

Neueres über das Sehen.

Von

Dr. A. Elschnig,

Universitäts-Professor.

Vortrag, gehalten den 19. December 1900.

(Mit Skioptikon-Demonstrationen.)

Mit 4 Abbildungen im Texte.

Alle Anschauung ist eine intellectuale.
Schopenhauer.

Dichter und Künstler aller Zeiten und Völker haben gewetteifert, die Schönheit der Augen zu preisen und darzustellen. Die Schönheit des Gesehenen, den Wert des Sehens dem Nichtsehenden zu schildern und begreiflich zu machen, ist noch niemandem gelungen. Zweifellos gebürt dem Sehen unter unseren Sinnen der erste Rang. Und wie es so oft der Fall ist, so auch hier: über Functionen unseres Körpers, unserer Organe, von denen wir in jedem wachen Augenblicke unseres Lebens, bewusst und unbewusst, Gebrauch machen, geben wir uns am wenigsten Rechenschaft, solange uns nicht die Ausübung derselben durch irgend eine Störung behindert wird. Wir wissen kaum, dass wir sehen, viel weniger, wie und warum wir sehen.

Gerade in dem letzten Jahrzehnte hat die feinere Beobachtung den Act des Sehens im normalen und krankhaften Zustande, sowie die anatomische Zergliederung unseres Sehorganes zahlreiche neue Thatsachen aufgedeckt. Es mag daher von einigem Interesse sein, den Vorgängen in unserem Auge, denen wir das Sehen verdanken, ein wenig nachzugehen, wenigstens soweit, als es die Wissenschaft bis heute festzustellen vermochte.

Eine Übersicht zu geben über den Bau jenes Organ-complexes, welcher dem Sehen dient, über die uns schon bekannten Veränderungen, welche beim Sehen, respective bei Belichtung in unserem Auge auftreten, damit den Ablauf jener das Sehen erzeugenden und begleitenden Veränderungen im Sehorgane räumlich und zeitlich und, soweit es möglich ist, auch ihrer Wesenheit nach zu verfolgen, ist der Zweck des ersten Theiles meines Vortrages.

Im zweiten Theile möchte ich eine Anzahl von Erscheinungen des Farbensehens vorführen, die wohl den meisten unter den verehrten Anwesenden bisher nur zum Theile bekannt sind, wenn sie auch praktisch unbewusst von demselben Gebrauch gemacht haben — Erscheinungen, welche nicht ohne Bedeutung für die Theorie des Farbensehens selbst sind.

Einige Worte zuerst über den Bau unseres Auges. Der weißen oder harten Augenhaut (Sclera) ist im vorderen Pole die durchsichtige Hornhaut aufgesetzt. Die beiden Häute sind formgebend für das Auge. Innen ist die Sclera ausgekleidet von einer blutgefäßreichen Haut, der Aderhaut, welche die Nährmutter für die innen anliegende Netzhaut bildet. Letztere enthält die Nervenfasern, welche, im Sehnerven gesammelt, die Verbindung des Auges mit dem Gehirne vermitteln. Im vordersten Drittheile des Augapfels geht die Aderhaut-Netzhaut über in die Regenbogenhaut, welche im lebenden Auge gefärbt ist und „die Farbe des Auges“ liefert. Die centrale Lücke der Regenbogenhaut, die im normalen

Auge schwarz erscheinende Pupille, lässt das Licht ins Auge eindringen. Hinter der Regenbogenhaut liegt die Krystalllinse, welche zusammen mit der Hornhaut die regelmäßige Brechung des Lichtes besorgt. Das übrige Augenninnere ist vor der Linse mit der wässerigen Feuchtigkeit, hinter der Linse mit dem Glaskörper erfüllt, welche das Licht nur leiten, den Gang der Lichtstrahlen nicht mehr ändern.

Was ist „Licht“? Jeder selbstleuchtende oder beleuchtete Körper ist die Ursache einer Wellenbewegung des den ganzen Weltenraum erfüllenden Lichtäthers. Da die Wellenbewegung sich geradlinig fortpflanzt, können wir auch sagen: jeder leuchtende Punkt sendet nach allen Richtungen des Raumes Lichtstrahlen aus. Diese Lichtstrahlen wollen wir auf ihrem Wege ins Auge verfolgen. Treten Sie mit mir an jene Stelle unseres Grabens, an der wir den Stephansthurm in der Sonne leuchtend frei vor uns liegen sehen. Jeder Punkt des Stephansturmes sendet Lichtstrahlen aus, welche, auf unser Auge gelangend, durch Hornhaut und Linse wie durch das Objectiv einer photographischen Camera gebrochen werden und auf der Netzhaut ein umgekehrtes Bild des Stephansturmes liefern.

Wie nun aus diesem Netzhautbilde der Stephansthurm in leuchtender Pracht vor uns sichtbar wird, das zu zeigen ist meine nächste Aufgabe. Dazu müssen wir zunächst den feineren Bau der Netzhaut, in der das „Sehen“ seinen Ursprung nimmt, näher kennen lernen.

