

Kritik einer Abhandlung von Donders „Über Farbensysteme.“

Von EWALD HERING, Professor der Physiologie in Prag.

In meinen Mittheilungen über eine neue Theorie des Lichtsinnes habe ich die Absicht ausgesprochen ¹⁾, später eine ausführliche Darstellung der Theorie zu geben, und in Hinblick auf diesen meinen Plan habe ich es bisher unterlassen, die verschiedenen Angriffe zu beantworten, welche jene Theorie erfahren hat. Denn ich war der Meinung, dass im Laufe einer eingehenden und zusammenhängenden Darstellung die gegen die Theorie gemachten Einwendungen sich in einer für den Leser und für mich bequemer Weise erledigen lassen würden, als in einzelnen, aus dem Zusammenhange gerissenen kritischen Erörterungen.

Wenn ich dem Vorsatze, jede Kritik der erhobenen Bedenken vorerst zu unterlassen, jetzt untreu werde, so geschieht es, weil ich nicht mehr vereinzelt Einwendungen seitens der Anhänger der Young-Helmholtz'schen Theorie gegenüberstehe, sondern einem Versuche, letztere Theorie mit der meinigen zu verschmelzen und zu diesem Zwecke beide Theorien wesentlich zu modificiren.

Ich will gleich von vornherein bemerken, dass ich diesen von Donders gemachten Versuch als einen misslungenen bezeichnen muss. Bei der Kritik desselben werde ich mich im Wesentlichen an die Abhandlung von Donders „*Ueber Farbensysteme*“ ²⁾ halten, welche mir im Separatabdrucke vorliegt. Nebenbei werde ich auch eine kleine Abhandlung in französischer Sprache berücksichtigen: *Remarques sur les couleurs et la cécité des couleurs. Extrait de la communication faite par le prof. Donders à la section d'ophtalm. du congrès de Cambridge (août 1880).* Beide Schrifter

1) Sitzungsber. d. Wiener Akad. LXIX. Bd. III. Abth. 1874. §. 37 und Zur Lehre vom Lichtsinne. Wien Gerold's Sohn 1878. S. 106.

2) Separatdruck aus Graefe's Archiv für Ophthalmologie. Bd. XXVII. 1. Berlin bei Peters.

handeln übrigens zu einem grossen Theile von der Farbenblindheit, auf welche ich hier nicht näher eingehen werde, indem ich mir die kritische Erörterung des bezüglichen Abschnittes jener Abhandlungen vorbehalte.

Donders hat vorausgesetzt, dass seine Leser mit meiner Theorie ausreichend bekannt sind, und es deshalb unterlassen, dasjenige, was er von meiner Theorie angenommen hat, von dem zu scheiden, was er selbst hinzugethan. Die genauere Kenntniss meiner Theorie ist aber selbst in Deutschland wenig verbreitet, wie die neuere Literatur der physiologischen Optik zur Genüge zeigt. Nur in zwei Punkten hat Donders seine Uebereinstimmung mit mir hervorgehoben: er erwähnt zustimmend, dass ich mit Leonardo da Vinci, Aubert und Mach vier einfache Farben annehme, und dass ich mit Mach diesen vier Farben vier qualitativ verschiedene psychophysische Processe entsprechen lasse. Hier handelt es sich, wie man sieht, nicht um Gedanken, die von mir zuerst ausgesprochen worden sind. Auch ist nicht die Annahme von vier einfachen Farben für meine Theorie charakteristisch, sondern meine Begründung dieser Annahme, und nicht die Annahme von vier verschiedenen, den einfachen Farben entsprechenden psychophysischen Processen, sondern die Annahme je zweier antagonistischer Processe für jedes der beiden Farbenpaare. Im Uebrigen erwähnt Donders meine Theorie nur, um sie zu bekämpfen und bemerkt an einer Stelle sogar: „Pour mon compte, je crois que Hering n' a pas mieux réussi à combattre la théorie de Young qu'à en fonder une autre.“ Da hiernach der Irrthum entstehen könnte, es verwerfe Donders meine Theorie überhaupt und nicht blos einige Sätze derselben, so erscheint es mir nothwendig, zunächst das von ihm Unterlassene nachzuholen und auseinanderzusetzen, in welcher umfassender Weise er meiner Theorie beipflichtet.

I.

Donders nimmt die meisten Hauptsätze der Theorie der Gegenfarben an.

In §. 21 meiner Mittheilungen sagte ich: „Wenn es sich darum handelt, für die verschiedenen Eigenschaften unserer Empfindungen passende und strenge Begriffe und Bezeichnungen zu erhalten, so ist das erste Erforderniss, dass man diese Begriffe

lediglich aus den Empfindungen selbst abziehe und es streng vermeide, die Empfindung mit ihren physikalischen oder physiologischen Ursachen zu verwechseln, oder irgend ein Princip der Eintheilung dem Gebiete der letzteren zu entnehmen.“ Dass mit diesen Worten etwas jenerzeit durchaus Nothwendiges und keineswegs etwas gesagt war, was schon klar im Bewusstsein der damaligen Physiker und Physiologen gestanden hätte, bezeugt die damalige Literatur der physiologischen Optik. Donders stellt sich nun ebenfalls auf den von mir eingenommenen Standpunkt: „nicht die Lichtsorte, sagt er, sondern die Empfindung hätte als Criterium von *einfach* gelten müssen; das vergesse man nicht, wenn man das Gelb aus der Reihe der einfachen Farben verbannen wollte“, weil es nach Young-Helmholtz aus zwei Grundfarben gebildet werden soll. Demnach nimmt jetzt Donders ebenfalls ausser Schwarz und Weiss nur vier „einfache Farben“ an, nämlich Roth, Gelb, Grün und Blau, und ordnet mit mir und im Gegensatze zu Chevreul sämmtliche Farbentöne auf dem Farbenkreise so, dass je zwei „Complementärfarben“ sich diametral gegenüber liegen; er lässt Schwarz als besondere Empfindung gelten, gibt zu, dass Gelb eine einfache Empfindung ist, Violett und spectrales Roth aber zusammengesetzt sind, ersteres aus den einfachen Empfindungen Roth und Blau, letzteres aus den einfachen Empfindungen Roth und Gelb — wie ich dies alles §. 21 und 38 meiner Mittheilungen auseinandergesetzt habe. Mit alledem stellt sich Donders gleich mir in offenen Widerspruch zur Helmholtz'schen Theorie, welche nur drei einfache Gesichtsempfindungen kennt, nämlich spectrales Roth, Grün und Violett, dagegen alle übrigen, mithin auch Gelb, reines Roth und Weiss, als zusammengesetzte Empfindungen ansieht.

Nur daran, dass Donders von „Sättigungstönen (Mischungen mit Weiss)“ und von den „Graden der Lichtstärke (Mischungen mit Schwarz)“ der einzelnen „Tinten“ oder Farbentöne spricht, erkennt man, dass er sich noch nicht vollständig in die neue Anschauungsweise eingelebt hat. —

In §. 25 habe ich erörtert, „dass wir aus der Art und dem Verlaufe unsrer Gesichtsempfindungen zunächst nur Schlüsse machen können auf den Verlauf der psychophysischen Processe, welche in der Sehsubstanz ablaufen; denn mit diesen sind die Empfindungen unmittelbar und gesetzmässig verknüpft zu denken.“

„Unsre ganze Psychophysik fusst auf der Annahme, dass zwischen physischem und psychischem Geschehen ein gewisser Parallelismus bestehe, und dass insbesondere verschiedenen Qualitäten der Empfindung auch verschiedene Qualitäten oder Formen des psychophysischen Geschehens entsprechen.“ Ich citirte die Worte Machs: „Jedem Psychischen entspricht ein Physisches und umgekehrt. *Gleichen* psychischen Processen entsprechen *gleiche* physische, ungleichen ungleiche. Allen Details des Psychischen correspondiren Details des Physischen.“ Aber während Fechner annahm, dass die Empfindung nur dem Logarithmus des psychophysischen Geschehens proportional sei, habe ich mit Mach die directe Proportionalität zwischen beiden zur Voraussetzung meiner ganzen Erörterungen gemacht, und auf Grund dieser Voraussetzung ein neues psychophysisches Gesetz aufgestellt.

