© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Der Anfang dieser Lymphgefäße wird von den Forschern verschieden geschildert. Wydwozoff hat durch Injection ein in der Alveolenwand mit Ausbuchtungen versehenes Netz feiner Kanäle dargestellt, das vom Respirationsraume vollkommen durch das Epithel getrennt ist. Andere Forscher nehmen in der Alveolenwand ein Saftkanalsystem an, das nach Klein direkt durch feine Oeffnungen mit dem Luftraume in Verbindung steht, während v. Wittich glaubt, dass die Kittleisten der Epithelien Stoffe durchlassen könnten.

Von besonderm Interesse sind die von Pierret und Renaut an der Rinderlunge gemachten Beobachtungen. Nach ihnen ist jede Alveole nach außen umgeben von einer mit Endothel ausgekleideten Lymphkapsel, in welcher sie gewissermaßen eingetaucht ist. Diese Lymphspalten stehen in Verbindung mit einem nach vorangegangener Füllung mit Luft fürs bloße Auge sichtbaren Netze von eigenartigen Lymphröhren, die dem interlobulären Bindegewebe folgen. Diese hängen dann wieder mit den oben erwähnten Abzugskanälen für die Lymphe zusammen.

Durch diese Einkapselung der Lungenalveolen, die mit unwesentlichen Modifikationen auch andern Drüsen zukommt, wird einmal die schnelle Stoffaufnahme durch die große Resorptionsfläche leichter erklärbar und scheint dann weiter, wie die Autoren hervorheben, dieselbe geeignet auch den festen Bestandteilen der Lymphe einen Gasaustausch zu ermöglichen, welcher für die Tätigkeit der Lymphzellen von großer Wichtigkeit ist.

A. Budge (Greifswald).

Ueber die Theorien der Farbenwahrnehmung.

Nach einem in der k. k. Gesellschaft der Aerzte zu Wien gehaltenen Vortrag.

Dass wir überhaupt eine besondere Theorie der Farbenwahrnehmung nötig haben, rührt daher, dass es in der Physiologie einen Grundsatz gibt, der unter dem Namen „Gesetz der specifischen Nervenenergie“ bekannt ist. Wenn dieses Gesetz nicht existiren würde, oder wenn wir irgend welche Berechtigung hätten, an seiner allgemeinen Giltigkeit zu zweifeln, dann würde die Aufstellung einer besondern Theorie für die Tatsache, dass wir die uns umgebende Welt in Farben sehen, nicht notwendig sein.

Die Schwierigkeit, welche durch diesen Lehrsatz eingeführt wird, ist sofort ersichtlich, wenn man sich mit einem bestimmten Fall der Gesichtswahrnehmung beschäftigt, sich zum Beispiel denkt, man blicke auf ein weißes Feld, in welchem eine rote Linie gezogen ist. Es fallen bekanntlich von den einzelnen Punkten der roten Linie Bilder auf die Netzhaut und veranlassen nun ein Gesehenwerden dieser roten Linie. Man muss sich also denken, dass Nervenenden in der Netzhaut liegen, welche von dem Bilde der roten Linie

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in einer gewissen Weise afficirt werden, man muss sich ferner denken, dass diese Affection nach einem bestimmten Centrum im Gehirn geleitet wird und in irgend einer Weise uns zu Bewusstsein kommt.

Wenn man sich vorstellt, an Stelle der roten stände eine grüne Linie, so würde auf die Stellen der Netzhaut, die früher von rotem Licht getroffen wurden, nunmehr grünes fallen, und es könnte nach dem Gesetz der specifischen Nervenenergie die Erregung derselben Nervenenden durch grünes Licht in dem Centrum kein anderes Resultat hervorbringen, als die Erregung durch rotes Licht hervorgebracht hat. Denn das Gesetz der specifischen Nervenenergie sagt, dass eine jede Nervenfaser nur eine bestimmte Empfindung im Centralorgan auslöst, ganz abgesehen vom Charakter der Störung oder der Einwirkung, welche peripher die Erregung der Nervenfaser angeregt hat. Wenn also das Gesetz der specifischen Nervenenergie richtig ist, dann ist es von vornherein ganz unverständlich, wie die Erregung eines Nervenendes einmal im Centrum die Vorstellung von etwas Rotem und das andere mal die Erregung desselben Nervenendes die Vorstellung von etwas Grünem, wieder in derselben Anordnung hervorrufen kann.

Obwol das Gesetz der specifischen Nervenenergie in dieser Deutlichkeit in welcher wir es jetzt auszudrücken gewohnt sind, erst seit Johannes Müller ausgesprochen wird, und also in den allerersten Jahren dieses Jahrhunderts noch kaum gekannt war, gewiss aber nicht mit einem eigenen Namen bezeichnet wurde, so waren es doch die eben angestellten Erwägungen, welche Thomas Young veranlasst haben, eine Unverständlichkeit in dem Umstande zu finden, dass wir Farben sehen. Er hat auch sofort die Möglichkeit eingesehen, über diese Schwierigkeit hinwegzukommen, und diese Möglichkeit, welche er sich zunächst aufgebaut hat, nur um irgend einen Mechanismus zu haben, nach dem die Dinge möglicherweise ablaufen könnten, hat sich als so außerordentlich geeignet erwiesen, alle Einzelnheiten in Uebereinstimmung mit den wirklichen Effekten unsers Sehapparats zu erklären, dass man später — und zwar teils er selbst, zumeist aber seine Nachfolger und besonders Helmholtz — daran gegangen ist, diesen Mechanismus, den Young gewissermaßen nur als denkbare Möglichkeit hingestellt hat, zu einer Theorie der Farbenwahrnehmung auszubauen.

