



Ueber künstlich hervorgerufene Farbenblindheit.

A. Beck, Professor der Physiologie in Lemberg.



Im Sommer des vorigen Jahres bemerkte ich zufällig, nachdem ich bei intensivem Licht gelesen hatte, dass ich die Fähigkeit, roth zu sehen, eingebüsst habe, so dass alle rothen Gegenstände je nach ihrer Helligkeit mir braun oder schwarz erschienen. Dieser Zustand — eine typische Rothblindheit — dauerte einige Minuten, worauf das Farbensehvermögen wieder normal wurde.

Soviel ich aus der mir zugänglichen Literatur erfahren konnte, wurde eine ähnliche Erscheinung bis in die letzte Zeit nicht beschrieben. Erst beim vorjährigen Physiologenkongress in Cambridge referirte Burch¹⁾ über Untersuchungen, welche temporäre, durch intensives einfarbiges Licht hervorgerufene Farbenblindheit betrafen.

Da meine Untersuchungen betreffs der Versuchsanordnung von denjenigen Burch's sich wesentlich unterscheiden und dennoch die Ergebnisse theilweise sich decken, wird es wohl nicht überflüssig sein, über meine Untersuchungen kurz zu berichten.

Die Versuche habe ich sowohl an mir selbst, wie auch an anderen Personen (Assistenten, Studenten etc.) in folgender Weise durchgeführt: Die Versuchsperson blickte während einer gewissen Zeit auf eine von Sonnenlicht bestrahlte, ganz weisse oder theilweise bedruckte (sie las beispielsweise laut) Fläche, gewöhnlich von der doppelten Grösse des Grossoctavs. Nach Ablauf der bestimmten Zeit (10 Secunden bis 4 Minuten) wurde der Versuchsperson ein weisser, grauer oder schwarzer Carton gereicht, auf welchem Papierscheibchen in verschiedenen Farben aufgeklebt waren. Sie dictirte sofort in's

1) An account of the Proceedings of the fourth International Physiological Congress held at Cambridge, England. *Journal of Physiology* t. 23 Supplement p. 26 „On temporary Colour Blindness“. Siehe auch *Centralblatt für Physiologie* Bd. 13 Nr. 4.

Protokoll, in welchen Farben ihr die Scheibchen erschienen. Am häufigsten wurden folgende Farben angewendet: rot, dunkelrot, orange gelb, hellgrün, olivengrün, indigo, blau, violett, braun, weiss. Die Bezeichnung der Farben geschah sowohl bei gewöhnlichem Tageslicht (im Schatten), wie auch bei Sonnenlicht h. h., bei demselben, bei welchem das weisse Papierblatt fixirt worden ist, und wurde je 30—60 Secunden wiederholt, bis die durch die Blendung hervorgerufenen Veränderungen verschwunden waren.

Das eindeutige Ergebniss dieser Versuche war, dass eine länger dauernde Fixirung einer mit Sonnenlicht beleuchteten weissen Fläche für einige Minuten das Vermögen, Farben zu unterscheiden, vor Allem für roth und grün, aufhebt. Roth es Papier erscheint je nach der Helligkeit resp. Sättigung desselben braun oder schwarz, grün wird als grau oder schwarz bezeichnet.

Papierscheibchen, welche eine Mischfarbe besitzen, deren Bestandtheil grün oder roth bildet, erscheinen ebenfalls entsprechend verändert, so dass die andere Farbe z. B. blau mit braun, resp. grau oder schwarz gemischt vorkommt.

Dauerte die Fixirung der sonnenbeleuchteten Fläche nicht zu lange, im Mittel nicht länger als 2—3 Minuten (der hierzu erforderliche Zeitraum lässt sich nicht genau angeben, da er individuell verschieden ist und auch von der doch nicht immer gleichen Intensität der Sonnenbeleuchtung abhängt), so war die Fähigkeit, andere Farben, nämlich gelb, blau und violett, zu unterscheiden, nicht wesentlich herabgesetzt oder gar ganz unverändert. Als eine wichtige Thatsache muss hervorgehoben werden, dass das Unvermögen, die Farben zu unterscheiden, nur dann hervortritt, wenn die farbigen Objecte bei schwächerer Beleuchtung betrachtet werden als diejenige war, welche die Farbenblindheit hervorgerufen hat. Denn werden dieselben grünen oder rothen Papierscheibchen, die im Schatten grau resp. braun erschienen, bei Sonnenlicht betrachtet, so werden sie wieder als grün resp. roth erkannt. Auf diese Weise wird die Versuchsperson selbst in den Stand gebracht, indem man sie die farbigen Papierscheibchen abwechselnd bei gewöhnlichem Tageslichte und bei Sonnenlicht betrachten lässt, zu beurtheilen, in wie fern ihr Vermögen, bei gewöhnlichem Lichte Farben zu unterscheiden, gelitten hat.

