

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

(Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität in Prag.)

Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes.

Von Priv.-Doz. Dr. R. H. Kahn.

I. Farbige Schatten auf der Netzhaut.

Unter den Methoden zur Darstellung des Farbenkontrastes nimmt die der Erzeugung farbiger Schatten einen hervorragenden Rang ein. Sie besteht bekanntlich im Prinzipie darin, dass durch zwei Lichtquellen zwei Schatten eines Körpers auf eine farblose Fläche geworfen werden, wobei, wenn man den einen Schatten objektiv, etwa durch Vorhalten farbigen Glases vor die eine Lichtquelle, färbt, der andere im Kontraste gefärbt erscheint. Eine vollendete Vorrichtung zur Erzeugung farbiger Schatten hat Hering ¹⁾ angegeben und dabei gezeigt, wie man mit derselben eine Reihe wichtiger Gesetze der Lehre von den Farbeempfindungen anschaulich demonstrieren kann. Im Folgenden soll über Versuche berichtet werden, welche zu dem Zwecke angestellt wurden, objektiv und subjektiv gefärbte Schatten auf der Netzhaut selbst zu erzeugen. Zu diesem Zwecke habe ich die Gefäße der Netzhaut als schattenwerfende Körper benützt und die von diesen geworfenen Schatten, also die Purkinjesche Aderfigur gefärbt. Über farbige Erscheinungen der Aderfigur gibt es in der bezüglichen Literatur wohl kaum besondere Angaben. Entwirft man dieselbe nach einer der gebräuchlichen Methoden auf dem Hintergrunde des Auges, so erscheint sie tiefschwarz. Auch unter Anwendung verschiedenfarbiger Lichtquellen sehe ich, falls nicht die Netzhaut vorher für eine bestimmte Farbe stark ermüdet wurde, keinen Farbenton in den Schatten der Aderfigur. Nach starker Ermüdung der Netzhaut durch rotes Licht erscheint mir die Aderfigur für ganz kurze Zeit, einen Bruchteil einer Sekunde, im Kontraste grün. Nur

¹⁾ Ewald Hering, Eine Vorrichtung zur Farbenmischung zur Diagnose der Farbenblindheit und zur Untersuchung der Kontrasterscheinungen. Pflüg. Arch. 42, 1888. Seite 119.

DLG 6 - 1909

bei Tschermak²⁾ finde ich die Angabe, dass er bei diaskleraler und transpupillarer Beleuchtung in den Gefäßschatten einen grünlichblauen Kontrastanflug infolge des umgebenden Rotgelbs bemerkt. Um die farbige Erscheinung der Purkinjeschen Aderfigur längere Zeit genau beobachten zu können, lassen sich mehrere Wege einschlagen. Zunächst kann man durch diasklerale Beleuchtung von der lateralen Seite des Augapfels her die Aderfigur entwerfen und dieselbe durch farbiges Licht, welches durch die Pupille einfällt, färben. Dabei ist eine sorgfältige Abstufung der Intensität des transpupillar einfallenden Lichtes notwendig. Die Anordnung des Versuches ist am besten fol-

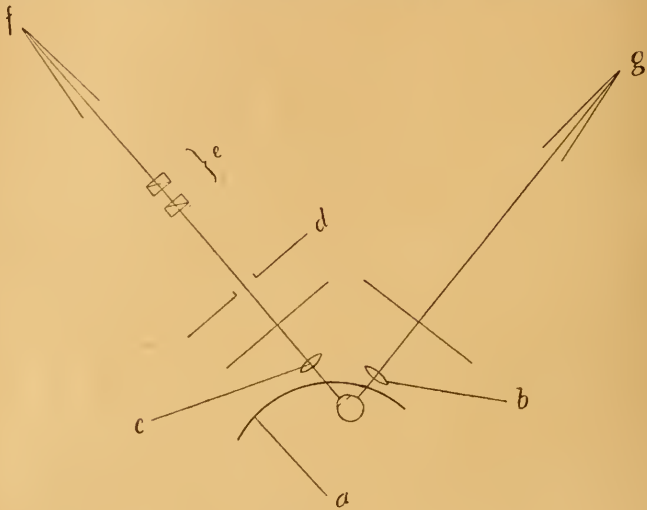


Fig. 1.