Der Gedanke Young's war der: Unendlich klein sind die Enden der Nervenfasern nicht, sondern sie haben eine bestimmte Größe; und diese Größe war trotz der zu Zeiten Young's vorhandenen geringen mikroskopischen Hilfsmittel doch schon mit einem verhältnissmäßig hohen Grad von Genauigkeit bekannt. Man wusste, es könnten nicht so viele verschiedene Nervenenden auf einem kleinen Stück der Netzhaut vereinigt liegen, dass das Beeinflussen des einen Nervenendes in Beziehung auf die räumliche Vorstellung, die man sich von dem beeinflussenden Moment nachher macht, gleichwertig wäre mit dem

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Beeinflussen eines andern Nervenendes, das etwa durch 10 oder 20 Nervenenden von dem ersten getrennt ist. Es ließe sich nun denken, dass für jede Farbe eine bestimmte Nervenfaser vorhanden ist und dass die Nervenenden in der Netzhaut vielleicht insofern einen verschiedenen Charakter haben, als, wenn ein solches Nervenende erregt wird, ein rotes Bild entsteht, und wenn ein anderes erregt wird, etwa ein gelbes oder grünes Bild entsteht u. s. f. Es wäre ferner denkbar, dass, wenn das Bild einer roten Linie auf die Netzhaut fällt, nur eben diejenigen Nervenenden, deren Erregung in unsrer Vorstellung die Empfindung „Rot" vermittelt, davon erregt werden und wenn an derselben Stelle das Bild einer grünen Linie entsteht, eben nur die von diesem Bilde getroffenen, die Vorstellung des Grünen vermittelnden, Nervenenden erregt werden. Eine derartige Vorstellung ließe sich indess nicht zur Theorie ausbilden; denn bei der außerordentlichen Vielfachheit der Farben wäre eine so genaue Lokalisirung der Konturen nicht möglich wie wir sie in Wirklichkeit besitzen, wenn man für jede Farbennuance in der Netzhaut eine Nervenfaserendigung annehmen wollte. Wir sehen so außerordentlich feine rote und grüne Linien, dass, wenn man annehmen wollte, jedes hundertste Nervenende in der Netzhaut sei durch den Farbenton der roten Linie, jedes hundertste für den der grünen Linie reizbar, dies mit der Tatsache des Sehens so feiner Linien unvereinbar sein würde. Und doch hätten wir dann erst die Fähigkeit hundert verschiedene Farben zu unterscheiden, erklärt, während wir in Wirklichkeit deren viel mehr unterscheiden. Denkt man sich aber eine Netzhaut mosaikartig aus Elementen zusammengesetzt, von denen nur jedes hundertste für rotes Licht empfindlich ist und stellt sich nun vor, dass das Bild einer sehr feinen roten Linie auf diese Netzhaut fällt, so wird diese Linie vielfach unterbrochen oder gar nicht mehr gesehen werden, schon bei einer Breite, bei welcher wir sie in Wirklichkeit noch ganz deutlich und ununterbrochen sehen.

Durch ähnliche Erwägungen ist Young zur Aufstellung seiner Theorie gelangt. Er nahm an, es seien nur einige wenige wirklich verschiedene farbenempfindende Nervenapparate in der Netzhaut durch einander gemischt und legte sich dann die Frage vor: wie viele solcher verschiedenfarbiger Endapparate braucht man notwendig, oder welches ist die geringste Zahl, mit der man auskommen kann? Die physikalische Untersuchung hat darauf geantwortet, dass man mit drei verschiedenen Farben auskommen könnte; d. h. es gibt Nervenenden, die, so oft sie gereizt werden, eine bestimmte Farbenempfindung im Centrum erregen; andere Nervenenden, die gereizt wieder eine andere Farbenempfindung geben und endlich wieder andere Enden, die eine dritte Farbenempfindung im Centrum auslösen. Wenn man also nur diese drei Fasergattungen annimmt, so kann man daraus schon, bei dem Charakter der vorhandenen Farben, die Wahrnehmung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

aller möglichen Farben erklären. — Es genügt eine Dreiheit von Empfindungselementen, um alle möglichen Farben zusammenzusetzen. Natürlich ist es nicht gleichgiltig, wie man diese drei Empfindungen, die sogenannten „Grundfarben", wählt. Wenn man z. B. sagen würde, die eine Farbe soll rot sein, die andere orange und die dritte gelb, so würde man nicht einsehen können, wie man durch das Zusammenwirken dieser drei Fasergattungen in irgend einem Intensitätsverhältniss auf die Empfindung blau kommen sollte. Wenn man sie aber so annimmt, dass sie im Sonnenspectrum ziemlich weit auseinanderliegen, dann ist es vollkommen gleichgiltig, welche man wählt. Entscheidet man sich z. B. für Gelb, Blau und Purpur, so wäre das schon ausreichend. Tatsächlich ist es auch schwer, in dieser Beziehung zu einer bestimmten Wahl zu kommen. Anfänglich wählte Young Rot, Grün, Blau, dann ersetzte er indess Blau durch Violett.