Selbstverständlich kann eine Art Selbstkontrolle bei der Beurtheilung der Farben auch auf diese Weise geübt werden, dass

man die besprochene Veränderung nur an einem Auge hervorruft, somit nur ein Auge die weisse Fläche fixiren lässt, während das andere verbunden bleibt. Durch derartige Untersuchungen an mir selbst, durch Vergleichung der durch das geblendete Auge übermittelten Empfindungen mit denjenigen, welche ich durch das normale Auge erhielt, war ich im Stande, den Verlauf der durch die Blendung hervorgerufenen Veränderung genau zu verfolgen und Beobachtungen darüber zu sammeln, auf welche Art diese Veränderungen den normalen Verhältnissen wieder Platz machen.

Das Spectrum des weissen Lichtes erscheint dem geblendeten Auge verkürzt. Das Roth ist, je nach dem Grade der Blendung, entweder gar nicht sichtbar oder mehr oder weniger verschmälert. Das Grün wird ebenfalls entweder gar nicht gesehen, so dass das Blau bei ca. 510λ direct ins Gelb übergeht, oder es wird äusserst schwach unterschieden. Auch von der violetten Seite ist das Spectrum verkürzt, es reichte nämlich für das geblendete Auge bis 620λ oder gar auch 430λ , während das andere noch bei 400λ genau violett sah.

Die auf geschilderte Weise hervorgerufene Farbenblindheit dauerte gewöhnlich einige Minuten. Diese Dauer hängt von der Intensität des Lichtes, welches geblendet hat, ab, und auch davon, wie lange das Auge der Blendung ausgesetzt war, sie ist somit von dem Grade der hervorgerufenen Farbenblindheit abhängig. Je ausgesprochener letztere war, desto langsamer geht sie zurück. Das Zurückgehen selbst geschieht allmähig: Die rothen Gegenstände, welche braun oder schwarz geschienen haben, erhalten immer mehr ihren rothen Ton, bis sie endlich dem sie betrachtenden Auge in ihrer eigentlichen Farbe erscheinen.

Die Thatsache, dass in Folge von Blendung des Auges mit weissem Lichte das Vermögen verloren geht, Lichtstrahlen von gewissen Wellenlängen, nämlich nur roth und grün, zu empfinden, könnte von der stärkeren Wirkung mancher Strahlen auf die Netzhaut herrühren, oder aber davon, dass die roth und grün empfindenden Netzhautelemente (nach der Young-Helmholtz'schen Hypothese) leichter ermüden, als die violett und blau empfindenden.

Zur Entscheidung dieser Frage sollten Versuche dienen, bei denen die Intensität der die Empfindung grün und roth hervorruhenden Strahlen für das Auge womöglich gleich gemacht wurden der Intensität des Blau. Die Blendung wurde zu diesem Zwecke

vermittelst anhaltenden Betrachtens einer blauen Fläche, oder Betrachtens einer weissen Fläche durch violettblaues Glas herbeigeführt. Im Emissionsspectrum des hierzu angewandten blauen Papiers, wenn dasselbe Sonnenlicht reflectirte, fehlte das Gelb, ausserdem war eine Exstinction eines Theiles des Grün und Roth zu bemerken; letztere Theile des Spectrums erschienen wie hinter einem Nebel. Was das Absorptionsspectrum des violettblauen Glases betrifft, war dasselbe an der Seite des Roth deutlich verkürzt und zeigte drei Absorptionsstreifen: im Roth von 688—648 λ , im Orange von 617—589 λ und im Grün von 574—532 λ . Wenn wir auch keine Gewissheit haben können, dass bei dieser Versuchsanordnung die Helligkeit des Blau im Spectrum derjenigen des Grün und Roth gleich war, so war jedenfalls ein bedeutender Theil der die Empfindungen grün und roth hervorrufenden Strahlen ausgelöscht.

