

im Conjunctivalsacke befinden, ausgeübt wird. Die Lidspalte wird geschlossen, und durch den Zug und Druck, welchen der am Ligamentum canthi interni befestigte Orbicularis palpebrarum an den Augenlidern ausübt, wird die Flüssigkeit gegen die Thränenpunkte hin und in die Thränenpunkte hineingetrieben. Das zweite mechanische Moment für die Ableitung der Thränen ist, abgesehen von der Schwere, durch welche sie nach unten abfließen, die Inspiration. Wenn man einathmet, sinkt der Druck nicht nur in den Lungen, sondern auch in der Nasenhöhle unter den atmosphärischen, denn nur dadurch wird es möglich, dass die atmosphärische Luft in die Nasenhöhle eindringt. Es wird also hiedurch eine Tendenz der Thränenflüssigkeit nach abwärts erzeugt. Der Ueberdruck, der bei der Expiration in der Nasenhöhle stattfindet, und vermöge dessen die Luft aus der Nasenhöhle in die Atmosphäre getrieben wird, scheint ganz oder grösstentheils durch Klappen aufgehoben zu sein. Man unterscheidet im Ganzen sieben Klappen oder klappenartig vorspringende Schleimhautfalten: Eine an der Mündung des Thränenkanals in die Nasenhöhle, welche als vorspringende Schleimhautfalte an der inneren Seite liegt und nach aussen und abwärts gerichtet ist; ferner eine an der Grenze zwischen Thränengang und Thränensack, eine an der Einmündung der Thränenröhrchen in den Thränensack, zwei am Grunde der Ampullen, der trichterförmigen Erweiterungen der Thränenröhrchen, und zwei an den Eingängen, an den Thränenpunkten.

### Das Sehen und die Farben.

Was nennen wir sehen? Sehen nennen wir das Zumbewusstsein kommen der Erregungszustände unseres N. opticus. Ja, wir können im Allgemeinen sagen: das Bewusstwerden der Zustände des N. opticus: denn wir sehen ja auch die Dunkelheit, wir empfinden, dass es dunkel ist, weil wir in der Dunkelheit unsern N. opticus im Zustande der Ruhe empfinden. Ein Wesen, das keinen Sehnerven hätte, und dem auch die Theile des Centralorgans fehlten, durch welche uns die Gesichtsempfindungen zum Bewusstsein kommen, würde auch die Dunkelheit nicht empfinden, so wenig, wie wir urtheilen, dass es hinter uns dunkel sei, weil wir nach rückwärts keine Augen haben.

Alle Erregungszustände des N. opticus kommen uns als Lichtempfindungen zum Bewusstsein, auch die durch mechanische oder electricische Reize erzeugten ebenso wie die, welche das Licht hervorruft.

Wenn man im äusseren Augenwinkel einen Druck auf die Sclera ausübt, so sieht man vor der Nasenwurzel eine helle Scheibe. Macht man den Druck etwas stärker, so bekommt die Scheibe in der Mitte einen dunklen Fleck, breitet sich aber mehr aus, so dass sie ein heller Ring mit verwaschenen Rändern wird. Die Lichterscheinung ist die Wirkung des mechanischen Reizes, den man auf die Netzhaut ausübt. Wenn man im Dunkeln die Augen rasch hin und her wirft, so sieht man Lichtblitze. Diese sind nichts Anderes als die Folgen der Zerrung des N. opticus. Hustet man im Dunkeln, so sieht man Lichtblitze vor den Augen. Diese sind nichts Anderes, als Folgen der Reizung, welche durch die plötzliche Stauung beim Husten im N. opticus hervorgerufen wird. Auch auf elec-