gende (Fig. 1): Man setze sich, die Arme aufstützend, vor einen geräumigen Tisch und lehne die Stirne an einen fest am Tischrande angebrachten Kopfhalter (*a*). Zur Seite des rechten Auges, welches stark nach links gewendet wird, ist in einem Stativ eine bikonvexe Linse (*b*) zur Beleuchtung der Sklera angebracht, welche die Strahlen einer Lampe (*g*) von erheblicher Intensität und möglichst kleiner Leuchtfläche auf die Sklera konzentriert. Das Auge blickt in eine bikonvexe Linse (*c*), welche ebenfalls in einem Stativ derart aufgestellt ist, dass das Bild der Lichtquelle (*f*) in den vorderen Brennpunkt des Auges fällt, während das linke Auge durch einen kleinen, am Kopfhalter befestigten

²⁾ A. Tschermak, Über Kontrast und Irradiation. Ergebnisse der Physiologie II. II. Abt. S. 778. 1903.

Schirm verdeckt ist. Dann leuchtet die ganze Linse indem parallele Strahlen auf die Netzhaut fallen, aber nur, wenn die pneumatisch zu öffnende Irisblende (*d*) (Verschluss eines photographischen Apparates) geöffnet wird. Die Intensität des auf die Netzhaut durch die Pupille einfallenden Lichtes kann dadurch geändert werden, dass zwischen die Lichtquelle und die Iris zwei Nicolsche Prismen (*e*), von denen das eine drehbar ist, eingeschaltet sind. Zwischen die Iris und die Linse stelle man eine farbige Glasscheibe von beliebiger Farbe und nicht zu geringer Sättigung. Nun erzeugt man bei geschlossener Iris auf der Netzhaut die Purkinjesche Aderfigur. Das Erscheinen derselben wird bekanntlich durch kleine oszillatorische Bewegungen der Beleuchtungslinse sehr unterstützt. Da in unserem Falle die Linse fix angebracht ist, ist es zweckmässig, gelegentlich ganz leichte Bewegungen mit dem Kopfe in sagittaler Ebene (Nicken) auszuführen. Sobald man die Aderfigur deutlich sieht, öffne man die Iris und stufe durch Drehen des Nicol die Intensität des farbigen Lichtes entsprechend ab. Sogleich erscheint die Aderfigur mit viel schmäleren und schärferen Ästen in der Farbe des vorgesetzten Glases auf blassem Grunde, welcher in der Mischfarbe des Rotgelb (diasklerales Licht) mit der Glasfarbe gefärbt ist. Die Art des Zustandekommens dieser Erscheinung ist leicht an einem einfachen Diagramme einzusehen. (Fig. 2.) Die im Verhältnis zu der Dicke der Netzhautgefässe grosse Lichtquelle (*a*) (Bild der Lampe auf der Sklera) wirft von einem einzelnen Gefässe (*b*) einen Schatten auf die Netzhaut, welcher, da er aus Kern- und Halbschatten besteht, breit ist und mehr oder weniger verwaschene Konturen besitzt (*c*). Die übrige Netzhaut wird von schwach rotgelbem Lichte beleuchtet. Nach Öffnung der Iris wird ausserdem die Netzhaut von farbigem Lichte, dessen Strahlen parallel auffallen, getroffen. Dabei wird sie mit Ausnahme der schon vorher beschatteten Stellen und der jetzt von den Schatten der Netzhautgefässe, welche von der transpupillaren Beleuchtung herrühren, getroffenen, mit gemischtem Lichte beleuchtet. Letztere werden unter den gegebenen Bedingungen bekanntlich überhaupt nicht wahrgenommen, die Halbschatten der diaskleralen Beleuchtung ebenfalls nicht, weil der Intensitätsunterschied gegen die Beleuchtungsintensität der übrigen Netzhaut zu gering geworden ist, und es bleiben nur die früheren Kernschatten sichtbar. An den Orten derselben wird die Netzhaut nur von dem farbigen Lichte transpupillar beleuchtet, daher sieht man schmale, scharfrandige, sattfarbige Schatten am Orte der früheren Aderfigur auf blassem in der Mischung von Rotgelb mit der Farbe des vorgesetzten Glases gefärbtem Grunde. Mit dieser Anordnung kann man die Purkinjesche Aderfigur