Die Young-Helmholtz'sche Theorie hat die Beziehungen zwischen der Lichtempfindung und der psychophysischen Bewegung weder betont noch erörtert, und im Handbuche der physiologischen Optik von Helmholtz ist lediglich das von Fechner aufgestellte Gesetz der Beziehung zwischen *Reiz* und Empfindung besprochen.

Donders hat nun auch die Nothwendigkeit erkannt, zuerst die nächste Ursache der Empfindung, nämlich den psychophysischen Process zu erörtern. Er sagt (S. 18): „In jedem psychophysischen Prozesse hat man, so lange von dergleichen Processen die Rede war, so nicht Einheit, doch absolute Correspondenz des psychischen und physischen Elements angenommen.“ „Von den Empfindungen“, sagt Donders weiter, „im Verband mit den Bedingungen ihres Entstehens, entlehnen wir unsere Vorstellungen über die psychophysischen Prozesse und ihren Zusammenhang.“ Demnach postulirt er, ebenso wie ich, für die vier einfachen Farben vier entsprechende „spezifische Prozesse, Schwarz und Weiss nicht inbegriffen.“

Nach einer kurzen Erörterung der ihm wahrscheinlichen Localisation der Sehsubstanz im Gehirne kommt Donders zu dem Schlusse, dass die den verschiedenen Gesichtsempfindungen entsprechenden psychophysischen Prozesse nicht an entsprechend verschiedene Formelemente des Gehirnes geknüpft sind, sondern sämmtlich „in derselben Substanz, in demselben Formelement“ ablaufen.

Auch ich habe als Träger der fraglichen psychophysischen Processe eine Substanz angenommen, welche „in verschiedener Weise der chemischen Veränderung oder des Stoffwechsels fähig ist.“ Abgesehen also davon, dass Donders diese Substanz als centrale Substanz bezeichnet, während ich sie Sehsubstanz nannte, besteht auch hier keine Differenz zwischen Donders und mir.

In §. 27 sagte ich: „Wir müssen im nervösen Sehapparate eine Substanz annehmen, welche unter dem Einflusse des Lichtes eine Aenderung erleidet, und diese, möge sie sich physikalisch charakterisiren lassen, wie sie wolle, ist doch, wie die Nervenphysiologie annehmen muss, zugleich ein chemischer Vorgang. Hat die Einwirkung des Lichtes aufgehört, so kehrt die veränderte (mehr oder minder „ermüdete“) Substanz früher oder später in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Diese Rückkehr kann wieder nichts anderes sein, als eine chemische Aenderung in entgegengesetzter Richtung. Will man die unter dem directen Einflusse des Lichtes stattfindende chemische Veränderung der erregbaren Substanz als eine partielle Consumption auffassen, so muss man die Rückkehr zur früheren Beschaffenheit als eine Restitution bezeichnen, will man erstere als einen Spaltungsprocess, so muss man letztere als einen synthetischen Process ansehen etc.“

„Den letzteren Process, durch welchen die lebendige organische Substanz den durch Erregung oder Thätigkeit erlittenen Verlust wieder ersetzt, pflegt man auch als Assimilirung zu bezeichnen, und ich will diesen Ausdruck beibehalten. Bei der Erregung oder Thätigkeit bildet nun jede lebendige und erregbare organische Substanz nach allgemeiner Annahme gewisse chemische Producte. Das Entstehen dieser chemischen Producte will ich analog als den Process der Dissimilirung bezeichnen.“

Donders acceptirt auch diese meine Auffassung, braucht jedoch nicht die Worte Dissimilirung und Assimilirung, sondern sagt statt dessen „Dissociation“ und „Neubildung der Moleküle.“ „Mit der Empfindung Weiss ist“, sagt er, „die vollständige Dissociation der Moleküle verbunden.“ „Schliesst man“ (nach längerer Einwirkung) „das Licht ab, dann geht die Empfindung allmählich in Schwarz über.“ — „Während dem steigt die Anzahl der Moleküle durch Ueberwiegen der Neubildung, und zeigt sich gesteigerte Neigung zur Dissociation an.“ Ich hatte gesagt, nach vorangegangener

Einwirkung und dem darauf folgenden Abschlusse des Lichtes überwiege die Assimilirung und also die derselben correspondirende Empfindung des Schwarz, durch diese Assimilirung werde wieder neue Sehsubstanz angebildet und infolge dessen steige die spontane Dissimilirung derselben; also mit anderen Worten ganz dasselbe, was Donders sagt.

„Endlich können“, fährt Donders fort, „Bildung und Verbrauch einander gleich werden.“ „Die Empfindung *nähert* sich dann dem Schwarz, während *vollständiges* Schwarz nur örtlich unter dem Einflusse des Contrastes vorkommt. In diesem Zustande hat die Empfindlichkeit ihr Maximum erreicht.“ Ich hatte gesagt, dass bei längerem Abschluss des Lichtes schliesslich Assimilirung und Dissimilirung wieder ins Gleichgewicht kommen, welchem Zustande jene Empfindung entspreche, die ich als neutrales Grau bezeichnet habe, und wobei die Empfindlichkeit der Netzhaut eine maximale sei. Auch hier also wieder eine durchgehende Correspondenz der Darstellung von Donders mit der meinigen; denn dass Donders die Empfindung, welche nach längerer Adaptation der Netzhaut eintritt, eine dem Schwarz genäherte Empfindung nennt, ich dieselbe als ein bestimmtes Grau bezeichne, ist hier unwesentlich. Ganz besonderes Gewicht aber muss ich darauf legen, dass Donders hier zwei Punkte aus meiner Theorie ohne Weiteres annimmt, welche ich mit als Cardinalpunkte derselben bezeichnen darf. Man hatte sich früher damit begnügt, von Erregungen oder Nervenprocessen zu reden, welche den verschiedenen Helligkeiten und den verschiedenen Farben entsprechen sollten; aber von dem Processe, welcher die Empfindung Schwarz bedingt, war nie die Rede gewesen. Man hatte sich damit begnügt, anzunehmen, dass die Empfindung des Schwarzen, betreffs dessen man sogar stritt, ob es eine Empfindung sei oder nicht, dem Zustande der Ruhe des Sehorgans entspreche. Erst ich habe hervorgehoben, dass gerade bei dauernder Netzhautruhe die Empfindung des eigentlichen Schwarz nicht vorkommt, dass mit zunehmender Adaptation der Netzhaut im Finstern vielmehr, wie man in jeder Nacht an sich selbst beobachten kann und Aubert in überzeugender Weise dargestellt hat, die schwarze Empfindung immer mehr gegen Helligkeitsempfindungen zurücktritt. Zweitens habe ich zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass das reine oder tiefe