trischem Wege kann man die Netzhaut und den Sehnerven zur Lichtempfindung reizen. Es ist dies vielfältig geschehen, und man sieht dann sowohl beim Oeffnen, als beim Schliessen des Stromes, aber auch während des Stromes, Lichtfiguren, die am genauesten von Purkinje studirt worden sind, der sie folgendermassen beschreibt: „Brachte ich den Leiter des Kupferpols in den Mund und berührte mit dem Leiter des Zinkpols den Augapfel, so erschien in dem früher finsternen Gesichtsfelde an der mir sonst wohlbekannten Eintrittsstelle des Sehnerven eine hellviolette lichte Scheibe; im Axenpunkte des Auges war ein rautenförmiger dunkler Fleck, mit einem rautenförmigen gelblichen Lichtbände umgeben, darauf folgte ein gleiches finsternes Intervall und auch ein etwas schwächer leuchtendes gelbliches Rautenband; die äusserste Peripherie des Gesichtsfeldes aber deckte ein schwacher, lichtvioletter Schein, der, wie man das Auge rollte, abwechselnd an einzelnen Stellen heller wurde. Hob ich die Berührung auf, so kehrten sich die Farben um. Wechselte ich die Pole, brachte ich den Kupferpol ins Auge und den Zinkpol in den Mund, so kehrten sich die Farben, sowie auch die Licht- und Schattenpartien um. Am Eintrittsorte des Sehnerven war ein finsterner, kreisrunder Fleck, mit einem hellvioletten Scheine umgeben, der als ein hellvioletttes Rautenband gegen die Mitte des Gesichtsfeldes auf- und niederstieg und sich mit zwei convergirenden Schenkeln auf der entgegengesetzten Seite schloss; diesem nach innen war ein finsternes Intervall und im Axenpunkte des Sehfeldes eine glänzende, hellviolette Rautenfläche. Diese Figur, sowie auch die vorige erscheint jedesmal am lebhaftesten beim Eintritte der Berührung, ist während ihrer Andauer, wenn die Leitung nicht auf irgend eine Weise unterbrochen wird, nur schwer zu bemerken, und erscheint auf einen Augenblick mit entgegengesetzten Licht- und Farbstellen bei der Trennung wieder. Die Intensität bei Anwendung des Kupferpoles, also bei aufsteigendem Strome, ist ungleich grösser als die beim Zinkpole. Das Lichtviolett ist in dieser Erscheinung gesättigt und den Grund vollkommen deckend, das gelbliche Licht hingegen erscheint selbst bei den stärksten Entladungen nur wie der Ueberzug eines schwachen Firnisses, wie wenn eine gelbe Saftfarbe auf schwarzen Grund aufgetragen würde.“

Die Erregung kann auch von den Centraltheilen ausgehen und ihre Ursache dann nach dem Gesetze der excentrischen Erscheinungen nach aussen versetzt werden. So entstehen die Traumbilder und so entstehen die phantastischen Gesichtserscheinungen, die am häufigsten am Abend vor dem Einschlafen auftreten. Man hat bei ihnen das entschiedene Gefühl des Sehens, das sich wesentlich unterscheidet vom blossen Vorstellen. Oft ist dies Gefühl so mächtig, dass die Erscheinung für eine reelle, eine objective gehalten wird. Dies ist die Regel bei Irren und bei Fieberkranken, die von solchen Hallucinationen befallen werden. Aber auch bei Menschen, die übrigens gesunden Geistes und bei vollem Bewusstsein sind, können Phantasmen zu wirklichen Täuschungen Veranlassung geben. Joh. Müller hat über diese phantastischen Gesichtserscheinungen ein lehrreiches und geistvolles Buch geschrieben, in dem solche Beispiele verzeichnet sind.

Der gewöhnlichste äussere Reiz ist das Licht. Das Licht wirkt entweder als weisses Licht auf das Auge ein, oder als gefärbtes. Das gewöhnliche Sonnenlicht ist aus einer ganzen Reihe von Farben zusammen-

gesetzt, die, wenn sie alle miteinander auf die Netzhaut wirken, den Eindruck von Weiss erzeugen. Wenn aber nur eine dieser Farben auf die Netzhaut einwirkt, so entsteht ein farbiger Eindruck, welcher je nach der Wellenlänge des Lichtes verschieden ist. Die grösste Wellenlänge der sichtbaren Strahlen macht den Eindruck von Roth, dann kommt Orange, dann bei weiter abnehmender Wellenlänge gelb. Der Eindruck von Gelb tritt ein, da wo sich die Fraunhofer'schen Linien *D* befinden, die Natronlinien, die jetzt durch die spectroscopischen Untersuchungen so allgemein bekannt geworden sind. Dann kommen Gelbgrün, Grün, Blaugrün und bei *F* Blau. Dieses Blau bei *F* ist sogenanntes Türkisenblau, das heisst ein Blau, welches dem Grün noch einigermaßen nahe steht. Man bezeichnet es auch als Cyanblau, weil es durch Berlinerblau, also durch Eisencyanideyanür oder Ferrocyaneisen dargestellt wird. Schreitet man weiter fort gegen *G* hin, so ändert das Blau seinen Ton und nimmt die Farbe des Ultramarin und Indigo an, und weiterhin geht es über in Violett, als dessen Hauptlinie die Fraunhofer'sche Linie *H* bezeichnet werden muss. Jenseits *H* nimmt die Lichtintensität allmähig ab, und es kommen dann bei *J*, *M*, *N*, *O*, *P* die sogenannten ultravioletten, schwach sichtbaren Strahlen, die früher als lavendelgraue Strahlen bezeichnet wurden, die aber, wenn sie rein und frei von diffusum Lichte dargestellt werden, wenigstens auf die meisten Menschen den Eindruck von Violett zu machen scheinen.