in jeder beliebigen Farbe sehen, falls man die entsprechenden Gläser vorsetzt. Besonders schön ist die Erscheinung bei Anwendung eines grünblauen Glases. Dann erscheint dieselbe in sattem Grünblau auf farblosem Grunde.

Die Beleuchtung der Netzhaut mit der eben beschriebenen Versuchsanordnung lässt sich aber auch so durchführen, dass

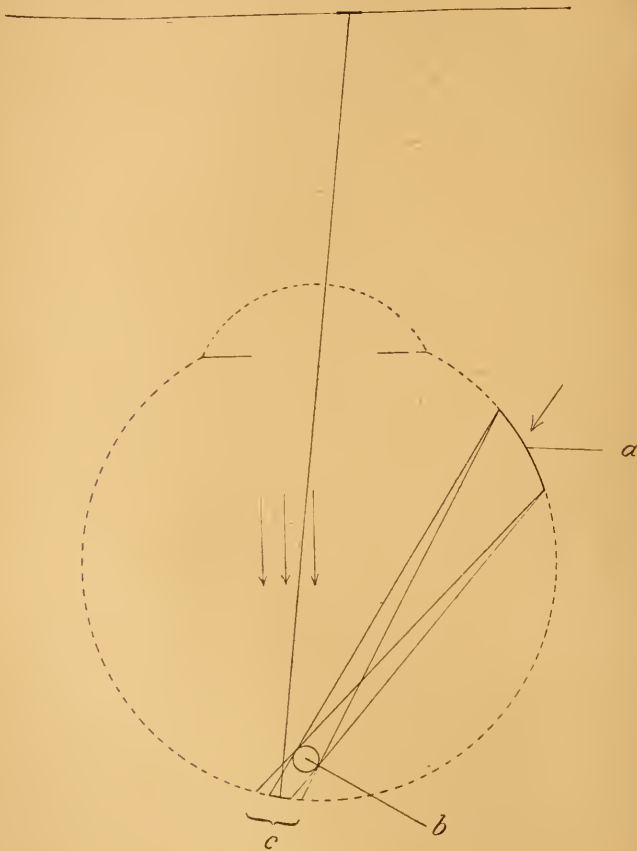


Fig. 2.

man nicht das transpupillar einfallende, sondern das diaskleral ins Auge gelangende Licht durch Vorsetzen farbiger Gläser färbt. In diesem Falle wird die Netzhaut durch gemischtes Licht beleuchtet, nämlich wiederum eine Mischung des Rotgelb mit der Farbe des vorgesetzten Glases. Diesmal ist es eine Mischung durch Subtraktion, d. h. es treffen nur jene Bestandteile des farblosen Lichtes die Netzhaut, welche weder durch das vorge-