In dem stark vergrößerten Bilde eines mit ver-

schiedenen Farbstoffen behandelten mikroskopischen Schnittes durch die menschliche Netzhaut können Sie eine große Zahl von verschiedenartigen Schichten unterscheiden. (S. Fig. 1.) Die innerste Nervenfaserschicht ist von der Ausbreitung der Sehnervenfasern gebildet, welche im Sehnerven gesammelt zum Gehirne ziehen. Die äußerste Schichte ist von Zellen gebildet, welche von dunklen Pigmentkörnchen dicht durchsetzt sind (Pigmentepithel); an sie grenzt unmittelbar an die Stäbchenzapfenschichte. Da sie es ist, in welcher sich die hauptsächlichsten Vorgänge, die zum „Sehen“ führen, abspielen, wollen wir sie noch eingehender betrachten.

Die Stäbchen und Zapfen sind exponierte Theile einer Zelle, die, da sie dem „Sehen“ dient, „Sehzelle“ genannt wird; „Zellen“ sind bekanntlich jene kleinsten, noch ein gewissermaßen selbständiges Leben besitzenden mikroskopischen Theilchen, aus denen, wie aus den Bausteinen der Palast, jedes Organ, jedes Lebewesen überhaupt, sowohl Thier als Pflanze, aufgebaut sind. Jede Zelle hat einen Protoplasmaleib und Zellkern. Die Kerne der Sehzellen liegen in der der Stäbchenzapfenschichte nach innen folgenden Schichte der „äußeren Körnerschichte“. Der den Kern umschließende Zelleib setzt sich als dünner Faden einerseits in die zunächst nach innen folgende Schichte fort, um dort in später zu beschreibender Weise zu enden, anderseits nach außen in die Stäbchen, respective Zapfen. Diese stehen derartig angeordnet, dass, in der Fläche gesehen, jeder Zapfen von einem Kranze von Stäbchen umgeben ist. Der Raum zwischen

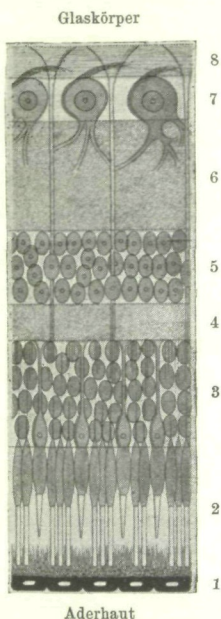


Fig. 1. Schematischer Durchschnitt durch die menschliche Netzhaut (nach Greeff).

1. Pigmentepithelschichte, 2. Stäbchenzapfen-, 3. äußere Körner-,
4. Zwischenkörner-, 5. innere Körner-, 6. innere granulierte,
7. Ganglienzellen-, 8. Nervenfaserschichte.

den schmal ausgezogenen Enden der Stäbchenzapfen (den sogenannten Außengliedern) wird zum größten Theile durch feine fadenförmige, pigmentführende Fortsätze des Pigmentepithels gefüllt, so dass also die Stäbchenzapfen durch letztere, wie eine lose Bürste eindringende

Fortsätze isoliert sind. Eine Stelle der Netzhaut am hinteren Augenpole hat einen besonderen Bau. Sie ist im frischen Auge durch Imprägnierung mit einem gelben Farbstoff gefärbt, daher „gelber Fleck“ genannt. Die Netzhaut ist hier bis auf Pigmentepithelschichte und Sehzellen reduciert, nur eine dünne Faserlage verbindet letztere mit den umliegenden Netzhautschichten; die Sehzellenschichte enthält hier nur Zapfen, keine Stäbchen. Diese Stelle ist der Ort des deutlichsten Sehens; wollen wir einen Gegenstand vollkommen gut sehen, so müssen wir unser Auge so lenken, dass das Netzhautbild des Gegenstandes auf den gelben Fleck fällt.

Wir haben vorher die Stäbchenzapfen als Theile der „Sehzellen“ bezeichnet. Und in der That sind sie es, welche das „Sehen“ in erster Linie bewirken. Wenn wir dies stricte erweisen wollen, so müssen wir in ihnen bestimmte chemische oder morphologische (Gestalt-) Veränderungen, welche unter dem Einflusse auf sie auffallenden Lichtes eintreten, nachweisen können. Und dies ist geschehen. Die größte Veränderung, die uns Angelucci kennen lehrte, besteht darin, dass die Reaction der belichteten Netzhaut eine andere ist als die der unbelichteten. Die Netzhaut eines längere Zeit im Dunkeln gehaltenen Thieres besitzt eine alkalische Reaction (bläut rothes Lackmuspapier); wird das Auge vorher intensivem Lichte ausgesetzt, so hat die Netzhaut saure Reaction (röthet blaues Lackmuspapier).