Wir können die Farben in einen Kreis anordnen und zwar so, dass je zwei einander gegenüberstehende miteinander, wenn sie gemischt werden, Weiss bilden. Gewöhnlich ordnet man die Farben so an, dass Roth und Grün, Blau und Orange, Gelb und Violett einander gegenüberstehen. Es muss aber bemerkt werden, dass das Grün, welches dem spectralen Roth complementär ist, nicht das gewöhnliche Grasgrün ist, sondern ein Blaugrün. Dem eigentlichen Grasgrün ist eine Farbe complementär, welche im Spectrum gar nicht vorkommt, nämlich Purpur, eine Farbe, welche wir uns entstanden denken können dadurch, dass wir das Spectrum zusammenbiegen und das rothe und violette Ende desselben übereinanderfallen lassen. Man kann sich dieses Purpur künstlich aus zwei Spectren mischen. Wenn man mittelst eines Doppelspathprismas zwei sich theilweise deckende Spectra erzeugt, so dass das violette Ende des einen über das rothe des andern zu liegen kommt, dann erhält man als Mischfarbe Purpur. Auch dem Orange ist nicht alles Blau complementär, sondern nur das Blau, welches wir mit dem Namen Türkisenblau bezeichnet haben. Dagegen ist dasjenige Blau, welches wir als Ultramarin bezeichnet haben, dem eigentlichen Gelb complementär, dem Gelb von der Linie *D*, das repräsentirt wird durch das Chromgelb, das doppelt chromsaure Bleioxyd. Das Complement des Violett ist ein Gelbgrün, das wir mit dem Namen des Citronengelb zu bezeichnen pflegen, weil es die Farbe einer noch nicht ganz reifen Citrone hat. Wenn wir in correcter Weise die verschiedenen Complemente nebeneinander schreiben wollen, so haben wir: Roth und Blaugrün, Orange und Türkisenblau, Gelb und Ultramarin, Gelbgrün und Violett, Grün und Purpur, dann wieder Blaugrün und Roth und so fort.

Diese einzelnen Farben des Farbkreises können nicht nur durch monochromatisches Licht hervorgebracht werden. Wie der Eindruck des

Pu  
übr  
bra  
übr  
der  
mar  
The

Sie  
sie  
zusa  
Sie  
Far  
die  
mit  
sie  
druc  
auf  
erka  
das  
Pap  
da  
der  
wor  
beze

Far  
Spic  
wah  
such  
best  
Ring  
Glas  
eine  
fällt  
das  
de  
Eind  
den  
weg  
Ring  
kung  
Ring  
diop  
Ersc  
hab  
einf  
Gra  
com  
jetzt

Purpur immer durch gemischtes Licht erzeugt wird, so können auch die übrigen Farben durch gemischtes Licht hervorgerufen werden. Ja, man braucht nur eine Farbe aus dem Spectrum wegzunehmen, so geben alle übrigen zusammen das Complement zu dieser Farbe. Daher rührt eben der Name Complementfarben, weil sie Farben sind, die entstehen, wenn man weisses Licht in irgend welche zwei Theile theilt, so dass der eine Theil die Ergänzung zum andern gibt.

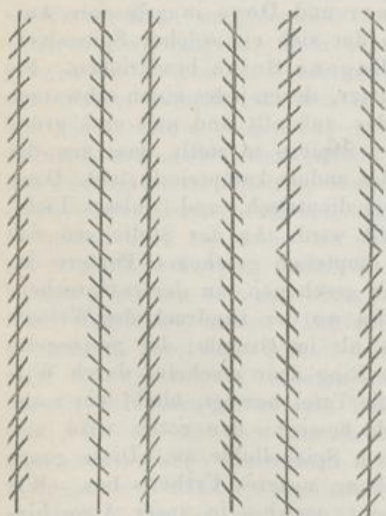
Die Complementfarben haben nun sehr interessante Eigenschaften. Sie haben die Eigenschaft, dass, wenn sie nebeneinandergesetzt werden, sie ihren Eindruck erhöhen, so dass sie also die glänzendsten Farbenzusammenstellungen geben, z. B. Gelb und Blau, Grün und Purpur u. s. w. Sie haben aber auch die Eigenschaft, dass, wenn dem Auge nur eine Farbe dargeboten wird, diese auf subjectivem Wege ihr Complement, die zweite Farbe, hervorruft. Chevreuil erzählt, dass zu ihm Händler mit gemusterten Stoffen kamen und sich über die Fabrikanten beklagten: sie hätten ihnen Stoffe hingegeben, damit sie schwarze Muster daraufdruckten, sie hätten ihnen aber auf einen rothen Stoff ein grünes und auf einen blauen Stoff ein gelbliches Muster aufgedruckt. Chevreuil erkannte sofort, dass dies auf einer Täuschung beruhe. Er pauste daher das Muster durch, schnitt es à jour in Papier aus und bedeckte dann mit dem Papier den farbigen Grund, so dass nur das Muster allein zu sehen war, und da zeigte es sich sofort, dass die Druckfarbe schwarz gewesen, und dass der Schein des Farbigen nur durch den farbigen Grund hervorgerufen worden war. Die Farben, die auf diese Weise subjectiv hervorgerufen werden, bezeichnet man mit dem Namen der Farben durch simultanen Contrast.