Wir haben nun die Frage zu beantworten, wie man bei dieser Annahme alle Erscheinungen der Farbenwahrnehmung erklären kann. Dass wir eine rote Farbe sehen können, ist leicht verständlich, wenn wir Nervenenden in der Netzhaut annehmen, die erregt in uns die Empfindung rot hervorrufen. Dass wir feine rote Objecte genau sehen können, lässt sich unschwer begreifen, wenn man bedenkt, dass der dritte Teil aller Endapparate für solche rote Fasern disponibel ist, da wir überhaupt nur dreierlei Fasern haben. — Dass man grüne Objekte sehen kann, ist auch verständlich, da wir dafür Fasern haben, die durch grünes Licht erregbar sind, und erregt im Centrum die Empfindung grün bedingen; aus demselben Grunde erklärt es sich, dass wir violette Objekte sehen. Wie sehen wir aber gelb oder blau u. s. w.? Auch das ist nicht schwer zu verstehen, wenn man sich vorstellt, dass die rot empfindenden Fasern nicht bloß angeregt werden, wenn wirklich Licht auf sie fällt, das einer bestimmten Wellenlänge entspricht, sondern dass sie auch — wenngleich nicht mit gleicher Intensität — erregt werden, wenn Licht von etwas anderer Wellenlänge auf sie fällt. Nehmen Sie z. B. eine Stimmgabel von einem bestimmten Ton und schlagen Sie diesen Ton an, so tönt die Stimmgabel mit einer gewissen Intensität mit. Sie kommt aber auch in, freilich schwächeres Mittönen, wenn Sie einen Ton erzeugen, welcher von dem Ton dieser Stimmgabel etwas verschieden ist.

Man hat sich also vorzustellen, dass die rot empfindenden Fasern durch rotes Licht sehr stark erregt werden, durch gelbes Licht schwächer, durch blaues und violettes Licht noch schwächer. Durch Licht von welcher Wellenlänge immer aber auch diese Fasern erregt sein mögen, welches immer die Stärke der Erregung in ihnen sein mag: der Effekt den diese Erregung im Centrum bedingt, ist ausschließlich die Empfindung: rot. Wenn ich also das Sonnenspectrum darstelle, und für jede Farbe eine Höhe auftrage, welche andeutet, wie stark durch Licht von dieser Farbe die rot empfindenden Fasern

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

erregt werden, so bekomme ich für die rot empfindenden Fasern eine Kurve von bestimmter Form. Durch rotes Licht werden diese Fasern am stärksten erregt werden; die Kurve wird also im Rot ihr Maximum haben und nach beiden Seiten abfallen; für die grün empfindenden Fasern bekommt man wieder eine andere Kurve; diese werden durch grünes Licht am stärksten erregt, durch gelbes und blaues Licht schwächer, durch rotes Licht noch schwächer und endlich durch violettes am schwächsten. Fällt also Licht von solcher Wellenlänge auf unsere Netzhaut, welche der uns gelb erscheinenden Stelle des Spectrums entspricht, dann haben wir uns vorzustellen, dass die Empfindung gelb das Resultat von den ziemlich gleich starken Erregungen der rot und grün empfindenden Fasern ist, so dass also das gelb, welches uns als etwas Einfaches, als etwas Einheitliches, als eine elementare Sinnesempfindung und nicht als etwas Zusammengesetztes erscheint, physiologisch aus dem Zusammenwirken zweier grundverschiedener Nervenempfindungen entstanden sein soll. Ich will gleich hier bemerken, dass man der Young-Helmholtz'schen Theorie aus diesem Umstand, dass sie genötigt ist, die Farben, die — wie man sagt — der Unbefangene für einfach hält, aus dem Zusammenwirken mehrerer grundverschiedener elementarer Apparate zu erklären, einen schweren Vorwurf gemacht hat, aber — wie ich auch hier gleich vorwegnehmen will — nach meiner Meinung mit großem Unrecht. — In der gleichen Weise vermag die Young-Helmholtz'sche Farbentheorie auch die Empfindung des Blauen aus dem Zusammenwirken zweier verschiedener Nervenapparate zu erklären, indem sie die grün- und die violettempfindenden Fasern gleich stark erregt werden lässt. Hiergegen hat man nun eingewendet, es sei doch Violett etwas viel complicirteres als blau; es sei entschieden eine Verkehrtheit die einfache Empfindung blau aus dem Zusammenwirken von violett und grün zu erklären, da es doch viel einfacher sein würde, das Violett aus dem Zusammenwirken von rot und blau zu erklären. Wir wollen diesen Einwand indess hier nur angedeutet haben und seine Beantwortung auf eine spätere Zeit verschieben.