Viel wichtiger und zuerst das Verständnis der Vorgänge in der belichteten Netzhaut eröffnend war die

Entdeckung des Sehpurpurs durch Boll im Jahre 1876: Wenn man die Netzhaut eines im Dunkeln gehaltenen Wirbelthieres — der Frosch war es, an welchem diese wie so viele andere wichtige Entdeckungen gemacht wurden — ans Licht bringt, so erscheint sie zuerst purpurroth, um aber außerordentlich rasch auszubleichen. Die Ursache dieser Rothfärbung ist der „Sehpurpur“, welcher in den Außengliedern der Stäbchen vorhanden ist. Es ist dies ein ganz eigenthümlicher Farbstoff; nur in gallensauren Salzen ist er löslich, gegen verschiedene sonst energische chemische Reagentien ist er unempfindlich, aber Licht zersetzt ihn sofort. Die Zersetzung ist ein „Verschießen“ der Farbe, kein bloßes „Ablassen“, kein Bleichen, d. i. einfache Abnahme der Farbe; der Sehpurpur geht zuerst in einen ganz verschiedenen, gelb gefärbten Körper über, das Sehgelb, welches dann unter dem weiteren Einflusse des Lichtes in das „Sehweiß“ verwandelt wird, einen farblosen Körper, der nur durch eine weißgrünliche Fluorescenz in ultraviolettem Lichte nachweisbar ist. Das Sehweiß wird weiter durch Licht nicht mehr verändert, es ist lichtbeständig. Verschiedenfarbigem Lichte gegenüber zeigt der Sehpurpur verschiedenes Verhalten. Grünes Licht zersetzt ihn am raschesten, rothes am langsamsten, Röntgenstrahlen verändern ihn nicht.

Ganz eigenartig ist nun das Verhalten des Sehpurpurs im lebenden Auge. Auch hier wird der Sehpurpur unter dem Einflusse des Lichtes zuerst in Sehgelb übergeführt, dann entfärbt, d. h. in Sehweiß umgewandelt,

welches aber bei sehr rotharmem Lichte im lebenden Auge rasch aus der Netzhaut verschwindet, aufgesaugt wird. Aber der Sehpurpur wird im lebenden Auge beständig regeneriert, respective neu erzeugt, so dass in mittlerem Tageslichte die Netzhaut überhaupt nie farblos wird, sondern constant Sehpurpur enthält. Die Function der Neuschaffung des Sehpurpurs üben die die Stäbchenzapfenschichte berührenden Pigmentepithelzellen aus, und zwar in der Weise, dass sie aus dem zu Sehgelb oder Sehweiß verschossenen Sehpurpur wieder solchen regenerieren (sogenannte Anagenese), sowie auch völlig neuen Purpur erzeugen können (Neogenese). Diese Fähigkeit des Pigmentepithels geht so weit, dass es in einer von ihm isolierten, durch Licht entfärbten Netzhaut (dem frischen todten Thierauge entnommen) durch bloße Berührung wieder Purpur zu erzeugen vermag.

Wie wir also gesehen haben, wird der Sehpurpur durch Licht entfärbt. Es wird der Sehpurpur in der ganzen Netzhaut entfärbt, wenn grelles diffuses Licht das Auge trifft. Durch besonders sorgfältiges Vorgehen kann man auch nur einzelne Netzhautstellen entfärben und so z. B. das umgekehrte Netzhautbild einer hellbrennenden Flamme, eines hellen Fensters auf der im Dunkeln dem Thiere entnommenen Netzhaut als farblose Stellen im purpurrothen Grunde sehen. Kühne, dem wir auch diese Beobachtung, wie überhaupt fast alle unsere genaueren Kenntnisse über den Sehpurpur verdanken, nannte diese Bilder *Optogramme*. Man erzeugt sich ein derartiges Optogramm in folgender Weise:

Einem Thiere (Kaninchen oder Hund) werden zuerst durch 5 Minuten die Augen mit einem schwarzen Tuche bedeckt, dann durch 3 Minuten das eine Auge völlig unbeweglich fixiert, gegen ein helles Fenster des sonst völlig verdunkelten Zimmers gehalten und darauf sofort das Thier im Dunkeln getödtet, das Auge herausgenommen und die Netzhaut freigelegt, worauf man im hellen Tageslichte — natürlich nur durch eine sehr kurze Zeit — das umgekehrte Fensterbild im rothen Grunde sehen kann. Das Optogramm lässt sich auch dadurch fixieren, dass man die betreffende Netzhaut im Dunkeln völlig trocknet. Der Sehpurpur wird dadurch lichtbeständig, die Netzhaut also „echtfärbig“. Phantasievolle Romanschriftsteller sahen in der geschilderten Entdeckung Kühnes ein Mittel, der blinden Themis zur Entdeckung des Mörders zu helfen, indem man sein Optogramm auf der Netzhaut seines sterbenden Opfers suche. Dass diese Möglichkeit nur in der leichtbeschwingten Phantasie der Kinder der Muse existiert, brauche ich, da ich Ihnen kurz den complicierten Vorgang zur Erzeugung von Optogrammen geschildert habe, nicht mehr zu versichern.