Es gibt eine Reihe verschiedener Versuche, durch welche man diese Farben zur Anschauung bringen kann. Am besten gelingt dies durch die Spiegelversuche, wie sie zuerst Fechner und Dove in grösserer Auswahl angegeben haben. Eine Form, in der sich ein solcher Spiegelversuch sehr gut anstellen lässt, ist von Ragona Scina beschrieben. Sie besteht darin, dass man zwei Papierblätter, deren jedes einen schwarzen Ring trägt, rechtwinklich gegeneinander aufstellt und nun eine grüne Glastafel diagonal zwischen diese beiden Papiere so stellt, dass man das eine Papier durch dieselbe dioptrisch, das andere katoptrisch sieht. Dann fällt in das Auge grünes Licht, das wir dioptrisch, und weisses Licht, das wir katoptrisch sehen, das gespiegelt wird. An der Stelle, wo sich der schwarze Ring befindet, fällt im dioptrisch gesehenen Papiere der Eindruck des Grünen aus, im katoptrisch gesehenen, an der entsprechenden Stelle der Eindruck des Weissen. Da wo der Eindruck des Weissen wegfällt, haben wir ein stärkeres Grün, als im Grunde; der gespiegelte Ring erscheint daher grün. Der andere Ring aber erscheint durch Wirkung des Contrastes roth. Wenn man die Tafel bewegt, bleibt der rothe Ring stehen, während der grüne sich bewegt: der rothe wird also dioptrisch gesehen, der grüne gehört dem Spiegelbilde an. Diese ganze Erscheinung rührt von einer Verschiebung unseres Urtheils her. Wir haben grünes Licht mit weissem gemischt, welches in unser Auge einfällt. Dadurch wird unsere Vorstellung vom Weiss, vom neutralen Grau verschoben, so dass wir jetzt etwas, was grau gefärbt ist, für complementär gefärbt halten, für roth. Wir würden ein schwaches Grün jetzt, wo wir unter dem Eindrucke der Masse grünen Lichtes stehen,

eben nicht mehr für Grün, sondern für Weiss halten. Dass wirklich diese Art der Verschiebung unseres Urtheils wesentlich in Betracht kommt, das sieht man an folgendem Versuch, der von Helmholtz angegeben ist. Man nimmt ein graues Papier und klebt es auf einen purpurrothen Grund. Dann erscheint das graue Papier schon einigemassen grün. Dass es wirklich nicht grün ist, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man das Roth rund herum zudeckt, die Täuschung schwindet dann völlig. Die Täuschung wird aber ungleich grösser, sobald man über das rothe Papier ein anderes durchscheinendes weisses hinüberlegt, einfach deswegen, weil man hier nun einen anscheinend weissen Grund hat, der aber thatsächlich nicht weiss ist, indem das rothe Papier durch das weisse hindurch wirkt. Das Weiss des oberen Blattes täuscht uns über die wahre Farbe des Grundes. In derselben Weise erklären sich die farbigen Schatten. Wir beleuchten ein Papier gleichzeitig mit Tages- und mit Kerzenlicht und stützen einen Bleistift darauf. Er wirft zwei Schatten, der eine ist blau, der andere ist gelb. Blau ist der, der dem Kerzenlichte angehört, denn hier fehlt das Gelb, der andere ist durch den Contrast gelb, weil das Papier, das auch vom Tageslichte beleuchtet ist, weniger gelb ist.

Dergleichen Verschiebungen unseres Urtheils existiren nun nicht blos in Rücksicht auf die Farben, sondern sie kommen in derselben Weise in Rücksicht auf hell und dunkel vor, indem uns ein dunkler Gegenstand neben einem hellen besonders dunkel, und ein heller neben einem dunklen besonders hell erscheint. Sie existiren auch in Rücksicht auf die räumlichen Verhältnisse, in Rücksicht auf Bewegungen. Wenn man

Fig. 26.



eine Zeit lang aus einem Fenster auf eine belebte Strasse hinabgesehen hat, in der sich zahlreiche Wagen nach einer Richtung hin bewegen, und diesen mit dem Auge gefolgt ist, und blickt das Strassenpflaster an, so scheint es, dass dasselbe sich in entgegengesetzter Richtung bewege. Wenn man längere Zeit auf einen Wasserfall sieht und plötzlich auf die danebenstehenden Felsen blickt, so scheinen sie aufzusteigen. Es ist gewissermassen, als ob die Geschwindigkeit des fallenden Wassers in einer späteren Periode nicht mehr denselben Eindruck machte, wie im ersten Augenblick, so dass, wenn im ersten Augenblick die Geschwindigkeit  $V$  wäre, sie später eine kleinere Grösse wäre,  $V-k$ : wenn wir daher auf einen ruhenden Gegenstand sehen, scheint uns dieser mit der Geschwindigkeit  $k$  aufzusteigen. Sitzt man in einer Eisenbahn in einem Hintercoupé und entfernt sich von einem Gebirge, und der Wagen hält plötzlich an, so scheint es als ob das Gebirge näher heranrücke u. s. w.