setzte Glas, noch durch die Augenwandungen zurückgehalten werden. Ausserdem wird sie von farblosem Lichte getroffen, wodurch die Sättigung des diaskleralen farbigen Lichtes sehr abnimmt. Dabei erscheinen die Schatten schön im Kontraste gefärbt auf sehr blassem Grunde. Diese Versuche erfordern eine sehr feine Abstufung der Intensität des transpupillar einfallenden farblosen Lichtes, welches überhaupt meistens nur eine sehr geringe Intensität besitzen darf. Die schönsten Kontrastfarben erhält man dabei in folgender Art. Man setze vor die Lichtquelle, welche die Sklera beleuchtet, ein rötlich-gelbes Glas. Dann gestattet die bedeutende Intensität des durch die Sklera fallenden Lichtes auch eine etwas grössere Intensität für das transpupillare. Infolgedessen wird der Grund, auf welchem die Aderfigur erscheint, fast farblos, und diese selbst zeigt ein helles Blaugrün. Ebenfalls sehr überraschend ist der Erfolg nach Vorsetzen eines bläulich-roten Glases. Auf hellgrauem Grunde erscheinen dunkelgrüne Schatten. Die gebräuchlichen blauen Kobaltgläser eignen sich zu unseren Versuchen schlecht. Sie lassen im Vereine mit der Augenwand nur so wenig Licht hindurch, dass die dabei entstehenden Schatten, bei noch so schwacher transpupillarer Beleuchtung, ganz verschwinden. Sehr gut lässt sich aber das diasklerale Licht dadurch blau färben, dass man eine passend verdünnte Lösung von Methylenblau oder eine alkalische Kupferlösung in einer Kuvette in den Gang der Lichtstrahlen einschaltet. Dann sieht man die Aderfigur im Kontraste gelbbraun auf schwach lichtblauem Grunde. Auf solche Weise lässt sich durch sorgfältige Nuancierung des diaskleralen Lichtes eine verschiedene Kontrastfärbung der Schatten auf der Netzhaut erzielen.

Eine zweite Methode, welche noch schönere Erfolge erzielen lässt, besteht darin, zwei Schatten auf der Netzhaut zu entwerfen und beide oder nur einen von ihnen objektiv zu färben. Die Erzeugung von zwei Gefässschatten neben einander, also einer Aderfigur mit doppelten Details, ist vor Jahren die Grundlage zu einem sehr falschen Schlusse gewesen. König und Zumft³⁾ haben in ihren Augen zwei Schattenfiguren des Adernetzes sichtbar gemacht, indem sie zwei Löcher eines Diaphragmas, welche von demselben monochromatischen, spektralen Lichte erfüllt waren, rasch vor der Pupille auf und ab bewegten. Aus dem Befunde, dass bei verschiedenfarbiger Beleuchtung die Abstände der Schatten derselben Ader sich verschieden gross zeigten, schlossen K. und Z., dass die verschiedenen Farben in verschie-

³⁾ A. König und J. Zumft, Über die lichtempfindliche Schicht in der Netzhaut des menschlichen Auges. Sitz.-Ber. d. preuss. Akad. d. Wiss. 1894, XXIV. Diese Arbeit war mir nur in Referaten zugänglich.

denen Schichten der Netzhaut perzipiert werden. Dieser Schluss hat in der Folge der Kritik Gads⁴⁾, Schapringers⁵⁾ und Koster's⁶⁾ nicht standhalten können. Indessen ist auch die Verdoppelung der Aderfigur auf dem beschriebenen Wege anderen nicht wieder gelungen. So gibt Nagel⁷⁾ neuerdings wieder an, dass er dieselbe trotz eifrigen Bemühens nicht sehen konnte.

In der eben erwähnten Untersuchung hat Koster die Aderfigur des Auges durch Anwendung zweier Linsen, welche schief zu einander gestellt, auf der Sklera zwei Bildchen der Lichtquelle nebeneinander entwarfen, verdoppelt. Eine Angabe über Farbigkeit der in den vorstehend zitierten Untersuchungen erzeugten Schatten habe ich nicht gefunden.