Außer der beschriebenen chemischen Veränderung haben wir auch eine durch Belichtung in der Netzhaut auftretende morphologische (Gestalts-) Veränderung kennen gelernt. Ich projiciere Ihnen hier die photographische Abbildung eines mikroskopischen Schnittes der Netzhaut eines Barsches, an dem die zu schildernden Verhältnisse am besten studiert werden können, der nach kurzem Aufenthalte in einem völlig dunklen Raume

dortselbst getötet wurde; das Auge wurde sofort entfernt und in die Härtingsflüssigkeit gelegt. Sie sehen hier die Pigmentepithelzellen ganz niedrig, die Stäbchenzapfenschichte völlig frei von Pigment und die Zapfen weit gegen die Pigmentepithelschichte vorgeschoben. Ein ganz anderes Bild liefert uns die Netzhaut des im Hellen getöteten Barsches. Sie sehen hier das Pigmentepithel mit feinen Flimmern zwischen die Stäbchenzapfen vordringen, letztere verkürzt, gegen die eigentliche Netzhaut zurückgezogen. Durch das Licht verkürzen sich also die Zapfen, im Dunkeln verlängern sie sich, unter dem Einflusse des Lichtes schieben sich die feinen Fasern des Pigmentepithels bürstenähnlich zwischen die Stäbchenzapfen vor, im Dunkeln ziehen sie sich wieder zurück. Die Gestaltveränderung der Stäbchen unter dem Einflusse des Lichtes und der Dunkelheit ist gegenüber der der Zapfen eine verschwindend geringe. (S. Fig. 2.)

Diese unter dem Einflusse des Lichtes in der Stäbchenzapfenschichte der lebenden Netzhaut auftretenden Veränderungen liefern uns den letzten Beweis dafür, dass wir in der Stäbchenzapfenschichte den Ort vor uns haben, in der die Umsetzung des Lichtes in Nervenreiz vor sich geht. Außer dem Sehpurpur, dessen Verhalten im Lichte wir genau kennen, müssen in der Stäbchenzapfenschichte, in der Netzhaut überhaupt Stoffe — von unserem Physiologen Exner sogenannte „Sehstoffe“ — vorhanden sein, welche unserer näheren Erkenntnis und Beobachtung noch entrückt sind, durch

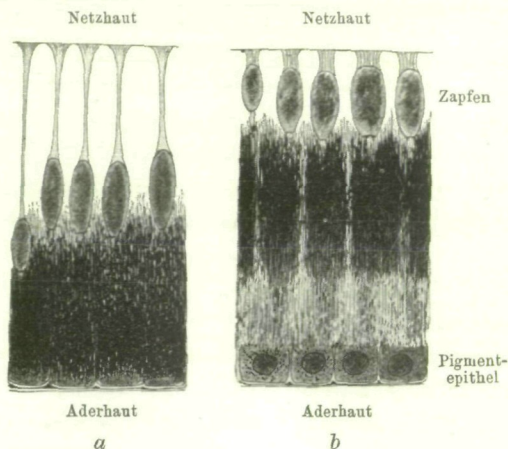


Fig. 2. Schematische Darstellung der Stäbchenzapfenschicht des Barsches; *a* nach Aufenthalt im Dunkeln, *b* nach Aufenthalt in der Sonne.

Die Stäbchen sind der Übersichtlichkeit halber in der Zeichnung weggelassen.

deren Zersetzungsproducte — „Sehneger“ nach Exner — ein Reiz auf das Netzhautgewebe, auf die Nervenfasern der Netzhaut ausgeübt wird, der uns das Sehen vermittelt. Ja, in neuester Zeit hat man diese Umsetzung noch weiter zu localisieren und noch feiner zu unterscheiden versucht. Es stützen sich diese Versuche zum Theile auch auf die schon oben erwähnte anatomische Eigenthümlichkeit des Ortes des deutlichsten Sehens der Netzhaut, des „gelben Fleckes“. Dort finden sich nur Zapfen, und zwar besonders schmale, dünne, in besonders

dichter Anordnung. Die Netzhautmitte entbehrt der Stäbchen und mit ihnen des Sehpurpurs, dabei ist sie jene Stelle, mittels deren wir am schärfsten sehen. Es ist also wahrscheinlich, dass die Zapfen dem deutlichen Sehen und dem Farbensehen dienen, während die Stäbchen, deren Sehpurpur schon durch geringstes Licht zersetzt wird, dem „Dunkelsehen“ dienen, das heißt bloße Helligkeitsunterschiede bei sehr stark herabgesetzter Beleuchtung vermitteln. Damit stünde im Einklange, dass wir sehr kleine lichtschwache Objecte im Dunkeln, z. B. einen kleinen Stern am dunkeln Nachthimmel sehen, wenn wir nicht unmittelbar auf ihn, sondern etwas daneben blicken, so dass also sein Bild nicht unmittelbar auf die stäbchenfreie Mitte, sondern dicht daneben fällt.