und  
we  
ange  
und  
Stric

rend  
gebe  
sond  
die l  
Farb  
Blau  
comp  
gebe

zwei  
geste  
täre  
geste  
ersch

einan  
alle  
dass

täglie  
dort  
Netz  
komm  
auf d  
aus G  
durch  
durch  
es du  
brech  
Daru  
aber  
der l  
auch  
Addit  
Contr  
Farbe  
die M  
und  
der S  
Weiss

der l  
Gelb  
länge

Ja, selbst auf die Beurtheilung von gerade und schief, von parallel und nicht parallel, hat eine solche Verschiebung unseres Urtheils einen wesentlichen Einfluss, wie man dies an der beistehenden von Zöllner angegebenen Figur sieht. Die senkrechten schwarzen Striche sind parallel, und doch erscheinen sie geneigt, weil uns die schief auf sie gerichteten Striche beirren.

Kehren wir zu unseren Farben zurück, so ist es klar, dass, während je zwei und zwei Farben des Farbenkreises miteinander Weiss geben, diejenigen, die nicht miteinander complementär sind, nicht Weiss, sondern irgend eine andere Farbe geben müssen, und diese Farben sind die Mischfarben, welche im Farbenkreise zwischen den complementären Farben eingeschlossen sind. So gibt Roth mit Gelb Orange, Gelb mit Blau gibt Grün, das heisst mit demjenigen Blau, welches ihm nicht complementär ist, mit dem Türkisenblau oder Cyanblau. Blau und Roth geben miteinander Violett, Roth und Violett Purpur.

Die Wirkungen des Contrastes machen sich nun auch zwischen zwei Nachbarfarben geltend, indem jede Farbe, neben ihre Nachbarfarbe gestellt, in derselben ihre eigene Farbe ertödtet und ihre complementäre Farbe hervorruft. So erscheint z. B. Orange, wenn es neben Roth gestellt wird, gelb, Gelb neben Orange lässt das Orange mehr roth erscheinen u. s. w.

Als Helmholtz zuerst zeigte, dass Gelb und Ultramarinblau miteinander Weiss geben, erregte dies allgemeines Erstaunen. Namentlich alle Maler waren fest überzeugt und sind es zum Theil noch heute, dass Gelb und Blau nicht miteinander Weiss geben können, weil sie täglich aus Gelb und Blau Grün mischen. Die Mischung aber, welche dort vorgenommen wird, ist eine andere als diejenige, welche auf der Netzhaut stattfindet. Das Licht, das von gemischten Pigmenten zurückkommt, hat sich durch Subtraction gemischt, das Licht aber, das sich auf der Netzhaut mischt, mischt sich durch Addition. Wenn der Maler aus Gelb und Blau Grün mischt, so mischt er gelbe und blaue Körnchen durcheinander. Das Licht, indem es durch die gelben Körnchen hindurchgeht, verliert die am stärksten brechbaren Strahlen, und, indem es durch die blauen Körnchen hindurchgeht, verliert es die am schwächsten brechbaren Strahlen; die mittleren, die grünen Strahlen bleiben übrig. Darum ist das Resultat dieser Mischung grün. — Auf der Netzhaut aber geschieht die Mischung durch Addition, indem auf derselben Stelle der Eindruck Blau und zugleich auch der Eindruck Gelb erfolgt. Aber auch abgesehen hiervon, auch bei Versuchen, welche auf Mischung durch Addition beruhen, ferner bei Versuchen über subjective Farben, über Contrastfarben, hatten die früheren Beobachter meist als complementäre Farbe für Gelb nicht Blau, sondern Violett gefunden. Es war allgemein die Meinung verbreitet, die wahre Complementfarbe zu Gelb sei Violett und man war deshalb befremdet, als Helmholtz durch directe Mischung der Spectralfarben nachweisen konnte, dass Gelb und Blau miteinander Weiss geben.

Diese Differenz der Ansichten hängt mit der verschiedenen Sättigung der Farben zusammen. Wenn ich mein Auge durch monochromatisches Gelb erregen lasse, so wirken auf dasselbe nur Strahlen von einer Wellenlänge. Ich kann aber auch das Gelb dadurch erzeugen, dass ich von dem