Dass wir also überhaupt alle Farben sehen, lässt sich aus der Young-Helmholtz'schen Theorie ohne Schwierigkeit erklären. Nun gibt es aber gewisse Farben in der Farbenskala, die in ganz besonderer Beziehung zu einander stehen, indem sie einander zu weiß ergänzen. Auch dies ist aus der Young-Helmholtz'schen Theorie ebenso leicht zu erklären; ebenso die Tatsache, dass jedes farbige Licht von sehr großer Intensität nicht in seiner Farbe, sondern weiß erscheint.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Erklärung der Nachbilder aus dieser Theorie geworden. Wenn man einen roten Gegenstand längere Zeit angesehen hat und nachher auf eine graue Fläche blickt, so sieht man bekanntlich ein Bild, welches dem betrachteten roten Gegenstand geometrisch ähnlich ist, aber in der complementären Farbe,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in diesem Falle also blaugrün, erscheint. Dies erklärt sich nach der Young-Helmholtz'schen Theorie einfach durch die Annahme, dass die rot empfindenden Fasern dadurch ermüdet worden sind, dass rotes Licht auf sie gefallen ist, während die übrigen Fasern dadurch sehr wenig erregt, also auch wenig ermüdet worden sind. Betrachtet man dann an sich weißes Licht, welches nach der Voraussetzung von Young und Helmholtz alle Fasergattungen der Netzhaut gleich stark, oder graues Licht, welches sie alle gleich schwach erregt, nicht mit einer ausgeruhten, sondern mit einer Netzhaut, in welcher die rot empfindenden Fasern ermüdet, während die grün und violett empfindenden Fasern noch frisch sind, so wird das weiße Licht natürlich die grün und violett empfindenden Fasern stärker erregen, als die rotempfindenden und man wird das Nachbild in der complementären Farbe sehen. Auf die große Anzahl derartiger Details, welche durch diese Theorie ihre Erklärung gefunden haben und welche einen großen Teil der physiologischen Optik ausmachen, kann hier indess nicht eingegangen werden. — Ebenso hat sich eine merkwürdige pathologische Erscheinung aus dieser Theorie erklärt, und zwar ist es Helmholtz selbst gewesen, der auf das häufige Vorkommen dieses pathologischen Zustands, der Farbenblindheit, aufmerksam gemacht, sie genau studirt und ohne Weiteres und mit Fug und Recht als Stütze für seine Theorie verwertet hat. — Die weitaus größte Menge der farbenblinden Männer — farbenblinde Frauen gibt es bekanntlich nur äußerst wenige — besteht aus Rotblinden, d. h. solchen, denen nach der Ansicht von Helmholtz, die rotempfindenden Fasern fehlen. Diese Menschen haben also nur zwei Grundfarben und eine Menge zwischen ihnen liegender Uebergangsfarben, je nachdem durch eine bestimmte Lichtart die eine oder die andere der beiden bei ihnen vorhandenen Fasergattungen stärker erregt wird. Sie sehen ferner an einer Stelle des Spectrums, an der andere Menschen eine Farbe sehen, einen neutralen, also grauen Streifen; das ist eben jene Stelle des Spectrums, deren Licht die beiden bei ihnen vorhandenen Fasergattungen gleich stark erregt. Da nun grün und violett die beiden Farben sind, für welche die Fasern bei solchen Leuten vorhanden sind, so sieht ein solcher Mensch das eine Ende des Spectrums grün, das andere violett, und diese beiden Farben gehen durch einen unbestimmten Ton in einander über, welcher zwar eine gewisse Helligkeit, aber weder die eine noch die andere Farbe hat. Folglich gehen jene beiden Farben in einander über durch einen Ton, welchen diese Leute fortwährend mit grau verwechseln, weil eine graue Fläche ihre beiden Fasergattungen ebenfalls gleich stark erregt. Sie verwechseln deshalb jene Farbe, die für uns grünblau ist, fortwährend mit dem Roten und auch mit dem Grauen.

In ähnlicher Weise lassen die Tatsachen der Grün- und Violettblindheit sich aus dieser Theorie sich erklären.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nun dürfte es wol allgemein bekannt sein, dass vor mehreren Jahren unser ausgezeichneter Prager Physiolog Hering[1]) eine neue Farbentheorie angegeben hat, welche, wie Alles, was von diesem Forscher kommt, originell, geistreich, ja, man kann sagen, genial ist.

Sie ist genial in der Einfachheit, mit welcher sich aus ihr leicht eine große Menge von Phänomenen erklären läßt und durch eine gewisse frische Auffassung der Natur. Sie hat so sehr den Charakter des Einfachen und leicht Verständlichen an sich, dass sie die Gunst der Ophthalmologen im Fluge sich erworben hat. Etwas zurückhaltender sind die Physiologen gewesen, und es haben sich in letzter Zeit solche Bedenken gegen diese Theorie geltend gemacht, dass ich glaube, die Zeit sei noch ferne, da man die Farbentheorie von Young-Helmholtz als etwas Erledigtes beiseite lassen könnte. Vielmehr wird man nach meiner Ueberzeugung auf jede Tatsache besonderes Augenmerk richten müssen, die zu einer Entscheidung zwischen beiden Theorien sich verwerten lassen könnte und man wird vor Allem die Young-Helmholtz'sche Theorie nicht eher verlassen dürfen, als bis es gewiss ist, dass sich dieselbe durch die Hering'sche mit wesentlichem Vorteil ersetzen lässt.

Diese geht eben von der Einfachheit wie von einem Princip aus, indem sie sagt: Es gibt doch nichts Einfacheres, als weiß und schwarz; und um dies zu erklären, musstet Ihr drei Fasergattungen annehmen? Ebenso sind rot, gelb, grün, blau einfach, wie schon daraus hervorgeht, dass man ihnen in der Sprache eigene Namen — in der deutschen Sprache sogar einsilbige — gegeben hat, während man die übrigen nur durch Vergleich mit Naturgegenständen bezeichnet, z. B. mit einer Pommeranze (orange) oder mit einem Veilchen (violett). Gegen diese Behauptung lässt sich nichts einwenden; nur muss man im Auge behalten, dass kein Grund vorliegt, zu glauben, bei der Construction der Natur sei auf ihre Verständlichkeit für uns besondere Rücksicht genommen. Dass also eine Erklärung complicirt ist, ist noch kein Argument dafür, dass sie unrichtig ist. Man darf nicht vergessen, dass „Einfachheit" in Hering's Sinn nichts Anderes ist, als Leichtverständlichkeit für uns.

Ein anderes ist es, wenn behauptet wird, die Empfindung gelb sei eine einfache Empfindung, und es sei unrichtig zu behaupten, dass sie aus rot und grün zusammengesetzt sei. Wenn man Jemand die Frage vorlegt, ob seine Empfindung von gelb aus den Empfindungen von rot und grün zusammengesetzt ist, so wird jeder unbefangene Mensch mit Nein antworten und behaupten, wenn er etwas gelbes ansehe, so sehe er ebennur gelb, und nicht rot und grün. Wenn auch dieser Grund ohne Weiteres sich nicht abweisen lässt, so ist er doch nicht einwandfrei. Fragt man einen Menschen, was er eine einfache