Schwarz überhaupt nur örtlich in Folge simultanen Contrastes auftritt. —

Im Gegensatze zu der von Fechner und Helmholtz entwickelten und seinerzeit fast allgemein angenommenen Ermüdungshypothese hatte ich mich zu zeigen bemüht, dass die „complementär“ gefärbten Nachbilder sich nicht als blosse Ermüdungserscheinungen auffassen lassen, sondern wesentlich darauf beruhen, dass der unter der directen Wirkung des Lichtes hervorgerufene, einer bestimmten Farbe entsprechende nervöse Process indirect den der Gegenfarbe (Complementärfarbe) erzeugt; hatte erörtert, wie während der Dauer des Reizes das Verblassen der farbigen Empfindung sich entwickelt und nach Schluss der Reizung die Empfindung der Gegenfarbe auftritt. Donders gibt nun ebenfalls die ausschliessliche Ermüdungshypothese auf. „Wir haben“, sagt er S. 16, „zu berücksichtigen, dass jede Farbe, indem sie sich selber erschöpft und die complementäre hervorruft, bei ihrem Auftreten sofort zu erblassen beginnt, um so schneller, je grösser ihre Lichtstärke.“ Auch er nimmt an, dass der psychophysische Process, welcher einer farbigen Empfindung entspricht, in dem Maasse als er besteht und andauert, den der Gegenfarbe oder „Complementärfarbe“ entsprechenden Process hervorruft. Abermals also befindet sich Donders in Uebereinstimmung mit mir und in Opposition gegenüber der Young-Helmholtz'schen Theorie, welche alle Erscheinungen des successiven Contrastes lediglich aus der Ermüdung der drei Faserarten und alle Erscheinungen des simultanen Contrastes psychologisch erklärt und erklären muss, weil sie dieselben sonst überhaupt nicht erklären könnte. So kommt Donders ganz wie ich dazu, die den vier einfachen Farben entsprechendem Processe zu zwei Paaren zu ordnen, deren jedes einem „complementären“ Farbenpaare entspricht. —

Ich glaube im Obigen hinreichend dargethan zu haben, dass Donders die meisten wesentlichen Sätze meiner Theorie einfach angenommen hat. Es bleibt mir übrig, diejenigen Punkte zu erörtern, in welchen er meine Theorie abgeändert hat. Es sind deren nur zwei. Ich werde zeigen, dass sich Donders durch diese Abänderungen in Widersprüche verwickelt, einerseits mit sich selbst, anderseits mit den Thatfachen.

II.

Donders versucht, die Gegenfarbentheorie in zwei Punkten abzuändern.

Den ersten Abänderungsversuch macht Donders bei Erörterung der psychophysischen Processe, welche den verschiedenen farblosen Lichtempfindungen entsprechen sollen. Er behauptet, die Empfindung von Weiss könne „geraume Zeit“ qualitativ und quantitativ „unverändert bleiben“, „*indem bei mässigem Lichte die Bedingungen erfüllt sind, worunter Verbrauch (Dissociation) und Neubildung der Moleküle, unter dem Einflusse der Ernährung, einander aufwiegen.*“ Während ich demjenigen Zustande der Sehsubstanz, in welchem Verbrauch und Ersatz einander das Gleichgewicht halten und also die Sehsubstanz unverändert bleibt, nur eine einzige ganz bestimmte Empfindung entsprechen lasse, nämlich das neutrale Grau, entspricht nach Donders jenem Zustande die ganze Skala der Empfindungen, welche „mässiges Licht“ in uns erweckt. Zu dieser Reihe von Empfindungen, welche keinerlei Veränderung des nervösen Apparates zurücklassen sollen, gesellt sich nach Donders noch eine, nämlich die „*dem Schwarz sich nähernde Empfindung*“ wie sie nach längerem Abschlusse des Lichtes auftreten soll; denn auch während des Bestehens dieser Empfindung sind nach Donders „Bildung und Verbrauch einander gleich und zwar mit Reduction beider auf ein Minimum.“ Hier-nach könnte man zu der Vermuthung kommen, dass nach der Meinung von Donders die Helligkeit einer farblosen Lichtempfindung, sofern sie durch „mässiges“ Licht erzeugt wird, von der *Stärke* oder dem *Umfange* der beiden *im Gleichgewichte befindlichen* Processe, des Verbrauchs und der Neubildung, abhängt; denn von dem *Verhältnisse beider Processe* oder von dem Grade des Ueberwiegens des einen über den andern könnte nach Donders die Helligkeit nicht abhängen, weil ja beide Processe unter den genannten Umständen immer einander gleich sein sollen.

Aber diese Annahme würde zu einem Paradoxon führen, weil Donders der Empfindung des Schwarz ein Ueberwiegen der Neubildung über den Verbrauch entsprechen lässt. „Schliesst man das Licht ab“, sagt er, „so geht die Empfindung allmählich in Schwarz über. *Während dem steigt die Anzahl der Moleküle durch Ueberwiegen der Neubildung.*“ Dasselbe müsste der Fall sein, so oft

die Empfindung des Schwarz durch Contrast entsteht. Wenn nun bei mässigem Lichteinfall Verbrauch und Ersatz sich das Gleichgewicht halten, nach Abschluss des Lichtes (beziehungsweise unter der Wirkung des Contrastes) aber die Neubildung den Ersatz überwiegt, so muss es doch logischer Weise auch einen Zustand geben, bei welchem umgekehrt der Verbrauch stärker ist als der Ersatz. Denn sonst gäbe es für die Sehsubstanz zwar sehr häufige Gelegenheit zu einem Ueberwiegen der Neubildung über den Verbrauch, nie aber zu einem Ueberwiegen des Verbrauchs über die gleichzeitige Neubildung. Es müsste also die Zahl der „Moleküle“ der Sehsubstanz fortwährend zunehmen, sagen wir bis zu einem gewissen Maximum. Auf diesem Maximum müsste sie nun bis zum Tode des Betreffenden verharren, wenn es gar keinen Zustand der Sehsubstanz gäbe, bei welchem der Verbrauch derselben stärker ist, als die gleichzeitige Neubildung.

Als die Empfindungen, bei welchen der Verbrauch die gleichzeitige Neubildung überwiegen könnte, bleiben uns, nachdem die Empfindung des Schwarz, des „annähernden Schwarz“ und des Weiss bei „mässiger“ Lichtintensität von Donders schon belegt sind, nur diejenigen Empfindungen des Weiss übrig, welche bei einer mehr als mässigen, sagen wir kurz bei einer über-mässigen Lichtintensität auftreten. Wo wir die Grenze zwischen mässig und über-mässig zu suchen hätten, bleibt zunächst gleichgiltig.

Somit hätten wir für vier Stufen der farblosen Gesichtsempfindung das psychophysische Correlat nach Donders kennen gelernt, nämlich für

- | | |
|--|---|
| 1. die Empfindung von Schwarz: | { Ueberwiegen der Neubildung
über den Verbrauch; |
| 2. die dem Schwarz sich nähernde Empfindung: | { Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Ersatz bei minimalem Umfange beider; |
| 3. die Empfindung von Weiss bei mässiger Lichtintensität: | { Gleichgewicht zwischen Verbrauch u. Ersatz bei grösserem Umfange beider; |
| 4. die Empfindung von Weiss bei über-mässiger Lichtintensität: | { Ueberwiegen des Verbrauchs über den Ersatz. |