Ultramarinblau eine Portion aus dem Spectrum herausnehme; dann gibt das übrige Licht zusammen den Eindruck Gelb. Aber diese beiden Gelb unterscheiden sich wesentlich von einander. Das eine Gelb ist ein gesättigtes Gelb, nämlich das monochromatische, das andere ist nicht gesättigtes Gelb, es ist gemischtes Licht, indem nur die gelben Strahlen vorherrschen, nachdem blaue herausgenommen worden sind. Ich kann also dieses gelbe Licht, das ich durch Wegnehmen von Blau aus dem Spectrum erhalte, als bestehend ansehen aus weissem Lichte, dem gelbes hinzugefügt ist. So kann ich alle Farben als bestehend ansehen aus irgend einer bestimmten Farbe des Farbenkreises und aus Weiss, beziehungsweise Grau, das in grösserer oder geringerer Menge hinzugemischt ist. Je grösser die Menge des neutralen Lichtes, des Weiss oder Grau, ist, das ich hinzugefügt habe, desto weniger ist die Farbe gesättigt. Sie ist am gesättigtsten, wenn die Menge dieser Beimischung Null ist, wenn ich es mit einer monochromatischen Farbe zu thun habe, oder, da monochromatisches Purpur nicht existirt, mit einem Purpur, das blos gemischt ist aus reinem Roth und reinem Violett.

Nun haben wir bis jetzt das Tageslicht als weisses Licht angesehen. Wir halten dasselbe für Weiss, weil es das dominirende Licht ist, und finden das Kerzenlicht neben ihm gelb. Es lässt sich aber nachweisen, dass das gewöhnliche Tageslicht nicht weiss ist, sondern roth, und darauf beruhen die verschiedenen Resultate, die man bei Beurtheilung der complementären Farben erhalten hat. Man wird bemerken, dass niemals ein Streit darüber gewesen ist, was das Complement von Roth sei. Man wusste immer, dass das Complement von Roth Grün ist. Ueber das Complement von Blau aber, beziehungsweise über das des Gelb hat man hin und her geschwankt.

Denken Sie sich, ich habe eine Tafel, die mit schwefelsaurem Baryt angestrichen ist und daher vollkommen weiss erscheint. Ich lege auf dieselbe ein Blättchen Papier, das mit Ultramarin gefärbt ist, und lasse dieses blaue Papier auf weissem Grunde in einem Glase spiegeln, das selbst durch die Dicke angesehen keine Farbe hat. Ich neige den Spiegel und richte ihn wieder auf. Ich sehe, dass das Bild mehr oder weniger Sättigung bekommt je nach der Neigung des Spiegels. Man sieht ja durch das Glas auf den weissen Grund, es mischt sich also das dioptrisch gesehene weisse Licht mit dem katoptrisch gesehenen blauen, und jetzt wird man bemerken, dass das Bild, indem es heller wird, indem seine Farbe weniger gesättigt wird, nun nicht mehr in derselben Schattirung bleibt, sondern gegen Violett hin ausweicht, dass es einen Stich zum Violett bekommt. Das Licht also, das mir weiss erschien, wenn ich es an und für sich betrachtete, das hat sich, zu einer bestimmten Farbe gemischt, als roth erwiesen, denn es hat als Mischfarbe Violett gegeben. Denselben Versuch kann man mit Chromgelb anstellen. Legt man dieses auf die weisse Tafel und lässt man es spiegeln, so ist das Spiegelbild blassorange, wenigstens mehr Orange als das Chromgelb selbst: das anscheinende Weiss erweist sich hier bei der Mischung wieder als röthlich. Wenn ich durch ein blaues Cobaltglas hindurchsehe, so dass ich damit die Hälfte der Pupille bedecke, so erscheint der Grenzstreifen, der durch den Rand des Cobaltglases gegeben ist, violett, weil sich hier

eine Zone auf der Retina bildet, wo sich weisses Tageslicht mit dem blauen Lichte mischt, das durch das Cobaltglas zur Netzhaut gelangt.

Alle diese Versuche zeigen deutlich, dass das Tageslicht nicht, wie man früher geglaubt hat, weiss ist, sondern dass es roth ist. Wir empfinden das nicht, weil wir das dominirende Licht immer für Weiss halten, geradeso, wie wir auch Gas- oder Kerzenlicht, wenn wir hinreichend lange kein anderes gesehen haben, für weiss halten. In unserem Laboratorium sind vor einer Reihe von Jahren von Dr. Memorsky Untersuchungen gemacht worden über die Farbe der verschiedenen Beleuchtungen. Da hat es sich gezeigt, dass Kienspähne, Kerzen, Leuchtgas, Oel und Petroleum sämmtlich Licht von gelboranger Farbe geben. Am meisten gefärbt ist das Licht des Kienspahns, dann folgen Talgkerzen und Oellampen, dann Stearinkerzen, Leuchtgas und Petroleum. Das Magnesiumlicht, das man für weiss gehalten hat, ist blossviolett, und das einzige Licht, das Memorsky weiss fand, war das Licht der Kohlenspitzen, das electrische Licht. Auch hier war es nur das gute Glück, welches uns Kohlen in die Hände gegeben hatte, die weisses Licht gaben. Ich habe seitdem mehrfach electrisches Kohlenspitzenlicht gesehen, das entschieden röthlich war.