1) Wien. akad. Sitzungsber. LXIX, 179; LXX. 169.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bewegung nennt, und ob eine wesentliche Complication zur Bewegung des Arms im Ellbogengelenk notwendig sei, so wird er sagen: eine einfachere Bewegung als die Bewegung des Arms im Ellbogengelenk gibt es nicht; das ist eine einfache Bewegung. Er hält diese Bewegung für einfach, weil er sie sich als einen einfachen Willensakt vorstellt, von keiner Complication weiß, die zwischen Intention und Ausführung liegt und nur die letztere, ihm als etwas einfaches erscheinende, kennt. Nichtsdestoweniger wissen Sie, dass zwischen diesen einfachen Dingen ein sehr complicirter physiologischer Process liegt, dass verschiedene Nerven, verschiedene Muskeln in Anspruch genommen werden, dass also zwischen dem einfachen Willensakt und seiner einfachen Ausführung eine sehr complicirte Reihe von vielfachen anatomischen Apparaten und physiologischen Vorgängen liegen kann. Ebenso ist es nicht notwendig, dass zwischen einer einfachen Wellenlänge und einer einfachen Farbenempfindung auch nur ein einfacher physiologischer Process eingeschaltet ist, sondern es kann ein Process von beliebiger Complication eingeschaltet sein, ohne dass wir es bemerken. Denn wir sind so gebaut, dass wir von den physiologischen Details, die unser Leben bedingen und ausmachen, nichts erfahren. Dass also Gelb und Blau uns einfach vorkommen, ist kein Grund dafür, dass ihr Gesehenwerden in Wirklichkeit auf einem einfachen physiologischen Process beruht.

Hering's Theorie behauptet nun, dass wir irgendwo eine Sehsubstanz haben — man muss ausdrücklich irgendwo sagen, weil er sich streng dagegen verwahrt, dieselbe mit Bestimmtheit in die Netzhaut zu verlegen — dass also irgendwo in dem Nervenapparat, den wir zum Sehen brauchen, mehrere Substanzen verteilt sind, welche durch die Einwirkung des Lichts verschiedene Veränderungen erfahren. Am einfachsten ist dies zu verstehen, bezüglich dessen, was Hering schwarzweiße Sehsubstanz nennt. Er sagt, es gibt eine Substanz von der Beschaffenheit, dass, wenn sie aus den nächsten chemischen Constituenten aufgebaut wird, wir die Empfindung schwarz haben, wenn sie aus irgend einem Grund zerfällt, wir die Empfindung weiß haben. Mit andern Worten: Dissimilirung dieser Substanz gibt weiß, Assimilirung derselben gibt schwarz. Diese „schwarz-weiße" Substanz wird, wenn Licht irgend eines Grades und irgend einer Art auf sie fällt, immer teilweise zerlegt, und dieser Process bedingt dann, dass wir weiß sehen. Fällt weißes Licht auf sie, so sehen wir es als solches. Fällt farbiges Licht ein, so hat es, von welcher Farbe es immer sein mag, allemal auch eine dissimilirende Wirkung auf die schwarzweiße Sehsubstanz, bedingt die Helligkeit (besser Weißlichkeit) der gesehenen Farbe. Diese Substanz ist, wie Alles im menschlichen Körper im stetigen Wechsel begriffen, im Stoffwechsel, und hierauf beruht es, dass, wenn wir die Augen schließen, wir ein mittleres Grau sehen. Hering nennt es so, ebenso wie er den Zustand, in welchen unsere Augen kommen, wenn

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wir schwarz sehen, ein mittleres Grau nennt, wenn Assimilation und Dissimilation gleich stark sind. Dass diese Behauptung gegen die Natur spricht, auf die er sich so gern beruft, darüber hat Hering geschwiegen. Wirkliches Schwarz zu sehen — sagt er — dazu gibt es auf der Erde überhaupt kein Mittel.

Ebenso wie diese schwarzweiße gibt es auch eine rotgrüne und eine blaugelbe Substanz. Wird die rotgrüne aufgebaut, sehen wir rot, wird sie zerlegt, sehen wir grün (oder umgekehrt). Doch wirkt, wie gesagt, farbiges Licht immer auch auf die schwarzweiße Substanz ein. — Einer der Hauptvorteile der Hering'schen Theorie ist, dass jene merkwürdige Tatsache, die ich bereits aus der Young-Helmholtz'schen Theorie erklärt habe, sich aus ihr einfacher erklären lässt. Wenn Menschen, welche rotblind sind, immer grün mit grau verwechseln, so fehlt ihnen nach Hering die rotgrüne Sehsubstanz; es ist also natürlich, dass sie auch nicht grün sehen, wenn sie rot nicht sehen. Die rotgrüne Sehsubstanz der Hering'schen Theorie ist eine Substanz, welche zwei einander complementäre Farben in unserm Bewusstsein hervorruft[1]), nämlich einmal — wenn sie aufgebaut wird — die rote und das anderemal — wenn sie zerlegt wird — die der roten complementäre blaugrüne, d. h. eine Farbe, welche an einer bestimmten Stelle im Spectrum liegt. Diese Farbe müssen also die Rotgrünblinden verwechseln sowol mit rot wie mit grau. Wenn man aber einen Farbenblinden fragt — und ich habe das selbst versucht und genau geprüft —, welchen Teil des Spectrums er für ungefärbt hält, so findet man nie jenen Teil des Spectrums, welcher zu dem Roten complementär ist, der ihm nach Hering's Theorie fehlen müsste, sondern jenen Teil des Spectrums, in welchem sich nach der Young-Helmholtz'schen Theorie die beiden andern Farbenkurven schneiden; es fehlt ihm also jene Farbe, die von Helmholtz als fehlend postulirt wird.