Da das Schwarz bekanntlich sehr verschieden tief oder rein, das über-mässige Weiss sehr verschieden hell sein kann, so müsste doch wieder die verschiedene Tiefe des Schwarz von dem Grade des Ueberwiegens der Neubildung über den Verbrauch, die verschiedene Helligkeit des über-mässigen Weiss von dem Grade des Ueberwiegens des Verbrauches über die Neubildung abhängen. In dieser Beziehung würde also die Ansicht von Donders abermals mit der meinigen zusammenfallen, und es bliebe nur noch der Unterschied, dass nach Donders während der dem Schwarz sich nähernden Empfindung oder während den bei mässiger Lichtintensität auftretenden Empfindungen des Weiss Verbrauch und Ersatz gleich stark sein sollen. Ob diese Annahme irgendwelche innere Wahrscheinlichkeit für sich hat und wie wenig sie sich mit der von Donders acceptirten „absoluten Correspondenz“ zwischen Empfindung und psychophysischem Prozesse verträgt, will ich nicht weiter erörtern, sondern nur darauf hinweisen, dass sie immer wieder zu einem Paradoxon führt. Denn gesetzten Falles es würde Jemand Tage, Wochen oder Jahre lang seine Augen vor über-mässigem Lichte schützen, was bei Kranken und Gefangenen oft genug der Fall sein wird, so würde er zwar fortwährend Gelegenheit haben, Schwarz zu empfinden, wobei die „Moleküle“ seiner Sehsubstanz an Zahl zunehmen würden, aber seine Sehsubstanz würde nie in die Lage kommen, diese zuge wachsenen Moleküle wieder loszuwerden. Die Zahl der Moleküle müsste also entweder ins Unbegrenzte zunehmen oder endlich auf einem gewissen Maximum ganz unabänderlich verharren, was beides unannehmbar ist. Donders müsste also für solche Fälle entweder annehmen, dass ein solcher Mensch die Fähigkeit verliere, Schwarz zu empfinden, oder dass für ihn ein Licht, welches sonst als ein „mässiges“ zu gelten hätte, jetzt den Werth eines über-mässigen erhalte. Beides widerspräche der Erfahrung; denn man kann wochenlang bei mässigem Lichte leben, ohne dass die Art, das Licht zu empfinden, eine solche Aenderung erleidet.

Ebenso grosses Gewicht, als auf diese Bedenken, möchte ich darauf legen, dass die Annahme von Donders, nach welcher bei mässiger Lichtintensität die Empfindung Weiss und mit ihr das Gleichgewicht zwischen Verbrauch und Ersatz der Sehsubstanz dauernd ohne Aenderung bestehen kann, *mit den Thatsachen in*

offenbarem Widerspruche ist. Wer die Ermüdungs- und Nachbilderscheinungen etwas eingehender untersucht hat, wird wissen, dass zwei verschieden helle weisse Felder auf schwarzem Grunde, wenn man sie eine Weile fixirt hat, sowohl im verdunkelten Auge als auch bei nachfolgender Betrachtung irgendwelcher gleichmässigen Fläche Nachbilder von verschiedener Helligkeit oder, wenn man so will, Dunkelheit geben. Selbst sehr kleine objective Helligkeitsdifferenzen der beiden weissen Felder verrathen sich dem geübten Beobachter noch im Nachbilde, wenn er passende Versuchsbedingungen herzustellen weiss, ja es werden im Nachbilde oft Helligkeitsdifferenzen nachträglich bemerkbar, welche im Vorbilde nicht unterschieden werden konnten. Dies wäre nach den Behauptungen von Donders ganz unmöglich, sofern die Lichtintensitäten der beiden weissen Felder innerhalb des Bereichs der „mässigen“ Lichtintensität liegen. Denn wenn bei dieser mässigen Intensität Ersatz und Verbrauch der Sehsubstanz sich im Gleichgewichte befinden, so kann dieselbe während des Bestehens der entsprechenden Empfindung des Weiss keinerlei Aenderung erfahren, und es kann also auch das etwas hellere Feld diese Substanz nicht stärker „ermüden“ oder sonstwie verändern, als das minder helle Feld. Folglich müssten auch im Nachbilde beide Felder ganz gleich erscheinen. Eine Verschiedenheit der beiden Nachbilder könnte doch nur resultiren aus dem Zurückbleiben einer, durch den verschieden starken Lichteindruck bedingten Verschiedenheit entweder der betroffenen Theile der „centralen Substanz“ oder des peripheren Apparates beziehungsweise der Fasern des Opticus. Eine Veränderung der centralen Substanz aber lässt Donders selbst nicht gelten, und eine Veränderung des peripheren oder des Leitungs-Apparates ist nach seiner Auffassung auch nicht annehmbar; denn wenn eine solche während des dauernden Betrachtens der weissen Felder stattfände, könnte ja doch auch die Empfindung nicht, wie Donders behauptet, unverändert fortbestehen, sondern müsste sich in Folge der „Ermüdung“ der betreffenden Theile ändern. Wenn sich also bei Betrachtung der beiden weissen Felder an den beiden betroffenen Stellen des Sehorganes überhaupt nichts ändert, so kann auch eine zurückbleibende Verschiedenheit der beiden Stellen nicht angenommen werden. Und doch bleibt eine solche zurück, wie das Nachbild beweist.

Nach alledem dürfen wir die hier besprochene von Donders versuchte Modificirung meiner Theorie als unzulässig bezeichnen. —

Die zweite Abänderung, welche Donders an meiner Theorie vorzunehmen versucht, betrifft die, den vier einfachen Farben correlaten psychophysischen Processe. Entsprechend den zwei Paaren einfacher Farben nimmt Donders wie gesagt gleich mir zwei Paare von psychophysischen Processen an und denkt sich ebenfalls je zwei zu einem Paare gehörige in einer engen gegenseitigen Beziehung. Aber die Art dieser Beziehung ist seiner Meinung nach eine ganz andere, als die von mir angenommene. Nach meiner Theorie vermag die Sehsubstanz in dreierlei verschiedener Weise zu dissimiliren und zu assimiliren. In jedem Farbenpaare entspricht demgemäss eine Farbe dem Verbräuche, die andere dem Ersatz. Nach Donders vermag ein und dasselbe Molekül der Sehsubstanz sich in fünferlei verschiedener Weise zu dissociiren. Ist die Dissociation eine „totale“, so haben wir die Empfindung des Weissen, ist sie nur eine „partielle“, so empfinden wir eine Farbe. Eine derartige partielle Dissociation kann nach Donders in vierfach verschiedener Weise stattfinden. Bei jeder solchen partiellen Dissociation entsteht nur ein Theil jener Dissociationsproducte, welche bei der totalen Dissociation des Moleküls sich bilden, und es bleibt von jedem Molekül ein Restmolekül übrig, welches jedoch auf die Dauer nicht bestehen kann und spontan zerfällt, wobei der andere Theil jener Dissociationsproducte entstehen muss, welche für die totale Dissociation charakteristisch sind. Gleichviel also, ob wir die Empfindung des Weissen oder einer einfachen Farbe haben, und ob also die Dissociation von vornherein eine totale oder eine nur partielle ist, die Moleküle, auf deren Dissociationsprocessen die Empfindung beruhen soll, gehen jedenfalls gänzlich zu Grunde: bei der Empfindung Weiss sofort, bei der Empfindung einer Farbe in zwei Absätzen, welche Donders als primäre, directe, und als secundäre, indirecte partielle Dissociation bezeichnet.

Nehmen wir z. B. an, wir hätten infolge der Einwirkung gelben Lichtes die Empfindung von Gelb. Dieser Empfindung entspricht nach Donders eine partielle Dissociation besonderer Art. Von jedem partiell dissociirten Molekül bleibt ein Restmolekül. Der Dissociation dieser Restmoleküle entspricht die

Empfindung der „Complementärfarbe“ Blau. Die Restmoleküle dissociiren allmählich spontan, ohne adäquaten Reiz, und es gesellt sich also zur directen, primären partiellen Dissociation spontan die indirecte, secundäre Dissociation der Restmoleküle, „welche mehr und mehr die Oberhand gewinnt, so dass schliesslich bei gleicher directer und indirecter Dissociation ein Gleichgewichtszustand mit neutraler Empfindung eintreten würde“, weil nämlich die primäre und die secundäre partielle Dissociation zusammen der totalen gleichwerthig sind, und der totalen Dissociation die „neutrale“ d. h. farblose Lichtempfindung entsprechen soll. Auf dieser indirecten, secundären Dissociation der Reste soll das allmähliche Verblassen der Farbenempfindung und das Auftreten des complementären Nachbildes beruhen.