Die Art, wie aus der Veränderung der Stäbchenzapfen das Sehen sich ergibt, hat man sich noch vor kurzen Jahren höchst einfach vorgestellt. Wenn auch der sichere anatomische Nachweis dafür nicht erbracht war, nahm man doch einen continuierlichen Zusammenhang zwischen den den Lichtreiz in Nervenerregung umsetzenden Stäbchenzapfen und den Nervenfasern der Sehnerven an. Wie in einem elektrischen Leitungsdrahte der elektrische Strom, so pflanzt sich die Nervenerregung in der Sehnervenfaser oder, dem elektrischen Strome vergleichbar, in das Gehirn, und zwar in die Rinde des Hinterhauptslappens, das Sehcentrum, fort und erregt dort einen Complex von Ganglienzellen, welche dem Sehen dienen.

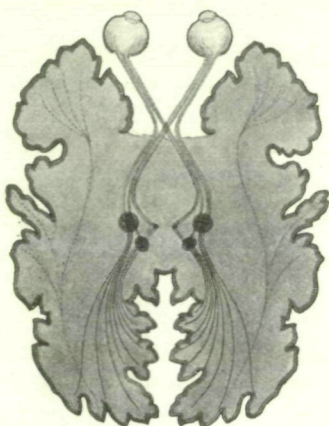


Fig. 3. Schematischer Durchschnitt durch die Augen, Sehnerven und Gehirn.

Wenn wir das Beispiel der elektrischen Leitung beibehalten, so ist die Netzhaut vergleichbar dem elektrischen Taster, das Lichtbild, welches der angesehene Gegenstand auf ihr entwirft, der Hand vergleichbar, die den Taster drückt, und der genannte Theil der Hirnrinde, das Sehcentrum, der elektrischen Glocke, welche durch den Tasterdruck zu klingeln beginnt. Mit Ausnahme der continuiertlichen Weiterleitung ist die Verbindung der Netzhaut mit dem Gehirne, speciell dem Hinterhauptslappen des Gehirnes auch heute noch als Thatsache anzusehen. Wie Sie aus dieser Abbildung ersehen, theilen sich die Nervenfasern jedes Sehnerven nach seinem Eintritte in den Schädelraum, überkreuzen sich

zum Theile mit denen der Gegenseite, wobei die von den äußeren Netzhauthälften kommenden Nervenfasern auf ihrer Seite bleiben, während die der inneren Netzhauthälften sich überkreuzen. Dadurch treten also zu jedem Hinterhauptslappen die Nervenfasern, welche von den gleichseitigen Netzhauthälften beider Augen kommen (zum linken Sehcentrum, z. B. die Fasern von den linken Netzhauthälften beider Augen). (S. Fig. 3.)

Wenn wir nochmals auf unseren Vergleich zurückkommen: Wenn die Glocke fehlt, ist der Druck auf den elektrischen Taster resultatlos. Wird ein Sehcentrum zerstört, so rufen die von den gleichzeitigen Netzhauthälften beider Augen kommenden Lichtreize keine Gesichtswahrnehmung hervor, das heißt, ist das linke Sehcentrum z. B. durch eine Verletzung oder Geschwulstbildung zerstört, so sind die linken Netzhauthälften beider Augen blind; ein solches Individuum sieht, wenn es in die Mitte eines Gesichtes blickt, nur dessen eine Hälfte. Durch Reizung des linken Sehcentrums werden Gesichtswahrnehmungen in der rechten Hälfte der Sehfelder ausgelöst, die nicht wirklichen Objecten entsprechen, also sogenannte Gesichtshallucinationen erzeugt. Der großen Zahl der anwesenden Damen dürfte jene meist von Migräne gefolgte Erscheinung bekannt sein, darin bestehend, dass es auf der einen Seite der Sehfelder — Sie glauben: auf einem Auge! — lebhaft zu flimmern anfängt, wobei das Flimmern oft in völlige Verdunkelung des Sehfeldes der einen Seite, wie ich es eben zuvor beschrieben, übergeht. Es ist dies durch

eine vorübergehende Blutgefäßanomalie in einem Sehcentrum bewirkt. Läsion beider Sehcentren bewirkt dieselben Erscheinungen in beiden Seiten des Sehfeldes, also eventuell totale Blindheit, ohne dass in dem Auge selbst irgend eine erkennbare Veränderung vorliegt. Diese Fälle gehören zu jenen seltenen Blindheitsfällen, bei denen der Kranke und der Arzt nichts sieht.

Damit ist aber der Complex dessen, was wir „das Sehorgan“ nennen, nicht völlig erschöpft. Das Einlangen des Lichtreizes ins Sehcentrum des Hirnrandes genügt noch nicht zum bewussten Sehen. Es ist dazu nöthig die Verbindung des Sehcentrums mit zahlreichen anderen Stellen der Hirnoberfläche, in denen Laut- und Klangbilder, Wort- und Schriftzeichen u. s. w. gewissermaßen deponiert sind, um beim Einlangen des Lichtreizes mit in Thätigkeit zu treten, die Erinnerungsbilder des einmal Gesehenen, Gehörten, Gefühlten u. s. f. zum Aufleben zu bringen und damit das Erkennen, das Wiedererkennen des Gesehenen zu vermitteln. Das elektrische Klingelzeichen muss nicht nur ertönen, es muss auch im ganzen Hause von allen Bewohnern gehört, seine Bedeutung verstanden werden, damit ihm Folge gegeben werde.