Es ließe sich noch Vieles über die Hering'sche Theorie und über die Schwierigkeiten, die sie darbietet, sagen. Es ist nach Helmholtz sehr begreiflich, dass es Menschen gibt, die rotblind sind, andere, die grünblind, andere die violettblind sind. Wieder Andern fehlen zwei Fasergattungen; diese Menschen haben dann ein monochromatisches (graues) Sehen, weil sie eben nur eine Art von Nervenfasern haben. Fehlen ihnen alle drei Fasergattungen, so sind sie ganz blind. Hering stellt nebeneinander die schwarz-weiße, die blau-gelbe und die rot-grüne Sehsubstanz. Er kennt Menschen, denen die rotgrüne Substanz fehlt (die Rotgrünblinden); andere denen die blaugelbe Substanz fehlt (die Blaugelbblinden). Man kann nun aber mit Recht fragen, warum er glaubt, dass Menschen nie die schwarz-

1) Sind Assimilation und Dissimilation in der rot-grünen Substanz gleich stark, so sehen wir grau oder weiß.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

weiße Substanz fehlt, oder wie diese Menschen sehen sollten? Diese müssten die Dinge alle farbig sehen, aber ohne Grad von Helligkeit. Es scheint mir überhaupt ganz besonders unsern Empfindungen zu widerstreiten, dass wir die Helligkeit als eigene Sinnesqualität ansehen sollen, die von der Farbe ganz verschieden, ganz getrennt ist. Wir sind gewöhnt, Helligkeit als Grad der Farbe anzusehen, nicht als eigene Qualität.

Durch alle diese und sehr viel andere besonders in letzter Zeit häufig angestellte Erwägungen ist aber eine Entscheidung über die größere oder geringere Berechtigung der einen oder der andern Theorie nicht zu gewinnen gewesen, und es haben sich deshalb Viele bemüht, zu einer wirklichen Entscheidung, zu einem experimentum crucis zu gelangen.

Gerade in der allerletzten Zeit sind wieder einige hierhergehörige Publikationen erschienen; doch muss ich — obwol sich unter den Autoren sehr bedeutende Namen befinden und in den Publikationen sehr wichtige und interessante Dinge mitgeteilt sind — doch sagen, dass ich ein experimentum crucis, welches zwingen würde, sich wenigstens einstweilen für die eine oder die andere Theorie zu entscheiden, nur in zwei Abhandlungen gefunden habe, über welche ich noch kurz referiren möchte.

Die eine dieser Abhandlungen ist schon vor mehrern Jahren erschienen und hat Herrn v. Kries zum Verfasser (Arch. f. Physiol. 1878. S. 503). — Diese Arbeit ist in eine etwas complicirte Form gekleidet; sie beginnt gleich mit einem System von Gleichungen, und ich glaube gerade, dass diese mathematische Ausdrucksweise vielleicht Manchen abgehalten hat, die Abhandlung genau durchzulesen und ihren wertvollen Inhalt zu benützen. Prof. v. Kries sagt: Wenn ich einen roten Gegenstand ansehe und meine Netzhaut dadurch für rot ermüde, so wird das nach Young's Theorie, sobald ich später einen grauen Gegenstand ansehe, ein blaugrünes Nachbild abgeben, und zwar wird es dabei gleichgültig sein, ob dieser graue Gegenstand eine Mischung von weißem und schwarzem Pulver ist, oder eine Mischung von schwarzen und weißen Sectoren einer Scheibe, welche rasch gedreht wird; oder ob ich dieses Grau dadurch erzeugt habe, dass ich eine mit allen Farben des Spectrums versehene Scheibe rasch drehe. Es ist also ganz gleichgiltig, auf welche Weise das Grau der Fläche erzeugt und zusammengesetzt ist; sobald ich sie mit einem für rot ermüdeten Auge ansehe, werden die andern Fasern erregt, und ich sehe ein blaugrünes Nachbild. Das ist aber nicht ebenso der Fall, wenn die Hering'sche Theorie unserer Betrachtung zu Grunde gelegt wird. Wenn wir dies tun, so muss nach Kries der Erfolg ein anderer sein, je nachdem die graue Fläche grau ist, weil sie aus weiß und schwarz zusammengesetzt ist; oder grau ist, weil sie aus einem andern Paar von Farben zusammengesetzt ist, welche zusammen eben dieses Grau geben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Denn wenn ich ein für rot ermüdetes Auge von einem grauen Licht beeinflussen lasse, welches aus weiß und schwarz besteht, so wird die rot-grüne Sehsubstanz dadurch beeinflusst. Betrachte ich aber eine Fläche, die grau ist, weil sie aus blau und gelb zusammengesetzt ist, so wird das Grau auf meine rot-grüne Sehsubstanz nicht einwirken, und es ist nicht der mindeste Grund dafür vorhanden, warum ich ein grünes Nachbild sehen soll. Wenn man nun Versuche anstellt, so sieht man allerdings, dass kein Unterschied in den Einwirkungen einer wirklich grauen und einer aus blau und gelb gemischten Fläche besteht, falls man die Flächen so einrichtet, dass sie in einer Linie aneinanderstoßen. Diese beiden Flächen werden zuerst ganz gleich grau hergerichtet und dann werfen Sie auf diese beiden Flächen, da wo sie aneinanderstoßen, den Teil Ihres Sehfeldes, auf welchem das grüne Nachbild von einem roten Kreise erscheint, den Sie vorher angesehen haben. Dann sehen Sie, dass das grüne Nachbild über beide Flächen in gleicher Weise weggeht. Das ist aber das Resultat der Helmholtz'schen Theorie und spricht wider die Hering'sche Theorie. Hering hat auf die Einwände, die gegen seine Theorie gemacht werden, noch nicht geantwortet; aber dies muss eben abgewartet werden und es ist nicht ausgeschlossen, dass er einen Ausweg und eine Verteidigung gegen diesen Einwand zu finden wisse; einstweilen steht v. Kries' Argument unangefochten da.

Ich komme nun zu den Abhandlungen, über die Macé und Nicati in der französischen Akademie der Wissenschaften Vorträge gehalten haben, welche in den Comptes rendus wiedergegeben sind und zwar in den Berichten über die Sitzungen vom 27. X. 79; 31. V. 80; 11. X. 80; 27. XII. 80; 13. VI. 81.