Aber ganz derselbe, der Empfindung Blau correlate Dissociationsprocess, welcher sich bei der Einwirkung gelben Lichtes indirect und secundär entwickeln soll, kann nach Donders auch primär unter der Einwirkung blauen Lichtes entstehen. Bei dieser Art partieller Dissociation eines Moleküls bleibt ebenfalls ein Restmolekül, dessen indirecte, secundäre Dissociation nun ganz dasselbe darstellt, was soeben als primäre, dem Gelb entsprechende partielle Dissociation erörtert wurde.

Wenn also die beiden Processe, welche einerseits der gelben, anderseits der blauen Empfindung correlat sind, gleichzeitig in der Sehsubstanz stattfinden, so sollen wir weder die eine noch die andere Empfindung haben, sondern Weiss empfinden. Wo bleibt bei dieser Auffassung die von Donders selbst betonte „absolute Correspondenz des physischen und psychischen Elementes?“ Weiss ist als Empfindung genommen doch ganz anderer Qualität als Gelb oder Blau, und durch Summation oder Coincidenz dieser beiden einfachen Empfindungen oder, wenn man so will, durch Mischung derselben kann nach den Forderungen der Psychophysik zwar eine Mischempfindung entstehen, in welcher man beide einfachen Empfindungen zugleich, wenn auch keine rein und für sich wahrnimmt, kurzum eine Empfindung, welche den Stempel ihres Entstehens aus den bezüglichen zwei einfachen Empfindungen an sich trägt, nicht aber eine Empfindung wie die weisse, welche nach Donders eigener Ansicht weder die gelbe noch die blaue Empfindung aus sich herausfinden lässt, sondern eine Empfindung

besonderer, originaler Qualität ist. Wenn die weisse Empfindung durch Summation oder das Nebeneinandersein der dem Gelb und Blau entsprechenden Prozesse entstehen könnte, so müsste man auch diese Farben ebenso darin erkennen, wie man im Violett, welches von Donders ebenfalls zwei nebeneinander bestehenden Processen entspricht, das Roth und Blau erkennt.

Nachdem Donders selbst die absolute Correspondenz zwischen Physischem und Psychischem als etwas sozusagen Selbstverständliches hingestellt hat, muss man sich fragen, ob er sich denn auch die tiefgreifenden Consequenzen der Annahme klar gemacht hat, dass bei Summation oder gleichzeitigem Auftreten zweier verschiedener und verschiedenen Empfindungen entsprechender psychophysischer Prozesse eine Empfindung entstehen soll, welche kein Kennzeichen derjenigen Empfindungen an sich trägt, durch deren Summation oder Coincidenz sie entstanden ist. Eine und dieselbe Empfindung, nämlich die weisse, lässt Donders bald durch Coincidenz der dem Gelb und Blau, bald der dem Roth und Grün entsprechenden psychophysischen Prozesse, bald auch durch Coincidenz oder Summation aller vier Prozesse entstehen! Der letztere Fall nämlich tritt dann ein, wenn gleichzeitig zwei primäre partielle Dissociationen wie z. B. die dem Gelb und Roth correlaten auftreten, und wir dem entsprechend Gelbroth empfinden. Dann müssen nach Donders als secundäre Dissociationen die dem Blau und Grün correlaten sich spontan hinzugesellen, und im Verein mit der primären partiellen Dissociation die totale Dissociation ausmachen, demzufolge die gelbrothe Empfindung immer weisslicher werden soll.

Denn Donders nimmt an, dass verschiedene primäre partielle Prozesse ebenfalls in derselben Substanz neben einander bestehen können. „Wir sehen davon“, sagt er, „den Beweis in den zusammengesetzten Farben, worin wir zwei einfache wieder erkennen.“ So ergibt sich nach Donders z. B. aus den beiden gleichzeitigen Empfindungen Roth und Gelb die rothgelbe Empfindung, nicht aber eine neue dritte Empfindung, in welcher die einzelnen Componenten ganz unkenntlich sind, wie er dies soeben für den Fall angenommen hatte, wo zwei „complementäre“ partielle Prozesse, wie der blaue und gelbe, oder der rothe und grüne nebeneinander

bestehen. Was dem Gelb und Roth recht ist, wäre doch auch dem Gelb und Blau billig gewesen.

Abgesehen von diesen aus den Principien der Psychophysik fliessenden Bedenken erhebt sich noch ein zweiter theoretischer Einwand. Wenn in einer Farbenempfindung zwei einfache Farben enthalten sind, wie z. B. im Orange Roth und Gelb, so beruht nach Donders (S. 22) „diese Combination auf zwei Formen von partieller Dissociation, die nebeneinander in denselben Molekülen vorkommen, weil sie sich nicht zu einer totalen Dissociation verbinden können.“ Wenn man nun auch noch so willig auf derlei Vorstellungen eingehen wollte, ein solches Nebeneinanderbestehen zweier nicht complementärer partieller Dissociationen in *denselben* Molekülen ist undenkbar. Ich will das, was das Molekül bei der dem Gelb correlaten partiellen Dissociation verliert, *a* nennen und *b* den Rest, dessen Dissociation nach Donders der Empfindung Blau entspricht. Soll nun neben der Dissociation des Theiles *a* eine zweite, dem Roth entsprechende partielle Dissociation stattfinden, so kann dies nur auf Kosten des Restes *b* geschehen. Mag nun dabei von diesem *b* viel oder wenig verbraucht werden, jedenfalls wird dadurch für das betroffene Molekül jener partielle Process unmöglich, welcher dem Blau entspricht, und welcher eben in einer Dissociation des ganzen Restmoleküls *b* bestehen soll.

Noch weniger kann dann auf Kosten desselben Moleküls der dem Grün entsprechende partielle Process secundär Platz greifen. Da nun das allmähliche Verblassen der Farbenempfindungen und die complementär gefärbten Nachbilder nach Donders darauf beruhen sollen, dass die primäre Dissociation durch die hinzutretende spontane secundäre Dissociation des Moleküles ergänzt wird, so würde folgen, dass dies Alles nur bei den vier einfachen Farbenempfindungen möglich ist, bei Misch- oder Uebergangsfarben aber weder ein Weisslich- oder Grauwerden noch auch ein complementärgefärbtes Nachbild auftreten könnte, was aber doch thatsächlich der Fall ist.

Demnach müsste sich Donders wenigstens entschliessen anzunehmen, dass bei gleichzeitigem Auftreten zweier einfachen Farbenempfindungen die entsprechenden „partiellen Processe“ in *verschiedenen* Molekülen ablaufen.

Ich will auf eine weitere Kritik dieser optischen „Moleküle“ und ihrer „Dissociationen“ nicht eingehen, denn ich meine, dass das Ganze wohl nur eine Art Gleichniss sein soll und als solches keinen Anspruch auf strengere Durchführbarkeit erhebt. Was aber den Grundgedanken der hier von Donders entwickelten Ansicht betrifft, so habe ich denselben schon vor der Veröffentlichung meiner Mittheilungen zur Lehre vom Lichtsinn sorgfältig erwogen und nicht brauchbar gefunden. Es ist derselbe Gedanke, auf welchem die Farbentheorie Schopenhauer's beruht. Diejenigen Physiologen, welche bei ihren philosophischen Studien Schopenhauer nicht begegnet sein sollten, werden seine Theorie aus den Mittheilungen Czermak's¹⁾ kennen. Nach Schopenhauer entspricht die weisse Empfindung der „vollen“ Thätigkeit der Retina, wie sie bei Donders der „totalen“ Dissociation der Moleküle der Sehsubstanz entsprechen soll. Farbige Empfindung entsteht nach Schopenhauer, wenn eine *qualitative Theilung* der Netzhautthätigkeit eintritt und letztere also eine nur partielle ist. Die „Nervennatur“ der Retina aber bringt es mit sich, dass nach jeder solchen durch den äussern Reiz hervorgerufenen partiellen Thätigkeit der andere, der Complementärfarbe entsprechende Theil der Thätigkeit dann „von selbst nachfolgt; indem nämlich die Retina den natürlichen Trieb hat, ihre Thätigkeit ganz zu äussern, sucht sie, nachdem solche auseinander gerissen war, sie wieder zu ergänzen.“ Donders drückt dies dadurch aus, dass er sagt, jede primäre partielle Dissociation rufe secundär die der Complementärfarbe entsprechende Dissociation des Restes hervor, welche spontane, secundäre partielle Dissociation im Verein mit der durch den Reiz direct erzeugten primären die totale Dissociation ausmache. „Jeder partielle Process, sagt er, postulirt, als Complement einen zweiten.“ (S. 67.) „So vindicirt das Organ seine volle Energie.“ (S. 21.)

