett und alle Mischfarben, welche Roth enthalten, ändern sich und zeigen Blaugrau, Braun oder Schwarz. Das Roth der Lippen erscheint blaugrau, eine rothe Rose bläulich, das Grün der Blätter fahlgelb. — Wir können auf diese Art so ziemlich eine Vorstellung davon gewinnen, wie Rothgrünblinde die Farben wahrnehmen.

Wir müssen nun auf die Bedeutung der Farbenblindheit übergehen. Die hohe Tragweite solcher Fehler ergibt sich, wenn wir bedenken, dass beim Eisenbahn- und Schiffahrtsdienst eine bald grössere, bald geringere Anzahl farbiger Signale in Verwendung steht, sowie, dass von der richtigen Erkenntniss und Handhabung dieser Signale Gut und Blut Vieler abhängt. Schon darum erscheint es als dringend geboten, sich von der richtigen Farbenempfindung der Bediensteten von Verkehrsanstalten Kenntniss zu verschaffen. Deutsche und englische Eisenbahnverwaltungen haben auch schon ein zeitweise vorzunehmendes Ueberprüfen ihres Personales auf Farbenblindheit angeordnet und nehmen,

wie dies über Holmgren's dringliche Vorstellungen in Schweden zuerst gesetzmässig ausgesprochen wurde, zum Betriebsdienste überhaupt keine farbenblinden Personen auf.

Zur Prüfung auf Farbenblindheit hat man verschiedene Methoden vorgeschlagen.

Prof. Seebeck in Berlin legte eine grosse Anzahl farbiger Papiere vor, bei der Probe mussten die gleichartigen Farben sortirt werden. Farbenblinde sortiren unrichtig. — Diese Methode ist sehr zeitraubend.

Prof. Wilson in Edinburgh liess sich die Farben einer Anzahl von bekannten Gegenständen nennen. Sodann unterzog er Jene, welche hiebei Fehler machten, der Seebeck'schen Probe.

Dr. Favre in Lyon fragt nach den Namen von Wollproben, in denen die Spectralfarben vertreten sind. Alle, die sie falsch benennen und es auch bei wiederholter Prüfung thun, sind farbenblind.

Die vorzüglichste Methode, unter grossen Massen von Personen alle Farbenblinden herauszufinden, stammt von Dr. Frithjof Holmgren, Professor der Physiologie in Upsala. Sie ist eine modificirte und vereinfachte Seebeck'sche Probe. Holmgren nimmt nämlich Stickwollproben in Roth, Orange, Gelb, Gelbgrün, Grün, Blaugrün, Blau, Violett, Purpur, Braun und Grau, jede in mehreren Tönen und Helligkeitsabstufungen. Es wird nun ein einzelner Strähn herausgelegt, z. B. lichtgrün; die übrigen Strähne werden gut vermengt und auf einem Tische ausgebreitet. Man macht nun allen zu Untersuchenden die Probe selbst vor, indem man alle andern grünen, helleren und dunkleren Strähne herausucht. Sodann lässt man jeden Einzelnen die Probe nachmachen. Normalsichtige werden dies leicht zu Stande bringen, höchstens dass sie gelbliche oder bläuliche Töne hinzulegen. Farbenblinde werden vielleicht eben so rasch damit fertig, haben aber ohne viel Besinnen zu Grün Grau, Hellroth, Lichtbraun hinzugelegt. Legt man zur weiteren Probe einen Purpursträhn heraus, so kann der Farbenblinde dazu, wenn er rothblind ist, Blau und Violett als gleichfärbig wählen. Grünblinde werden zu Grün Grau, Gelb, Braun herauslegen.

Diese Methode hat vor allem andern den Vorzug, dass alles Fragen und Antworten wegfällt, dass die zu Prüfenden

zu selbstständigem Handeln veranlasst werden; die Probe kann mit bestem Erfolge vielen Personen gleichzeitig erklärt und im Beisein Vieler vorgenommen werden.

Von den zahlreichen andern Methoden, die noch in Anwendung gebracht werden, seien hier nur einige erwähnt. Sie beruhen zumeist auf den Erscheinungen des Contrastes. Wirkt irgend eine Farbe auf unser Auge ein, so kommt ohne unser Zuthun und Wollen immer auch die Empfindung der sogenannten Complementär- oder Gegenfarbe zum Ausdruck.

Ausgehend von der Erfahrung, dass dem Farbenblinden ein gewisses Roth und ein gewisses Grün bei gleicher Lichtstärke in gleichartigem Grau oder Braun erscheint, hat Dr. Stilling in Kassel die sogenannten pseudo-isochromatischen Tafeln angefertigt, Tafeln, auf welchen für Rothgrünblinde auf rothem Grund grüne Buchstaben und Zeichen, und umgekehrt — für Gelbblaublinde auf gelbem Grunde blaue Buchstaben aufgetragen sind. Der Farbenblinde sieht beide Farben als Grau, kann daher die Buchstaben nicht entziffern.