Diese scheinen uns für die ganze Lehre vom Sehen der Farben überhaupt außerordentlich wichtig zu sein. Unter Anderm geht aus ihren Versuchen ein Resultat hervor, welches ich mit den Voraussetzungen der Hering'schen Theorie für unvereinbar halten muss. Die Art, wie diese beiden Herren ihre Versuche angestellt haben, ist so einfach und überzeugend, dass sie geradezu als mustergiltig hingestellt werden kann. Zunächst stellten sie sich die Aufgabe, zu erforschen, wie groß die Helligkeit ist, mit welcher wir die einzelnen Teile des Sonnenspectrums sehen, und zwar haben sie sich zur Festsetzung dieses Werts keiner complicirten photometrischen Methode bedient, sondern die Helligkeit an dem gemessen, woran sie gemessen werden muss, wenn sie zur Entscheidung in solchen Fragen benützt werden soll — nämlich direkt an dem Auge. Sie haben die Sehschärfe am normalen Auge bei Beleuchtung des Objekts mit verschiedenen Teilen des Spectrums gemessen. Sie haben die Sehschärfe, welche ein normales Auge hat, wenn es einen Gegenstand mit dem hellsten Teil des Sonnenspectrums, nämlich mit dem gelben, beleuchtet ansieht, gleich 1000 gesetzt. Dann haben sie die Sehschärfe,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

welche man hat, wenn man dasselbe Objekt nicht mit dem gelben, sondern mit dem roten Teil des Spectrums beleuchtet, gemessen und diese z. B. für das äußerste Rot ausgedrückt durch die Zahl 15.

Der Apparat, dessen sie sich zu ihren Messungen bedienten, bestand aus einem Spalt, durch welchen das Sonnenlicht eingelassen wurde, einem Prisma, in welchem das Licht zerlegt wurde und aus einem zweiten Spalt, durch welchen sie nur denjenigen Teil des Lichts durchließen, den sie auf das Objekt fallen lassen wollten. Mit diesem Teil des Spectrums haben sie dann einfach ein Fixationszeichen, eine Mire beleuchtet. Diese bestand aus drei, millimeterbreiten Streifen, welche in Millimeterabstand von einander vor weißem Grunde gelegen waren. Die Mire wurde nun z. B. mit rotem Licht beleuchtet, während die Beobachter in bestimmter Entfernung von derselben sich befanden. Dann wurde die Gesammtmenge des auf das Prisma auffallenden Lichts so lange verändert, bis die Beobachter eben mit Deutlichkeit das Zeichen sahen; die Einstellung des Apparats, von der das Lichtmaß abhing, wurde gemessen, und diese Messungen für eine ganze Reihe von Versuchen ausgeführt, und zwar an verschiedenen normalsichtigen Individuen. Sie haben nun zunächst z. B. für rotes Licht, welches etwa der Fraunhofer'schen Linie *C* entspricht, eine Sehschärfe gleich 111 gefunden, also etwa den zehnten Teil des Werts, den man bekommt, wenn man dasselbe Objekt mit eben so viel gelbem Licht beleuchtet. Für das Licht, welches der Wellenlänge *D* entspricht, fanden sie die Sehschärfe gleich 768 (für ein Licht, welches nicht gerade durch eine Fraunhofer'sche Linie bezeichnet werden kann, hatten sie, wie schon oben bemerkt, 1000 gesetzt); für die Fraunhofer'sche Linie *E*, welche für grün als charakteristisch angesehen wird, bestimmten sie eine Sehschärfe gleich 314; für *F* im Blau eine Sehschärfe gleich 42 und für die Linie *G*, die tief im Violetten liegt, eine Sehschärfe gleich 0,2. Die Sehschärfe im violetten Licht ist also außerordentlich gering, wie übrigens jeder weiß, der sich mit solchen Versuchen beschäftigt.

Dieselben Versuche haben nun beide Forscher auch mit farbenblinden Menschen angestellt. Auf diese Weise musste sich herausstellen, ob Rotblinde auch grünblind sind oder nicht. Denn wenn Jemand rotgrünblind ist, muss bei ihm nicht nur die Sehschärfe für das Rote außerordentlich viel geringer sein als bei normalsichtigen Menschen, sondern auch die Sehschärfe für das Grüne, da ihm die rotgrüne Sehsubstanz fehlt, welche zerlegt werden könnte.

M. und N. nahmen nun drei Rotblinde und einen Grünblinden für ihre Versuche, und legten für jeden eine Liste seiner Sehschärfen bei verschiedenen Spectralfarben an. Die Ziffern dieser Listen sind Verhältnisszahlen, bezogen auf die Sehschärfen normalsichtiger Personen für dieselben Farben; so dass, wenn der Untersuchte selbst normalsichtig für Farben wäre, seine Liste aus lauter Einern zu bestehen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hätte. Ist aber z. B. seine Sehschärfe für eine Farbe = 100, für welche die Sehschärfe des normalen Auges = 300 ist, dann kommt in der Liste für diesen Farbenblinden zu der untersuchten Farbe die Zahl $^1/_3$ zu stehen; er hat eben für dieses Licht nur ein Drittel der normalen Sehschärfe.