Die Methode, welche ich zur Verdopplung der Aderfigur angewendet habe, ist folgende (Fig. 3): Der Kopf wird wieder,

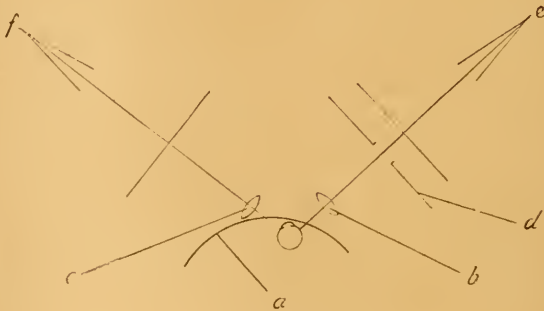


Fig. 3.

wie bei unserer ersten Methode, durch einen Kopfhalter (a), an welchen die Stirne lehnt, fixiert, eine bikonvexe Linse (b) entwirft auf der Sklera im lateralen Teile der Lidspalte des rechten Auges ein möglichst kleines und lichtstarkes Bild der Lichtquelle (e), während das Auge geradeaus ins Dunkle blickt. Eine zweite, ebenfalls fix in einem Stativ befestigte, passend aufgestellte bikonvexe Linse entwirft im medialen Winkel der Lidspalte auf

⁴⁾ J. Gad, Der Energieumsatz in der Retina. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Physiol. Abt.) 1894. Seite 491.

⁵⁾ A. Schapring, Findet die Perception der verschiedenen Farben nicht in ein und derselben Lage der Netzhaut statt? Pflüg. Arch. 60. 1895. Seite 296.

⁶⁾ W. Koster, Üb. d. perzipierende Schicht der Netzhaut beim Menschen. Graef's Archiv XLI., Seite 1. 1895.

⁷⁾ W. Nagel, Die Wirkung des Lichtes auf die Netzhaut, Hdb. d. Physiologie III—1, 1904, Seite 108.

der Sklera ein Bild der in ihrer Intensität abstufbaren Lichtquelle (*f*). (Bei Auerbrennern genügt zur Abstufung für diesen Versuch das Zuklemmen des Schlauches mit einer Schlauchklemme.) In den Gang der Strahlen der Lichtquelle (*e*) ist wieder ein Irisverschluss eingeschaltet. Weiters stellt man vor jede der beiden Lichtquellen ein farbiges Glas. Nun entwirft man unter ganz leichten nickenden Bewegungen des Kopfes bei geschlossener Iris die Aderfigur durch Beleuchtung der Sklera mit der Lichtquelle (*f*). Sobald dieselbe, was bei satten farbigen Gläsern eine Weile dauert, in voller Deutlichkeit, auf möglichst hellem Grunde erschienen ist, öffnet man die Iris und erblickt im Anfange besonders gut bei geringer Kopfbewegung, später nach einiger Übung auch bei völliger Ruhe des Kopfes und Auges eine zweite Schattenfigur des Adernetzes, dessen einzelne Äste knapp neben den entsprechenden der ersten Figur zu liegen scheinen. Bei richtiger Abstufung der Lichtintensitäten nimmt man folgende Erscheinungen wahr: Der bei Beleuchtung mit bloss einer farbigen Lichtquelle geworfene Schatten ist relativ breit, schwarz und erscheint auf farbigem Grunde. Im Augenblicke der Öffnung der Iris wird er viel schmaler und farbig, während an seiner Seite ein zweiter schmaler, ebenfalls farbiger Schatten erscheint, welcher genau dieselben Details aufweist. Beide Schatten heben sich schön von einem Grunde ab, welcher meist ein dunkles Grau zeigt, dessen Farbigkeit, wenn vorhanden, nur gering ist. Dabei entspricht der Farbe der linken Lichtquelle die Farbe des rechts liegend gesehenen Schattens und umgekehrt. Besonders schöne Resultate ergeben folgende Farben.