Fehlen die genannten Verbindungen, so kann das Individuum sehen, aber nichts erkennen, es ist seelenblind. Unbewusst, unwillkürlich weicht es den Gegenständen in seinem Wege aus u. s. f., aber ohne dass ihr Vorhandensein in sein Bewusstsein kommt, ohne dass er sie erkennt. Das Sehen des Seelenblinden ist

jenen Bewegungen vergleichbar, die Sie unwillkürlich und unbewusst, auch im Schlafe zu Schutz und Abwehr ausführen, wenn ein äußerer Reiz eine Körperstelle trifft.

Die neueste Forschung hat nun aber bezüglich der Art der Leitung des Lichtreizes — wie wir ihn kurz nennen wollen — von der Netzhaut zum Gehirne, zum Sehcentrum eine ganz merkwürdige Thatsache aufgedeckt. Die Verbindung der Stäbchenzapfen der Netzhaut, welche den Lichtreiz in Nervenirregung umsetzen, mit dem Gehirne ist keine continuierliche. Sie sehen an diesem Bilde, dass die Stäbchen und Zapfen in Fasern übergehen, welche theils kolbig anschwellend — Stäbchen —, theils in feine Fasern aufgelöst — Zapfen —, in den mittleren Netzhautschichten endigen, dort mit ähnlichen Fortsätzen von Ganglienzellen in Berührung treten, welche, in den innersten Netzhautschichten wieder aufgefasert endigend, mit gleichen Fasern anderer Ganglienzellen oder diesen selbst in Berührung kommen, deren längster Fortsatz erst als Nervenfasern in den Sehnerven und ins Gehirn übertritt; hier endigt jede Nervenfasern wieder in ähnlicher Weise aufgefasert und tritt mit den Fortsätzen neuer Ganglienzellen in Berührung, deren größter Fortsatz endlich die weitere Nervenleitung bis zu den Ganglienzellen der Gehirnrinde besorgt. (S. Fig. 4.)

Die Art der Leitung des Lichtreizes in der Sehbahn — und ich will nur kurz bemerken, dass ein Ähnliches bei jeder Nervenleitung von der Hirnrinde zum Endorgan überhaupt oder umgekehrt stattfindet — ist also gewissermaßen einer telegraphischen Leitung vergleichbar,

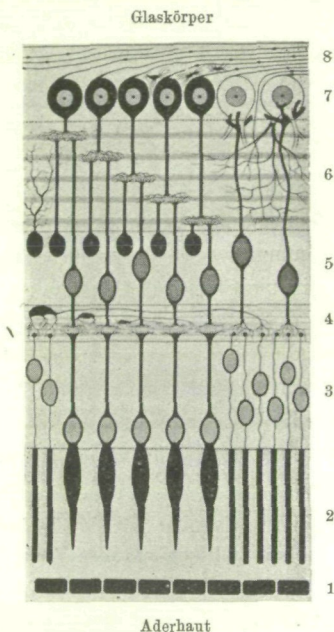


Fig. 4. Schematischer Durchschnitt durch die menschliche Netzhaut, nach Tinction mit Silbersalzen (nach Greeff).

1. Pigmentepithelschichte, 2. Stäbchenzapfen-, 3. äußere Körner-,
4. Zwischenkörner-, 5. innere Körner-, 6. innere granulierte,
7. Ganglienzellen-, 8. Nervenfaserschichte.

der an einzelnen Stationen ein Relais — ein neuer elektrischer Stromkreis — eingeschaltet ist, eine Vorrichtung, die dazu dient, dass der schwache elektrische Strom der Ausgangsstation noch in großer Entfernung zum Geben der Schriftzeichen genügt.

Lassen Sie mich nun auf ein ganz heterogenes Gebiet des Sehens, auf das Farbensehen übergehen. Die Kürze der zu Gebote stehenden Zeit verbietet mir ein näheres Eingehen auf Farbensinn und Farbenlehre, und muss ich mich daher darauf beschränken, die zum Verständnis der folgenden Farbenexperimente unumgänglich nöthigen Bemerkungen aphoristisch vorzubringen.