Aus der farbigen Beschaffenheit des Tageslichtes erklärt sich das verschiedene Urtheil über die Contrast- und die Complementärfarben. Helmholtz machte aus reinem Gelb und aus reinem Ultramarinblau Weiss. Nun haben wir aber gesehen, dass, wenn wir dieses Ultramarinblau mit Weiss auf der Netzhaut mischen, wir dann nicht Ultramarinblau, sondern einen violetten Ton erhalten. Wenn wir also zu dem Gelb eine nicht gesättigte Complementärfarbe aufsuchen wollen, so kann diese nicht mehr Ultramarin sein, sondern sie ist Violett, wie dies auch bei früheren Versuchen mit Pigmenten und beim Aufsuchen der Contrastfarbe auf weissem oder grauem Grunde gefunden wurde. Die gesättigte Complementfarbe zum Blau ist Chromgelb. Wir haben aber gesehen, dass, wenn wir das Licht, das von Chromgelb zurück kommt, mit weissem Lichte mischen, wir dann eine Farbe erhalten, die sich dem Orange nähert. Wenn ich also zum Blau eine nicht gesättigte complementäre Farbe suche, so ist diese nicht mehr Gelb, sondern in der That ein blosses Orange, wie es auch ältere Beobachter gefunden haben.

Mit der rothen Färbung des Tageslichtes und mit dem diffusen Lichte, das durch die Sclera in unser Auge einfällt, hängt es zusammen, dass unsere Retina unterempfindlich ist für rothes Licht, das heisst, dass die Retina für rothes Licht weniger empfindlich ist, als für Licht von kürzerer Wellenlänge. Dass das Licht, welches durch unsere Sclera eindringt, roth sein muss, ergibt sich erstens schon daraus, dass es durch ein System von trüben Medien hindurchgegangen ist, und dadurch also vorwiegend die kurzwelligen Strahlen verloren hat, und zweitens daraus, dass es durch zahlreiche Blutgefässe hindurchgegangen ist und hier der Absorption des Blutfarbstoffes unterworfen wurde. Es gibt aber auch einen Versuch dafür, der zuerst in etwas anderer Form und ohne genügende Erklärung von Dr. Smith in Fochabers beschrieben wurde. Er besteht in Folgendem: Man stellt sich so, dass man mit der Seite des Gesichtes nach dem Fenster gewendet ist, oder dass man neben sich zur Seite eine Kerze oder eine Lampe hat, und sieht eine weisse Fläche an. Nun



schliesst man abwechselnd das eine und das andere Auge, dann verfärbt sich diese weisse Fläche und zwar in der Weise, dass, wenn man die weisse Fläche mit dem Auge, welches an der Lichtseite ist, ansieht, dieselbe grün erscheint, während sie dem Auge, das an der Schattenseite ist, roth erscheint. Der Grund ist folgender: von der Lichtseite fällt eine Menge Licht durch die Sclerotica ein, dieses wirkt auf die Retina des Auges an der Lichtseite und macht sie noch mehr unterempfindlich gegen Roth, als sie schon für gewöhnlich ist. Es erscheint ihr deshalb weisses Licht als Grün. Schliesse ich dieses Auge und sehe ich mit dem andern die weisse Fläche an, so erscheint sie durch den Contrast roth.

Von der Unterempfindlichkeit für langwellige Strahlen rührt es auch her, dass bei stärkerer Beleuchtung eine Landschaft einen mehr rothgelben Ton hat. Es ist dies die sonnige, die goldige Beleuchtung, während an einem trüben Tage die Landschaft vielmehr einen graublauen Ton hat. Fechner hat gezeigt, dass, wenn die objective Helligkeit, die Beleuchtung, in geometrischer Progression zunimmt, die Verstärkung der subjectiven Empfindung, der subjectiven Helligkeit, nur in arithmetischer Progression fortschreitet. Er hat ferner gezeigt, dass für jeden Reiz, der auf Nerven, also auch auf den Sehnerven ausgeübt wird, eine sogenannte Reizschwelle existirt, das heisst eine gewisse Höhe, die der Reiz erreichen und welche er überschreiten muss, um überhaupt eine Wirkung zu erzielen. Denken Sie sich, dass die Reizschwelle für Roth am höchsten liege und von da gegen Blau hin immer niedriger werde, und dass nach und nach die Helligkeit immer zunehme, so muss anfangs die Wirkung des Roth bei geringer Helligkeit relativ gering sein, weil man sich noch wenig von der Reizschwelle des Roth entfernt hat, während man sich bei den übrigen Farben schon weiter von der Reizschwelle entfernt hat, da ihre Reizschwelle niedriger ist. Je weiter aber die Helligkeit steigt, um so mehr wird dieser Unterschied in den Hintergrund treten, und um so mehr werden also auch die langwelligen Strahlen, die rothen und gelben zur Geltung kommen. Mit dieser Ungleichheit in der Lage der Reizschwelle für das Roth und das Blau hängt es zusammen, dass man, wie Dove bemerkt, die Helligkeit der Farben anders beurtheilt, je nachdem sie stark oder schwach beleuchtet sind. Wenn ich Jemanden bei heller Tagesbeleuchtung aus einer Reihe von Papieren ein rothes und ein blaues aussuchen lasse, die ihm und Anderen gleich hell erscheinen, und lasse diese selben Papiere in der Dämmerung oder sonst bei schwacher Beleuchtung, aber im neutralen Lichte, untersuchen; so finden Alle, dass das blaue Papier heller sei als das rothe, weil man nun eben mit dem Roth näher der Reizschwelle steht, und deshalb der Eindruck des Roth nicht nur absolut, sondern auch relativ schwächer ist, als er bei heller Tagesbeleuchtung war.