Was mich besonders mit veranlasst hat, den jetzt von Donders wieder aufgenommenen Gedanken Schopenhauer's unbedingt zurückzuweisen, sind die sogenannten Ermüdungserscheinungen, welche mit demselben ganz unverträglich sind. Denn nach dieser Auffassung müsste das Sehorgan durch das Bestehen einer farbigen

1) Sitzungsber. d. Wiener Akad. LXII. Bd. II. Abthl. 1870. Gesammelte Schriften. I. Bd. II. Abth. S. 801.

Empfindung ganz ebenso stark für Weiss ermüdet werden, wie durch das Bestehen der weissen Empfindung. Nimmt man ein weisses Mischlicht m und theilt dasselbe in zwei ungefähr gleich helle Theile, so erhält man zwei farbige einander complementäre Lichter μ und μ' . Nach der Annahme von Donders müsste nun jedes dieser beiden Partiallichter für sich allein die Netzhaut nahezu ebenso stark für Weiss „ermüden“, wie das volle Licht m . Denn bei der farbigen Empfindung, welche durch μ oder μ' erzeugt wird, würden ja doch *ceteris paribus* ebensoviel Moleküle verbraucht, wie bei der weissen, welche durch $\mu + \mu'$ hervorgerufen wird, und zwar würden bei längerem Bestehen der ersteren, infolge der spontan hinzutretenden complementären Dissociation die Moleküle nicht nur partiell, sondern zu einem grossen Theile auch total verbraucht werden. Die nur partiell verbrauchten aber würden zur Herstellung der weissen Empfindung ebenfalls unbrauchbar geworden sein, weil ihre Restmoleküle nur noch die complementäre farbige Empfindung erzeugen könnten. Könnte es zwei complementäre Lichtarten geben, deren eine z. B. rein gelbe, die andere rein blaue Empfindung erzeugt, so würde jede dieser Lichtarten für sich das Sehorgan ebenso stark für Weiss ermüden, als beide Lichtarten zusammengenommen.

Dies hat Donders wohl übersehen. Ich bin erforderlichen Falls gern erbötig, die experimentellen Beweise für die Unzulässigkeit seiner Ansicht ausführlich beizubringen, denke aber, dass der blosser Hinweis auf den hier vorliegenden Widerspruch genügen wird.

III.

Donders sucht die Vierfarbentheorie mit der Dreifarbentheorie von Young-Helmholtz zu combiniren.

Donders macht meiner Theorie den Vorwurf, dass sie unvollständig sei. „Hering n'essaie pas d'expliquer ce qui se passe dans la rétine sous l'influence de la lumière, ni de suivre le processus de la rétine vers le cerveau, ni encore d'établir la relation entre la lumière et la sensation“.

Was den letzten Punkt betrifft, so ist die Bemerkung von Donders nicht berechtigt, weil diese Relation im Wesentlichen

längst bekannt ist. Wer das Sonnenspectrum kannte und sich mit dem Farbenmischungsgesetz vertraut gemacht hatte, wusste hinreichend viel von der Relation zwischen den Lichtstrahlen und der Empfindung, um meine Theorie verstehen zu können. Dies durfte ich voraussetzen. Wer mich aber dennoch nicht verstanden haben sollte, für den habe ich in meiner Abhandlung: „zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben“, welche auch Donders mehrfach erwähnt, die thatsächlichen Beziehungen zwischen den verschiedenen Lichtstrahlen und den Lichtempfindungen nochmals auseinandergesetzt. Dass ich über die Vorgänge in der Netzhaut und im Sehnerven mich vorerst nicht in Hypothesen ergangen habe, ist richtig. Donders bietet uns in dieser Beziehung auch nichts Neues, indem er zur Young'schen Hypothese von den drei Faserarten zurückgreift. Sehen wir zu, in welcher Weise er hierdurch die Vierfarbentheorie zu ergänzen sucht. „In der äussersten Lage (der Netzhaut)“, sagt (S. 13) Donders, „haben wir die (für die Lichtstrahlen) empfindlichen Moleküle zu denken. Und von den Molekülen haben wir uns, den drei Energien entsprechend, drei Arten zu denken, — nicht untereinander gemischt, aber an besondere morphologische Elemente gebunden, die ihre eigenen leitenden Fasern haben.“ Die drei „Energien“, welche hier erwähnt sind, entsprechen nach Donders dem spectralen Roth, dem Grün und dem Violett, welche er *Fundamentalfarben* nennt; es sind, sagt er, „Farben, die einfache Processe in der Peripherie repräsentiren“. Er verwirft die von Helmholtz und Maxwell gemachte Annahme, dass „die drei Energien durch das ganze Spectrum wirksam seien“, und also jede Strahlenart alle drei Faserarten, jedoch in verschiedenem Maasse erregt. Dies ist ein wesentlicher Differenzpunkt zwischen Donders und Helmholtz. Die den „äussersten Farben“ des Spectrums, nämlich dem Roth und Violett entsprechenden Strahlen sollen ausschliesslich nur eine Faserart in Erregung versetzen, das spectrale Roth und Violett daher wirklich rein fundamentale Farben sein. Betreffs der dem spectralen Grün entsprechenden Strahlen pflichtet Donders Helmholtz und Maxwell bei, dass sie alle drei Faserarten erregen, jedoch die dem fundamentalen Grün entsprechende stärker, als die beiden andern.

Auf Grund dieser Annahmen und der oben besprochenen

Hypothese über die Processe in der centralen Sehsubstanz erklärt nun Donders die Farben des Spectrums folgendermassen:

„Fundamental nannten wir die Farben, die einfache Processe in der Peripherie repräsentiren. Aber nichts hindert, dass sie im Centrum einen zweifachen Process hervorrufen und also zusammengesetzte Farben sind. Zusammengesetzt würde das spectrale Roth sein aus Roth und Gelb, deutlicher das spectrale Violett aus Blau und Roth, und vielleicht steht auch das fundamentale Grün nicht mit dem einfachen gleich. Wie die primären Fundamentalten sich zu einfachen combiniren, sehen wir zunächst in den aufeinander folgenden Farben des Spectrums.

Das spectrale Roth, wie viele behaupten, aus Roth und einer Spur von Gelb bestehend, wird als solches durch den primären fundamentalen Process in der Netzhaut hervorgerufen. In dem Maasse als nun der zweite primäre Process das fundamentale Grün sich hinzufügt, nähert sich die Combination dem Gelb, und findet im reinen Gelb, einem einfachen specifischen Process, das Gleichgewicht der Beiden. Ist es weniger saturirt, so beweist solches allein, das die beiden Energien, in Verband mit der Neigung zur Bildung von Weiss, die labileren Moleküle auch zu totaler Dissociation bringen. Von Roth und Gelb nimmt die Saturation fortwährend ab, von Grün nach Gelb in geringerem Maasse, und wäre selbst das Gegentheil möglich, weil das (weniger saturirte) Grün dabei allmählich mehr zurücktritt.