Ebenso wurde von Stilling die Methode der Prüfung mit farbigen Schatten angegeben. Fällt durch eine farbige Glastafel weisses Licht, so wird der Grund dahinter in der Farbe des Glases erscheinen. Schattenwerfende Gegenstände zeigen nun für Normalsichtige farbige Schatten, u. zw. in der Complementärfarbe.

Ad. Weber und Pfüger haben die sogenannte Florpapier-Probe empfohlen. Schwarze Buchstaben auf farbigem Grund, mit weissem Florpapier zugedeckt, erscheinen nicht schwarz oder grau, sondern in der Complementärfarbe zur Farbe des Grundes. In beiden Fällen wird, wer den Grund nicht als farbig sieht, auch die Buchstaben nicht farbig, sondern grau erblicken.

Auch die Spectralapparate hat man zur Bestimmung der Farbenblindheit benützt. Wiederum war es Stilling, der sich in dieser Richtung sehr verdient gemacht hat. — Die Methode besteht darin, dass zu den constanten farbigen Linien gewisser Metallspectra entsprechende Wollproben herausgesucht werden sollen.

Es sind nun noch betreff des Vorkommens und der Häufigkeit der Farbenblindheit einige interessante Daten anzuführen.

In den statistischen Mittheilungen sind bisher hierüber sehr verschiedene Angaben gemacht worden, was wohl hauptsächlich von der Ungleichmässigkeit der Prüfungsmethode, theilweise auch von dem Miteinbeziehen des schwachen Farbensinnes herrührte. Bei gleichartig angestellten und wiederholt vorgenommenen Proben ergab sich im Allgemeinen, dass totale Farbenblindheit sehr selten, häufiger partielle Farbenblindheit vorkomme. Bei letzterer Form ist wieder die Anzahl der Rothgrünblinden grösser als die der Gelbblaublinden.

Im Ganzen lässt sich annehmen, dass jeder dreissigste Mensch an irgend einem Grade der Farbenblindheit leide. Um Vieles häufiger kommt sie bei Männern vor als bei Frauen. Es ergibt sich dies aus den Massenuntersuchungen, wie sie namentlich durch Holmgren in Schweden vorgenommen wurden. So fand er unter 39,284 Personen beiderlei Geschlechtes 2·64% Farbenblinde, und zwar bei 32,165 Männern 3·25%, bei 7119 Weibern nur 0·26%.

Aehnliche Resultate erzielte Kohn in Breslau, der unter 3429 Schülern 4%, unter 1061 Mädchen keinen Fall von Farbenblindheit fand.

Ebenso Magnus (auch in Breslau), der unter 3272 Knaben 3·27%, unter 2216 Mädchen nur einen Fall von Farbenblindheit constatirte.

Jedenfalls ist die Erscheinung, dass beim weiblichen Geschlechte Farbenblindheit so selten vorkommt, beachtenswerth. Worin die Ursache liegt, wissen wir nicht. Doch ist es möglich, dass der Farbensinn des weiblichen Geschlechtes in Folge der vielfachen Beschäftigung mit Farben seit vielen Generationen sich mehr entwickelt hat, als bei Männern. Gewiss wäre es daher eine dankenswerthe Aufgabe, den Farbensinn in der Schule zu möglichster Vollkommenheit zu entwickeln.

Noch eine Eigenthümlichkeit ergab sich aus dem statistischen Materiale, die nämlich, dass bei Israeliten Farbenblindheit ungleich häufiger vorkomme, als bei Christen. Die Untersuchungen sind hierüber noch keineswegs abgeschlossen, es ist jedoch nicht unwahrscheinlich, dass dies in den Erblichkeitsgesetzen begründet ist.

Die Farbenblindheit ist nämlich entschieden erblich, u. zw.

in der Regel so, dass der Fehler aus der Familie der Mutter stammt, so dass deren Vater, und mit Ueberspringen einer Generation deren Söhne farbenblind sind. — Farbenblinde Geschwister, namentlich Brüder sind häufig zu finden.

Die Farbenblindheit ist unheilbar, alle Versuche, sie durch rastlos fortgesetzte Uebung zu bessern, sind fruchtlos. Doch kann das Tragen farbiger Gläser das Erkennen und Unterscheiden gewisser Farben deutlicher machen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Vereine für Naturkunde zu Presburg](#)

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [NF\\_4](#)

Autor(en)/Author(s): Celler Ferdinand

Artikel/Article: [Ueber Gesichtswahrnehmungen 21-58](#)