Lichtquelle links	Lichtquelle rechts	Schatten links	Schatten rechts	Grund
blaugrün	rotgelb	rot	grün	dunkelgrau
blaurot	gelbgrün	grasgrün	scharlachrot	grau mit einem Stich ins Rote
blau	gelb	gelb	blau	dunkelgrau

Diese Erscheinung kommt in folgender Weise zustande. (Fig. 4.) Die Lichtquelle *a* (beleuchtete Stelle der Sklera) entwirft von dem Gefässe *c* einen aus Kern- und Halbschatten bestehenden Schatten *d* auf der Netzhaut, welche nun entsprechend gefärbt erscheint, während der Schatten schwarz ist. Dieser Schatten

wird in der Richtung nach d nach Aussen projiziert. Sowie nun durch Öffnung der Iris die Lichtquelle b wirksam wird, wirft auch sie einen Schatten e desselben Gefäßes auf die Netzhaut, welcher nach e projiziert wird. Die ganze Netzhaut wird nun von einer Mischung der beiden farbigen Lichter a und b er-

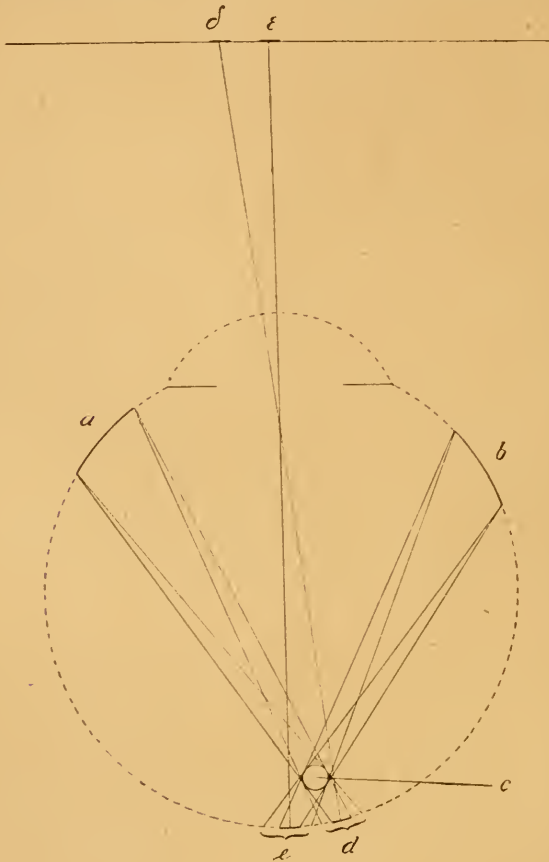


Fig. 4.

leuchtet, während die von der Lichtquelle a beschattete Netzhautstelle d nur von der Lichtquelle b , die von der Lichtquelle b beschattete nur von a beleuchtet wird. Zugleich verschwinden die Halbschatten, wie in unserem ersten Versuche, wegen ihres sehr geringen Intensitätsunterschiedes gegenüber der übrigen beleuchteten Fläche, und es erscheinen die beiden Kernschatten

farbig, und zwar gekreuzt, da sie gekreuzt nach aussen projiziert werden. Der linken farbigen Lichtquelle entspricht der rechte Schatten in der Farbe.

Nun lassen sich diese Versuche in interessanter Weise variieren, indem man nur vor die eine Lichtquelle ein farbiges Glas setzt, die andere aber ungefärbt lässt. Dabei ist es nötig, die Intensität des farblosen Lichtes sehr bedeutend herabzumindern. Dann erscheint, wenn die linke Lichtquelle farbig gewählt wurde, der rechts gesehene Schatten objektiv, der linke aber im Kontraste gefärbt auf meist sehr blassfarbigem grauem Grunde. Besonders schöne Erfolge erzielt man mit folgenden farbigen Lichtern.