Es erwies sich nun, dass bei Fixirung des weissen Papiers durch blaues Glas wie auch des blauen Papiers jedenfalls die Farbenblindheit schwieriger hervorgerufen werden konnte, als bei Fixirung der weissen Fläche ohne Glas; es bedurfte mehr Zeit, die Reizung des Auges musste länger anhalten, bis irgend eine Veränderung in der Fähigkeit, Farben zu unterscheiden, eintrat. Dies lässt sich durch die geringere Helligkeit der lichtreflectirenden Fläche erklären. Interessant ist aber dabei, dass in diesen Fällen, in denen überhaupt Farbenblindheit hervorgerufen wurde, vor Allem die Farbenempfindlichkeit auch zuerst für Roth und Grün, später erst und zwar in schwächerem Grade für Blau verloren ging.

Daraus folgt mit grosser Wahrscheinlichkeit, dass die Ursache der nach Fixirung von weissem Lichte hervorgerufenen Erscheinungen durch die nicht gleiche Ermüdbarkeit der verschiedenen Netzhaut-elemente bedingt ist.

Die Frage, welche von den beiden Arten der Netzhaut-elemente früher ermüden und länger ermüdet bleiben, mit anderen Worten für welche Farbe, grün oder roth, die Blindheit früher eintritt und länger andauert, lässt sich nicht allgemein entscheiden. Es bestehen nämlich in dieser Hinsicht offenbar individuelle Unterschiede: Bei der Mehrzahl der von mir untersuchten Personen trat Roth- vor Grünblindheit ein, obgleich auch bei manchen von denselben grün bereits „verändert“ aussieht, als Roth noch gar nicht gelitten hat. Bei Anderen aber bedarf es längerer oder stärkerer Blendung zur Hervorrufung von Grünblindheit als von Rothblindheit.

Betreffs der Dauer sei erwähnt, dass am häufigsten die Farbenblindheit für diejenige Farbe länger anhält, für welche sie früher aufgetreten ist; doch ist das auch nicht immer der Fall. Hie und da wurde nämlich beobachtet, dass beispielsweise das Unvermögen, roth zu sehen, vor der Grünblindheit aufgetreten ist, und letztere später, als jene verschwand.

Wie bereits erwähnt, wird die Erscheinung der auf geschilderte Weise künstlich hervorgerufenen Farbenblindheit nur in dem Falle beobachtet, wenn das durch Fixirung stark belichteter Gegenstände (im Sonnenschein) angestrengte Auge auf farbige Gegenstände gerichtet wird, die sich in schwächerer Beleuchtung (im Schatten) befinden, während wir die Farben derselben Gegenstände zu unterscheiden noch im Stande sind, wenn wir sie stärker beleuchten lassen (z. B. wenn wir sie bei Sonnenlicht betrachten).

Wir haben es also hier nicht mit einem vollkommenen Verlust der Farbenempfindlichkeit, mit absoluter Roth- und Grünblindheit zu thun, sondern es handelt sich um eine Herabsetzung dieser Empfindlichkeit. Die helladaptirten Netzhautelemente werden für Farben bei schwacher Beleuchtung weniger oder nicht empfindlich und in erster Reihe die grün- und rothempfindenden Elemente.

Diesem Umstande wird wohl die Thatsache zuzuschreiben sein, dass *Mosso*¹⁾ in seinen vortrefflichen Untersuchungen der Lebenserscheinungen in den Hochalpen keine bemerkenswerthe Herabsetzung der Farbenempfindlichkeit durch Ermüdung des ganzen Körpers oder des Auges bemerkt hatte. „Auch nach der stärksten Blendung — sagt *Mosso* —, welche das von den Schneefeldern zurückgeworfene Licht in meinem Auge verursachte, war ich im Stande, die Farben noch zu unterscheiden. Ich muss jedoch hinzufügen, dass mir dieselben allesammt dunkler erschienen²⁾. Hellgelb verwechselte ich mit weiss, blassrosa und dunkelrosa erschienen mir schmutzig und schwärzlich. Grün war ich geneigt, mit blau zu verwechseln. Das Roth vermochte mein Auge unter allen Farben auch im Zustande der grössten Ermüdung am besten zu erkennen³⁾.“

Ich glaube daraus schliessen zu müssen, dass *Mosso* an sich und anderen die Fähigkeit, Farben zu unterscheiden, bei demselben

1) A. *Mosso*, der Mensch in den Hochalpen S. 41. Leipzig 1899.