Wenn ich nun hier einen Auszug aus diesen Listen mitteile und für den einen der Untersuchten zur Linie *C* die Zahl 0,143 schreibe, so sagt dies, dieser Mensch hat für rotes Licht, von der Wellenlänge *C* eine Sehschärfe, die ungefähr den siebenten Teil so groß ist, als die Sehschärfe eines normalsichtigen Menschen. Für Licht von der Wellenlänge *D* hatte dieser Mann auch nicht eine Sehschärfe 1 sondern 0,5; für Licht von der Wellenlänge des grünen Lichts die Sehschärfe 1,7. Diese einzige Zahl beweist schon, dass dieser Mann nicht seiner rot-grünen Sehsubstanz verlustig war, sondern dass er sogar für grünes Licht viel empfindlicher war, als ein normalsichtiger Mensch. Derselbe Mensch hatte für blaues Licht von der Linie *F* die Sehstärke 3,1 und für violettes Licht bei der Linie *G* finden wir sogar die Sehschärfe 5 angegeben. Ich möchte diesen Zahlen keinen absoluten Wert beimessen, weil es bei farbigem Licht, wie es hier beobachtet ist, schwer ist, sich nicht um große Beträge zu irren, aber das unterliegt keinem Zweifel, dass dieser Rotblinde Grün heller gesehen hat, als wir es sehen; dass man also die Irrtümer in seinen Farbenangaben nicht aus dem Fehlen einer rot-grünen Substanz bei ihm erklären kann.

Der Zweite von den Leuten hatte

für rot (*C*) die Sehschärfe	= 0,2
für die Linie *D*	= 0,7
„ „ „ *E*	= 2,8
„ „ „ *F*	= 3,0

Noch weiter gegen das brechbare Ende des Spectrums zu nimmt seine verhältnissmäßige Sehschärfe wieder ab. Analog sind die Zahlen für den dritten Rotblinden.

Der Grünblinde hatte für Licht von der Wellenlänge *C* eine Sehschärfe, welche 2,7 mal so groß war, als die eines normalsichtigen Menschen, dafür war seine Sehschärfe für gelbes Licht nur 0,5, für grünes Licht 0,2, für violettes hingegen wieder 2,1.

Das ist ein außerordentlich wichtiges Resultat. Die Herren M. und N. sind sich dessen vollkommen bewusst, dass diese Zahlen mit der Hering'schen Theorie absolut unvereinbar sind, und sie sagen das auch mit emphatischen Worten. Sie unterlassen es aber einstweilen, auf eine naheliegende Deutung aus der Helmholtz'schen Theorie hinzuweisen, wenngleich ich nicht zweifle, dass die Herren Macé und Nicati auch auf diese Deutung verfallen sind. Man kann nämlich annehmen, dass die Rotblinden nicht einfach keine rotempfindenden Fasern gehabt haben, sondern vielmehr dass die Fasern,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

welche bei normalsichtigen Menschen rotempfindend gewesen wären, bei ihnen, je nachdem, bei dem Einen ganz zu den grünempfindenden geschlagen oder bei dem andern zu den violett empfindenden oder in irgend einer Weise sonst zwischen Grünempfindung und Violettempfindung ausgeteilt worden sind. Dafür spricht auch, dass der rotblinde Mann für violettes Licht so empfindlich war. Endlich ist es sehr auffallend, dass der Farbenblinde, der für Grün eine so geringe Entscheidung hatte, für die beiden andern von Helmholtz als Grundfarben gewählten Farben eine so übermäßige Empfindlichkeit hatte.

Ich bin nicht der Meinung, dass man aus diesen Daten ohne Weiteres auf die Unhaltbarkeit der Hering'schen Theorie schließen kann, ebenso wenig, wie ich der Meinung war, dass man aus den Erörterungen von Prof. v. Kries ohne Weiteres ein Verdammungsurteil über die Hering'sche Theorie aussprechen darf. Hering hat nur in vorläufigen Mitteilungen seine Ansichten dargelegt, es ist daher noch abzuwarten, was er auf alle diese Einwände antworten wird. Immerhin aber glaube ich zu der Behauptung berechtigt zu sein, dass bis jetzt weder die Helmholtz'sche Theorie widerlegt, noch aber die Hering'sche bewiesen ist.

E. v. Fleischl (Wien).

R. Owen, On the ova of the Echidna hystrix.

Philos. Trans. Roy. Soc. London, vol. 171. 1881. pt. III. p. 1051—1054. pl. 39.

Owen hat durch Dr. G. Fr. Bennett in Sidney 4 Hinterkörper von *Echidna hystrix* erhalten; zwei derselben waren trächtig. Bei dem einen, am 30. August 1879 gefangenen Exemplar enthielt der linke Uterus 3 Eier von $2^1/_2$, 4 und 6 Mm. Durchmesser, während der rechte leer war. Die Eier waren nur durch Schleim an der weichen, dicken Uteruswand befestigt. Bei dem andern Exemplar, das am 14. September 1879 gefangen war, enthielt nur der rechte Uterus 1 Ei von 6 Mm. Durchmesser. Vom Embryo war in keinem der Eier eine Spur zu erkennen; Verf. deutet eine Spalte an der einen Seite des letzterwähnten Eies als erste Furche und sieht darin einen Beweis dafür, dass *Echidna* vivipar sei. Außerdem betont er die Zunahme der Größe des Eies vor der Entwicklung, wie er sie in ähnlicher Weise bei *Ornithorhynchus* beobachtet hat.

J. W. Spengel (Bremen).

Berichtigungen.

In Nr. 14 S. 426 Z. 12 von unten lies: Oenus statt Venus.
In Nr. 15 S. 461 Zeile 1 u. 2 von unten streiche die Kommata.
In Nr. 15 S. 480 lies in der „Erklärung": Autoreferat statt Autorreferat.

Einsendungen für das „Biologische Centralblatt" bittet man an die **„Redaction, Erlangen, physiologisches Institut"** zu richten.

Verlag von Eduard Besold in Erlangen. — Druck von Junge & Sohn in Erlangen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Fleischl Ernst von Marxov

Artikel/Article: Ueber die Theorien der Farbenwahrnehmung 499-512