Lichtquelle links	Lichtquelle rechts farbig	Schatten links obj. farb.	Schatten rechts subj. farb.	Grund
farblos	rubinrot	dunkelrot	dunkelgrün	rotorange
"	blasses, bläuliches grün	hellgrün	scharlachrot	grau
"	grünblau	blauschwarz	helles gelbbraun	grau
"	orange	rotorange	dunkles grünblau	gelborange
"	blassblau	schwarz	braun	grau (schmutzig)

Das Erscheinen der Kontrastfarben erleichtert sich der Anfänger sehr durch leichte nickende Bewegungen des Kopfes. Bei einiger Übung sieht man sie jedoch auch bei völlig fixiertem Kopfe und Auge sehr schön. Indessen dauern alle diese beschriebenen Erscheinungen nur kurze Zeit in ihrer vollen Stärke an, um dann rasch abzunehmen und schliesslich völlig zu verschwinden. Sie treten erst wieder in die Erscheinung, wenn die Netzhaut einige Zeit ausgeruht hat.

Wie man sieht, spielen sich in unseren Versuchen jene Erscheinungen ab, welche auch mit geeigneten Vorrichtungen, zum Beispiel mit der Herings darzustellen sind, indem man mit den Farbenmischungen Flächen beleuchtet, oder auf diese farbige Schatten fallen lässt, wobei diese Flächen als Bilder eines Gegenstandes der Aussenwelt auf der Netzhaut erscheinen. Das Besondere an unseren Versuchen besteht aber darin, dass sich diese Vorgänge auf der Sinnesfläche selbst abspielen, gewisser-

massen entoptisch entstehen und daher als ein weiterer Beweis gelten können für die Unabhängigkeit der Art der betreffenden Gesichtsempfindungen von den mit der Anordnung derartiger in der gebräuchlichen Weise angestellter Versuche verbundenen Wahrnehmungen. Dies gilt namentlich hier für das Zustandekommen der Kontrasterscheinungen in den Schatten, welches für unsere Versuche bloss aus der Heringschen Annahme der Beeinflussung benachbarter durch Erregung bestimmter Netzhautstellen erklärt werden kann. Jede psychische Beeinflussung, jede Einmischung des Urteils kann hier wohl als ausgeschlossen betrachtet werden.

Da es gelingt, die beschriebenen Kontrasterscheinungen bei völlig fixiertem Blicke zu sehen, ist die Annahme berechtigt, dass es sich hier um einen simultanen Farbenkontrast handelt. In diesen mischt sich bei Bewegungen des Auges oder Kopfes, die Erscheinung verstärkend und ihre Dauer verlängernd, sukzessiver Kontrast ein, wie das auch bei anderen Arten der Hervorbringung farbiger Schatten der Fall ist.

Im Hinblick auf die oben erwähnten Versuche von König und Zumft habe ich mich sehr bemüht, über die scheinbare Distanz der Doppelbilder der Aderfigur bei verschiedenfarbiger Beleuchtung sichere Angaben machen zu können. Leider gestatteten mannigfaltige Umstände, welche in der Technik dieser Versuche gelegen sind, nicht, zu einer sicheren Anschauung über diesen Punkt zu gelangen. Ich kann nur sagen, dass ich den Eindruck habe, dass der Abstand der Doppelbilder bei Beleuchtung der Sklera mit zwei Lichtern der verschiedensten Farben stets der gleiche gewesen ist.

Nobelpreisträger von 1907.

I.

Eduard Buchner,

der Träger des Nobelpreises für Chemie.

Von **Hugo Milrath.**

In München, der Stadt der weltberühmten Bierbrauereien, wo die alkoholische Gärung eine so grosse Rolle spielt, stand die Wiege des Mannes, dessen Forschungstätigkeit Licht in das Dunkel der verschiedenen Gärungstheorien gebracht hat. Für die Verdienste auf diesem Gebiete wurde nun Buchner eine hohe Auszeichnung zuteil, indem ihm die schwedische Akademie der Wissenschaften den Nobelpreis für Chemie zuerkannte.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [56](#)

Autor(en)/Author(s): Kahn R.W.

Artikel/Article: [Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes 1-10](#)