Zwischen dem Gelb und Grün bekommt die zweite Energie, die von Grün die Oberhand, um ihren reinsten Ausdruck da zu finden, wo Roth und Violett in dem Verhältniss vertreten sind, worin sie (mit dem Grün) Weiss bilden, hier nur durch dieses Weiss temperirt.

Jenseits Grün macht sich die violette Energie mehr und mehr geltend. Im einfachen Blau finden Grün und Violett ihr Gleichgewicht. Blau ist in der violetten Energie noch viel deutlicher zu sehen als Gelb in der rothen. Durch Verschmelzung der grünen mit dem Roth der violetten Energie kommt Blau schon genügend zu seinem Recht, und Erblassen kann (wie bei Gelb) in dem von zwei Energien ausgehenden Anstoss zu totaler Dissociation begründet sein. Jenseits dieses Blau dominirt nun nach und nach die violette Energie, um an der Grenze des fundamentalen Grün in ihrer vollen Sättigung aufzutreten. Noch vollendeter würde diese Sättigung sein, wenn die Fluorescenz, sowohl die der Medien des Auges, als die der Netzhaut selbst, ihr keinen Abbruch thäte.

Das fundamentale Roth geht durch schwache Mitwirkung der violetten Energie in das einfache Roth über. Und aus denselben Energien werden die Purpurtinten erzeugt, die im Spectrum fehlen und sowohl dem fundamentalen Roth als dem fundamentalen Violett in Sättigung nachstehen“.

Wie man sieht, ist diese Auseinandersetzung ein Versuch, die Dreifarbentheorie mit der Vierfarbentheorie zu vereinigen. Der Gedanke einer solchen Vereinigung wurde schon von Aubert¹⁾

1) Handbuch der gesammten Augenheilkunde v. A. Graefe und Th. Sämisch. II. Bd. 2. Theil. S. 519. 1876.

ausgesprochen und zugleich der Weg zu seiner Durchführung angewiesen. „Beide Theorien“, meint Aubert, „könnten mit einigen Modifikationen sehr wohl nebeneinander bestehen, wenn man den *Erregungsvorgang* streng unterscheidet von dem *Empfindungsvorgange*“; d. h. also, für die Erregungsvorgänge von der Netzhaut bis zur psychophysischen Substanz habe die Theorie Young's zu gelten, für die psychophysischen Prozesse und die damit verknüpften Empfindungen meine Theorie.

Indessen ist eine solche Vereinigung der beiden Theorien nur denkbar, wenn man die Young-Helmholtz'sche Theorie auf die bloße Annahme dreier Nervenfasern von verschiedener spezifischer Energie einschränkt und den wesentlichsten Theil dieser Theorie verwirft. Dieser besteht darin, dass aus der Annahme von drei spezifischen Energien sämtliche Gesichtsempfindungen abzuleiten versucht wird. Für diese Theorie sind die drei spezifischen Energien Roth, Grün und Violett zugleich drei „*Grundqualitäten der Empfindung*“, nicht blos, wie bei Donders, drei an verschiedene Verbindungsfasern zwischen Auge und Hirn gebundene *physiologische Prozesse*, welche an sich die Empfindung noch gar nicht setzen, sondern erst durch ihre Einwirkung auf die „centrale Substanz“ die, den Empfindungen correlaten Prozesse hervorrufen. Die Theorie von Young-Helmholtz unterscheidet nicht besondere Prozesse in den Netzhaut- und Optikusfasern von besonderen Prozessen in einer „centralen“ psychophysischen Substanz, sondern nach dieser Theorie setzt jede Erregung einer Faserart, im Gehirne angelangt, direkt die entsprechende Empfindung. Wenn man also bei dieser Theorie von einer psychophysischen Substanz reden will, so ist es eben eine solche, welche nur dreier verschiedener spezifischer Prozesse fähig ist, die sich in den verschiedensten Verhältnissen combiniren können. Daher gibt es auch nach dieser Theorie nur drei „einfache“ Empfindungen: Roth, Grün und Violett, alle übrigen sind „zusammengesetzte“ oder Mischempfindungen. So und nicht anders hat alle Welt die Young-Helmholtz'sche Theorie verstanden und *so hat Helmholtz selbst sie dargestellt*.

Es war daher für mich sehr wohl nöthig, auseinanderzusetzen, dass und warum eine solche Auffassung unrichtig ist, wie ich dies seinerzeit gethan. Jetzt, nachdem Donders meiner Auffassung bei-

gepflichtet hat und u. A. selbst betont, dass Gelb eine einfache Empfindung sei, und dass man es mit Unrecht aus der Reihe der einfachen Farben verbannen wollte, weil es aus zwei „fundamentalen Farben gebildet wird“¹⁾, behauptet er (S. 62), was ich vom Standpunkte der Farbenempfindungen aus gegen die Young-Helmholtz'sche Theorie vorgebracht, treffe nicht zu. Freilich nachdem Donders diese Theorie auf die blosse Annahme dreier verschiedener Erregungsprocesse und Faserarten des peripheren Nervenapparates reducirt und sich im Uebrigen der Vierfarbentheorie angeschlossen hat, würden die von mir aus der Analyse der Empfindungen abgeleiteten Einwände ihm gegenüber hinfällig sein.

Aber denen gegenüber, welche der eigentlichen Young-Helmholtz'schen Theorie noch beipflichten, gelten auch heute noch meine Einwände. Oder gibt es etwa keine Anhänger dieser Theorie mehr? In Hermann's Handbuch der Physiologie ist sie erst kürzlich wieder von Fick mit Entschiedenheit vertreten worden.

Zum Beweise dessen will ich hier nur folgende Stelle anführen²⁾:

„Es kann keinen Einwand gegen diese Hypothese begründen, dass wir die totale Farbenempfindung einer Netzhautstelle nicht im Stande sind im Bewusstsein zu zergliedern in ein räumliches Nebeneinander einer Grün-, einer Roth-, einer Blauempfindung, was doch die totale Farbenempfindung nach Young's Hypothese in Wirklichkeit wäre. Die Möglichkeit einer solchen Zergliederung im Bewusstsein könnten wir nur dann erwarten, wenn es ausführbar wäre, die drei specifisch verschieden empfindenden Elemente eines Netzhauttheiles von merklich verschiedenen Orten her zu erregen, resp. durch Bewegungen des Organes abwechselnd das eine oder das andere dieser Elemente demselben Reize darzubieten. Da dies aber wegen der Kleinheit des Abstandes zwischen den drei Elementen jedes Netzhauttheiles unausführbar ist, so tritt der Complex der drei Grundempfindungen stets als unauflösliche Einheit ins Bewusstsein, deren Qualität einer zweifach unendlichen Mannigfaltigkeit fähig ist, da sie von zwei stetig veränderlichen Grössen abhängt, nämlich den beiden Intensitätsverhältnissen der einen Grundempfindung zu den beiden andern.“

Kann diese charakteristische Auseinandersetzung Fick's noch einen Zweifel darüber zulassen, dass das Weiss, Gelb etc. als complexe oder Mischempfindungen aufgefasst werden, wie dies die Anhänger der Theorie immer gethan haben, und darf man da

1) Donders will damit sagen, dass das Gelb durch die gleichzeitige Wirkung der Roth- und Grünfasern auf die psychophysische Substanz entstehe.

2) III. Bd. I. Theil. S. 197.

noch sagen, dass meine Auseinandersetzungen unzutreffend gewesen seien?