2) Diesen Umstand bestätigen auch meine Untersuchungen.

3) Dieser Satz ist bei *Mosso* nicht gesperrt gedruckt.

intensiven Lichte untersucht hat, welches eventuell die Ermüdung hervorrufen könnte.

Es muss aber bemerkt werden, dass auch intensiv beleuchtete farbige Gegenstände in gewisser Hinsicht verändert erscheinen, wenn das Auge durch Fixirung der weissen, Sonnenlicht reflectirenden, Fläche geblendet worden ist.

Vor allem erscheinen, was bereits Mosso bemerkt hat, alle Farben dunkler. Wenn das Fixiren der stark beleuchteten Fläche sehr lange gedauert hat, das Auge also sehr stark angestrengt worden ist, verschwindet auch die Fähigkeit, grün zu unterscheiden bei Sonnenlicht. Andere Farben können noch immer erkannt werden, ausser wenn sie von selbst sehr dunkel sind. So erscheinen in diesem Stadium dunkelrothe oder dunkelviolette Papierscheibchen auch bei Sonnenlicht schwarz oder fast schwarz. Dies geschieht aber nur in den Fällen, wenn wir die Blendung des Auges bis zu den überhaupt erreichbaren Grenzen führen, bei denen wir noch das durch die Blendung hervorgerufene unangenehme Gefühl — ja Schmerz — zu überwinden vermögen.

Im Zustande solch starker Schädigung der Farbenempfindung, wo bereits bei Sonnenlicht die Fähigkeit, roth und grün zu unterscheiden, eingebüsst oder gar verloren gegangen ist, in diesem Stadium tritt bei schwacher Beleuchtung totale Farbenblindheit ein. Nicht nur grün und roth, sondern auch andere Farben können für einige Zeit nicht erkannt werden. Stark gesättigtes blau und violett erscheinen (ebenso wie roth und grün) schwarz, gelb wird als grau oder weisslich-grau erkannt, orange mit lichtbraun verwechselt. Die ganze Umgebung, insofern sie nicht von der Sonne beleuchtet ist, macht den Eindruck einer dunkel copirten Photographie.

Dieser Zustand schwindet bei Aufhören der Blendung ziemlich rasch; vor allem kehrt das Vermögen, blau und violett, dann gelb, orange, später roth, zuletzt grün zu erkennen, zurück. Die grüne Farbe erscheint der Versuchsperson am längsten verändert.

Die geschilderten Erscheinungen, welche bei anhaltendem Blicken auf eine weisse sonnenbeleuchtete Fläche auftreten, dürfen meines Erachtens nicht ohne weiteres mit der Ermüdung einer oder zweier Gattungen von Netzhautelementen identifizirt werden, wie dieselbe beispielsweise bei Fixirung eines einfarbigen Gegenstandes entsteht. Es folgt dies daraus, dass ich in meinen Versuchen bei den künst-

lichen Di- oder Monochromaten, keine positiven oder negativen Nachbilder auftreten gesehen habe. In dieser Beziehung gleichen die bei den künstlich farbenblind Gemachten auftretenden Symptome ganz denjenigen, welche bei natürlicher Dichromasie beobachtet werden. Denn auch die natürlichen Dichromaten sehen, ebenso wie die Trichromaten nach Blendung mit Sonnenlicht, weisse Gegenstände in ihrer weissen Farbe, nicht aber in der der fehlenden complementären Farbe.

Von diesem Standpunkte aus, glaube ich, dass die geschilderten Versuche nicht ohne Interesse sein dürften, da sie es uns ermöglichen, subjectiv Kenntniss davon zu erlangen, welche Empfindungen eigentlich rot und grün bei Dichromaten hervorruft.

Bisher konnte man derartige Schlüsse lediglich aus sehr seltenen Beobachtungen ziehen, welche Menschen betrafen, die mit einseitiger Dichromasie behaftet waren, die somit über das Resultat der Vergleichung der durch das dichromatische Auge übermittelten Empfindungen mit denen, welche das trichromatische Auge lieferte, Aufschluss geben konnten.