Die Unterempfindlichkeit des Auges für langwellige Strahlen ist in neuester Zeit auch von Dobrowolsky direct erwiesen an der zunehmenden Feinheit, mit der wir kleine Unterschiede von Hell und Dunkel wahrnehmen, wenn wir die Beleuchtung in der Weise wechseln lassen, dass wir von rother Beleuchtung zu gelber u. s. f. zu blauer fortschreiten.

Da wir uns, wie wir oben gesehen haben, alle Farben vorstellen können als gemischt aus einer bestimmten Farbe des Farbenkreises und

aus  
Syste  
gegeb  
man  
da ge  
trage  
keit  
diese  
dieser  
Pigme  
reine  
über,  
Oberf  
Schw  
vom  
Kugel  
nen  
  
Pyran  
stand  
Farbe  
centr  
  
der Er  
Eindr  
eintre  
contin  
beruh  
Kohle  
zwei  
über  
kann  
Farbe  
zeige  
Eine  
kreise  
  
ist es  
Farbe  
gemis  
nur ei  
eine g  
Menge  
mentä  
Farbe  
sie in  
hat n

aus Weiss beziehungsweise Grau, so müssen wir auch die Farben in ein System bringen können. Man hat diesem Systeme viele verschiedene Formen gegeben, und in der That kommt auf die Form wenig an. Anfangs hatte man die Farben in einen Kreis anzuordnen gesucht. Es hatte sich aber da gezeigt, dass man wohl die verschiedenen Grade der Sättigung auftragen könne, dass man aber nicht die verschiedenen Grade der Helligkeit und Dunkelheit erhalte. Nimmt man eine Kugel und trägt auf diese nicht nur die Farben auf, sondern denkt sich auch das Innere dieser Kugel mit Farben erfüllt, dann kann man in der That alle Pigmentfarben in ein System bringen. Im Aequator der Kugel sind die reinen Pigmente aufgetragen. An dem einen Pole gehen sie in Schwarz über, an dem andern gehen sie in Weiss über. Man hat also an der Oberfläche der Kugel alle Farben in ihren Uebergängen zum Weiss und Schwarz. In der Axe dieser Kugel muss man sich aber eine Linie denken vom Weiss zum Schwarz, die Linie des neutralen Grau. Im Innern der Kugel wären dann alle Mischfarben des neutralen Grau, die verschiedenen Arten von Braun, Grau u. s. w. zu finden.

Nach demselben Principe hat man die Farben auf und in einer Pyramide und auf und in einem Kugeloctanten vertheilt. Auf letzterem stand das Weiss in der Mitte des sphärischen Dreieckes, die reinen Farben an den Seiten und Ecken desselben und das Schwarz am Kugelcentrum.

### Zeitlicher Verlauf der Netzhauterregung.

Der Erregungszustand im Sehnerven überdauert jedesmal den Act der Erregung. Die Wirkung überdauert die Ursache. Wenn deshalb mehrere Eindrücke rasch aufeinanderfolgen, so kann es geschehen, dass die späteren eintreffen, ehe die Wirkung der ersten aufgehört hat, so dass also ein continuirlicher Eindruck aus einer intermittirenden Reizung entsteht. Darauf beruht es, dass man einen feurigen Kreis sieht, wenn man eine glühende Kohle im Dunkeln im Kreise herumschwingt. Bringt man auf eine Scheibe zwei Farben und dreht sie sehr schnell, so fallen hier auch die Reize über einander und man erhält die Mischfarbe. Auf diese Weise kann man zeigen, dass die verschiedenen Farben miteinander Weiss geben, man kann zeigen, wie Mischfarben entstehen u. s. w. Eine solche Einrichtung ist der Farbenkreisel.

Bei Versuchen mit dem Farbenkreisel ist es natürlich von Wichtigkeit, dass die Farben in gewissen Verhältnissen miteinander gemischt werden, da eine gewisse Menge Roth nur eine gewisse Menge Grün compensirt, und eine gewisse Menge Blau nur eine gewisse Menge Gelb compensirt. Je zwei Complementärfarben können also auch auf dem Farbenkreisel nur dann Weiss geben, wenn sie in einem bestimmten Verhältnisse auf demselben vertheilt sind. Da hat nun Maxwell eine Art von Scheiben angegeben, vermöge welcher

Fig. 27.