Das uns einfach scheinende weiße Sonnen- (Tages-) Licht ist aus einer größeren Zahl farbiger Lichter zusammengesetzt, die wir durch ein Prisma gesondert im Spectrum studieren können. Alle vorkommenden Farben sind durch Mischung von vier einfachen oder Grundfarben, Roth, Grün, Blau, Gelb, alle Nuancen derselben durch Beimengung von Weiß und Schwarz erhalten. Roth-Grün, dann Blau-Gelb und Weiß-Schwarz sind Gegenfarben, das heißt, die beiden Farben jedes Farbenpaares heben sich, im entsprechenden Verhältnis gemischt,¹⁾ gegenseitig auf, geben Grau. Wenn wir z. B. in entsprechender Intensität rein blaues und gelbes Licht auf eine weiße Fläche werfen, so erscheint die Fläche grau, da Blau und Gelb sich aufheben und nur das in jeder Farbe enthaltene Weiß zur Empfindung kommt. Ich muss hier einen Irrthum berichten, der allgemein eingebürgert ist. Sie sagen: Blau und Gelb gemischt gibt Grün, die beiden Farben heben sich nicht auf. Sie haben von Ihrem Standpunkte aus ja recht: wenn Sie

¹⁾ Zur Projection des Bogenlicht-Spectrums hat mir Herr Hofrath Eder freundlichst sein Wernicke's Primat-säureäther-Primas à vision directe zur Verfügung gestellt.

ein blaues Pulver und ein gelbes Pulver mischen oder in einem Troge eine blaue und gelbe Flüssigkeit mischen, erscheint Ihnen das Gemenge grün. Ich projiciere hier eine blaue und gelbe Glasplatte, die sich in der Mitte des Feldes zum Theile decken; diese Mitte erscheint in der That grün — aber das ist keine Mischung von Blau und Gelb, keine Addition, sondern eine Subtraction. Das blaue Glas lässt nur blaues und grünes Licht durch — jedes gewöhnliche Blau ist ein Blau-Grün, das gelbe Glas nur gelbes und grünes Licht — jedes gewöhnliche Gelb ist ein Gelb-Grün. Das durch das blaue Glas gegangene Blau wird vom gelben Glase aufgehoben, oder umgekehrt das Gelb von Blau, und nur grünes Licht dringt durch beide Glasplatten hindurch.

Wenn ich also sage: Blau und Gelb gemischt geben Grün, so könnte ich, wie ich Ihnen sofort an dem folgenden Projectionsbilde zeige, auch sagen: Blau und Gelb gemischt geben Roth; ein röthliches Blau und ein leicht röthliches Gelb, in deren jedem die rothe Beimengung uns kaum zur Empfindung kommt, geben, als durchsichtige Scheiben zum Theil einander deckend, entsprechend dem Deckungsfelde ein leuchtendes Roth. Wenn ich Blau und Gelb wirklich mischen, addieren will, muss ich gleichzeitig blaues und gelbes Licht in mein Auge dringen lassen, was am besten geschieht, wenn ich mittels zweier Lampen ein weißes Feld beleuchte und vor die eine Lampe ein rein blaues, vor die andere ein gelbes Glas gebe, oder wenn ich auf einen Kreisel blaues und gelbes Papier in bestimmtem Größenverhältnis aufspanne;

rotiert der Kreisel, so erscheint die Fläche farblos, grau.

Der Farbentheorie Herings, zu der ich mich bekenne, entsprechend, müssen wir die Farbenempfindung in folgender Weise erklären. In der Netzhaut finden sich drei Sehstoffe oder Sehsubstanzen, dem Lichte gegenüber von ähnlichem Verhalten wie der vorher geschilderte Sehpurpur, deren Zersetzung durch Licht (Dissimilation) die Empfindung je einer der Farben jedes Farbenpaares, deren Neubildung (Assimilation) die Empfindung der entsprechenden Gegenfarbe erzeugt. Trifft z. B. rein blaues Licht die Netzhaut, so würde die die Blau-Gelbempfindung vermittelnde Sehsubstanz zersetzt werden; die Zersetzung, respective die Zersetzungsproducte bewirken eine Nervenerregung in der Netzhaut, welche, zum Gehirne fortgeleitet, die Empfindung „Blau“ hervorruft. Trifft gelbes Licht die Netzhaut, so wird unter dessen Einflusse dieselbe Sehsubstanz neugebildet aufgespeichert, und diese Neubildung ruft eine Nervenerregung hervor, die zum Gehirne geleitet die Empfindung „Gelb“ vermittelt. Dasselbe gilt für die beiden anderen Sehsubstanzen, deren Zerstörung und Neubildung die Empfindung Roth-Grün und Weiß-Schwarz erzeugen. Fehlt eine dieser Sehsubstanzen in der Netzhaut, so besteht für das entsprechende Gegenfarbenpaar Farbenblindheit — also Rothgrünblindheit, oder Blaugelbbblindheit, oder endlich totale Farbenblindheit, das Individuum sieht nur hell und dunkel, grau in Grau.

Zur Kenntnis dieser durch zahlreiche Untersuchungen an gesunden und farbenblinden Augen bis zu einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit erhobenen Theorie wird es Ihnen ein leichtes sein, die Farbenexperimente, welche ich nun vorführe, zu verstehen.¹⁾

1. Eine helle farbige Scheibe in weißem Grunde.

a) Wird dieselbe durch 15 Secunden scharf angesehen, so erscheint das die Farbenscheibe umgebende weiße Feld allmählich immer deutlicher in der Gegenfarbe (Contrastfarbe) gefärbt; also blaue Scheibe auf weißem Grunde: der weiße Grund erscheint gelblich. Dadurch, dass in jener Stelle der Netzhaut unseres Auges, auf welche das Bild der blauen Scheibe fällt, die Blau-Gelbempfindende Sehsubstanz zersetzt wird, wird in der umliegenden Netzhautregion dieselbe Sehsubstanz in entgegengesetzter Weise beeinflusst, dadurch also die Empfindung gelb erzeugt. Man nennt diese Erscheinung, die wir noch an späteren Versuchen viel besser sehen können, den simultanen (gleichzeitigen) Contrast.

b) Nachdem wir durch 15—20 Secunden die farbige Scheibe angesehen, wird sie rasch entfernt; wir sehen dann im hellen Felde entsprechend der Farbenscheibe leuchtend die Gegenfarbe, das umgebende helle Feld, in dem annähernd der ursprünglichen Farbe entsprechenden Tone, also eine gelbe Scheibe auf bläulichem Grunde. Die vorher vom blauen Lichte getroffene Netz-

¹⁾ Die vorgeführten Versuche sind von H. Rollett angegeben und im Archiv für die ges. Physiologie, XLIX. Band, publiciert.

hautpartie kommt in den Zustand gegentheiliger Erregung, successiver (nachfolgender) Contrast; das vorher weiße Feld in den Zustand derselben Erregung wie vorher die erstgenannte Netzhautpartie, erscheint also in der gleichen Farbe, successive Induction. Die wirklich vorhandene Farbe heißt objective Farbe, die nur durch sie hervorgerufenen gleichseitigen und nachfolgenden Farbenempfindungen, die nicht durch wirklich vorhandenes farbiges Licht, sondern durch entsprechende Netzhauterregungen hervorgebracht werden, heißen subjective Farben.

2. Eine vollkommen lichtlose (schwarze) Scheibe in farbigem Grunde.

a) Im ersten Momente erscheint, aber sehr dunkel, undeutlich und rasch vorübergehend, die schwarze Scheibe in der Contrastfarbe des Grundes (simultaner Contrast). Sofort darauf aber erscheint sie schwarz, bis bei längerem Ansehen die Farbe des umgebenden Grundes in die dunkle Mitte überflutet, welche allmählich immer deutlicher und heller in gleicher Farbe erscheint — simultane Induction. Meist sehen wir die dunkle Umgebung des ganzen Feldes gleichfalls in simultanem Contrast gefärbt.

b) Wird nach längerem Ansehen rasch das ganze Feld mit Bogenlicht beleuchtet, so sehen wir die früher farbige Fläche in leuchtender Contrastfarbe, die früher dunkle Mitte so gefärbt, wie früher der umgebende Grund und ganz außen herum gleichfalls dieselbe Farbe als undeutlichen Lichthof — successiver Contrast im früher

farbigen und successive Induction im früher schwarzen Felde.

c) Besonders schön sind die sub b) angeführten nachfolgenden subjectiven Farben zu sehen, wenn wir nach längerem Beobachten — wie a) — das ganze Feld verdunkeln und noch beide Hände vor die Augen legen. Dann sehen wir auch wunderschön das allmähliche Abklingen, Verschwinden und Wiederauftauchen der Nachbilder in wechselnder Farbe.

3. Wir haben hier ein kleines neutralgraues Feld. Ich entferne einen deckenden Schirm, und die umgebende blaue Fläche wird sichtbar; in dem Momente, wenn die Farbe sichtbar wird, ändert das früher graue Feld seine Farbe, es wird im Simultancontraste gelblich gefärbt, besonders schön, wenn wir noch anderes diffuses Licht auf die Fläche werfen. Nach längerem Fixieren sehen wir, wenn plötzlich das Feld verfinstert wird und wir noch die Augen mit den Händen decken, die früher graue, respective gelbe Scheibe leuchtend in inducierter Farbe — blau —, das früher blaue Feld in successivem Contraste — gelb — gefärbt.

Die Kürze der zu Gebote stehenden Zeit verhindert es, ausführlicher auf die subjectiven Farben einzugehen und auch durch zahlreichere Experimente ihre Erscheinungen vorzuführen. Nur soviel noch sei angeführt. Im praktischen Leben machen alle Berufszweige, welche überhaupt mit Farbe und Farbenzusammenstellungen zu thun haben, Gebrauch. Sie, meine Damen, wissen ganz genau, dass bei Ihren Toiletten, bei der

Einrichtung Ihres Boudoirs Sie darauf Rücksicht nehmen müssen, dass eine Farbe die andere „schlägt“ oder hebt. Unbewusst wurde schon seit Jahrhunderten von den Erscheinungen, von den Gesetzen der subjectiven Farben Nutzenanwendung genommen. Ich schätze mich glücklich, wenn es mir gelungen ist, nicht nur an unserem höchsten Sinne Interesse geweckt, sondern auch manche aus Erfahrung Ihnen bekannte Erscheinung des Sehens Ihrem Verständnisse nähergerückt zu haben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Elschnig Anton

Artikel/Article: [Neueres über das Sehen. 255-280](#)