Ich habe erwähnt¹⁾, dass nach der Young-Helmholtz'schen Theorie der Totalfarbenblinde nur *eine* Qualität der Gesichtsempfindung, nämlich Roth, Grün oder Violett haben könnte; dass ferner für den Grünblinden alle ihm überhaupt vorkommenden Gesichtsempfindungen nur Gemische aus Roth und Violett sein könnten, und dass er statt Weiss ein Roth-Violett oder Purpur sehen müsste. Hierzu bemerkt Donders (S. 62): „Niemand kann glauben, dass das Weiss für den Grünblinden ein farbiges Purpur sein sollte, wie es für das normale Auge aus Roth und Violett gebildet wird, und Niemand hat es jemals geglaubt“. Wahrlich eine überraschende Bemerkung, da es allen anderen Ophthalmologen und Physiologen bekannt ist, dass kein Geringerer als Helmholtz selbst es geglaubt hat und mit ihm Alle, die seiner Lehre folgten.

Helmholtz erörtert ausführlich die Qualitäten der Gesichtsempfindungen der „Rothblinden“. „Das spectrale Roth, sagt er, müsste ihnen als gesättigtes, lichtschwaches Grün erscheinen“. „Spectrales Gelb wird als lichtstarkes gesättigtes Grün erscheinen“. „Weiss im Sinne der Rothblinden ist natürlich eine Mischung ihrer beiden Grundfarben“ (Roth und Violett). „Die blauen Töne müssen ihnen ziemlich ebenso erscheinen, wie den normalen Augen, weil hier auch für letztere die Einmischung der dritten Energie, des Roth, sehr klein sein wird“.

Nach Helmholtz also bestehen, wie aus dem Gesagten zweifellos hervorgeht, die Lichtempfindungen des „Rothblinden“, welchem nach seiner Ansicht die rothe Energie und Empfindung fehlt, lediglich aus Grün, Blau, Violett und den zugehörigen Uebergangstönen, für den Grünblinden analog aus Roth, Purpur, Violett und ihren Uebergängen ineinander. Was uns Weiss erscheint, sieht nach Helmholtz der Rothblinde Blaugrün, der Grünblinde purpurn.

Es ist unerklärlich, wie Donders diese Ansichten von Helmholtz unbekannt bleiben konnten, um so mehr als schon Leber,

1) Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben. Dieses Jahrbuch. I. Bd. 1880.

Fick und Andere die Widersprüche hervorgehoben haben, welche zwischen jener Auffassung und den Thatsachen der Farbenblindheit überhaupt und der Farbenblindheit der peripheren Netzhaut insbesondere bestehen, und als eigene Hilfhypothesen zur Young-Helmholtz'schen Theorie gemacht wurden, um diese Widersprüche zu beseitigen, Hypothesen, die ich im ersten Bande dieses Jahrbuches besprochen habe.

Jedenfalls ist also sicher, dass Donders im Irrthum war, als er meinte, ich hätte bei meiner Polemik gegen die Young-Helmholtz'sche Theorie etwas bekämpft, was „Niemand jemals geglaubt habe“. —

Donders gibt (S. 23) an, dass bei der Einwirkung des spectralen Gelb auf das Auge die fundamentalen Processe der Roth- und der Grün-Fasern im Gleichgewichte seien, d. h. also, dass diese beiden Faserarten durch das spectrale Gelb gleich stark erregt werden ¹⁾. Analog soll das spectrale Blau die Violett- und die Grün-Fasern gleich stark erregen. Die dem Gelb entsprechende partielle Dissociation in der centralen Substanz ergibt nach Donders im Verein mit der dem Blau correlaten partiellen Dissociation die totale Dissociation der Moleküle und daher Weiss. Folglich sind spectrales Gelb und Blau Complementärfarben und geben, im passenden Verhältniss gemischt die weisse Empfindung. Dabei erregen nun die gelben Strahlen die Roth- und Grünfasern gleich stark, z. B. jede mit der Intensität a ; ebenso erregen die blauen Strahlen die Violett- und die Grünfasern gleich stark, z. B. jede mit der Intensität b , und es ist demnach die Erregung der Rothfasern $= a$, die der Violett-Fasern $= b$, die der Grün-Fasern $= a + b$. *Wenn also die weisse Empfindung entstehen soll, muss die Erregung der Grünfasern nach Donders so gross sein, wie die Summe der Erregungen der beiden anderen Faserarten.*

Hier liegt wieder ein schwerwiegender Unterschied vor zwischen der Theorie von Donders und der von Young-Helmholtz, durch welchen insbesondere alle aus der letzteren sich ergebenden Folgerungen in Betreff der Ermüdungserscheinungen und der Nachbilder eine totale Umwälzung erleiden. Denn nach Young, Max-

1) Eine gleichzeitige Miterregung der dritten Faserart nimmt Donders nicht an (s. u.).

well und Helmholtz entsteht die weisse Empfindung, wenn alle drei Faserarten gleichstark erregt sind. Ausser anderen überraschenden Consequenzen würde sich aus der Annahme von Donders ergeben, *dass das Weiss bei längerer Betrachtung mehr und mehr purpurfarben, und auch sein negatives Nachbild auf weissem oder grünem Grunde im Wesentlichen purpurfarben erscheinen müsste.* Denn die Grün-Fasern würden ja infolge der viel stärkeren Erregung durch das Weiss auch viel stärker ermüden müssen als die beiden andern Faserarten.

Donders könnte, um diesem Widerspruche mit den That-sachen zu entgehen, annehmen, dass die Grün-Fasern, weil sie durchschnittlich immer viel stärker erregt würden, als die beiden anderen Faserarten, sich irgendwie an diese stärkere Erregung gewöhnt haben und daher gleichsam entsprechend resistenter und minder ermüdbar geworden sind. Diese Hilfhypothese dürfte sich für die Theorie von Donders sehr empfehlen. Analoges würde auch für die Roth-Fasern in Vergleich zu den Violett-Fasern gelten, da nach Donders die ersteren durch weisses Licht stärker erregt werden müssten als die Violett-Fasern.

Allerdings erklärt Donders, wie schon oben erwähnt wurde, die Farbe der negativen Nachbilder zum Theil aus der secundären spontanen partiellen Dissociation der Moleküle der centralen Substanz. Aber er sagt auch (S. 24) ausdrücklich, „es bedürfe kaum der Erwähnung, dass in den peripheren Elementen der percipirenden Schichte die Folgen von Reizung, positive Nachwirkung und herabgesetzte Reizbarkeit, schon zu finden und insofern im Centralorgan secundärer Art seien“. —

Nach den von Donders gemachten Annahmen würden sich ferner ganz andere Sättigungsverhältnisse der Spectralfarben ergeben, als nach der bisherigen Dreifarbentheorie. Da nach Donders aus jedem gleichzeitigen Auftreten des der grünen und des der rothen Empfindung entsprechenden centralen Processes weisse Empfindung resultirt, so ergibt sich, dass alle zwischen dem spectralen Roth und Grün gelegenen Farben des Spectrums sehr weisslich sein müssten. Insbesondere das Gelb, welches die Roth- und die Grün-Fasern gleichstark erregen soll, wäre eigentlich ein Weiss, das nur jene „Spur“ von Gelb enthalten könnte, welche die Erregung der Roth-Fasern nach Donders mit sich bringt (S. 22).

Denn falls die Erregung der Grün-Fasern in der centralen Substanz nur den der grünen Empfindung entsprechenden Process auslöst, kann der dem Gelb correlate Process nur aus der Erregung der Roth-Fasern resultiren; und da die Erregung der letztern im Wesentlichen die Empfindung des einfachen Roth und nur eine Spur der gelben Empfindung auslösen soll, so könnte überhaupt im Spectrum von der ganzen Empfindung Gelb nur spurweise die Rede sein. Wollte aber Donders annehmen, dass der Erregung seiner Grün-Fasern nicht die einfache grüne Empfindung, sondern ein Gelbgrün entspreche, so würde wieder das spectrale Blau nach seiner Theorie eigentlich ein Weiss sein, das nur ein wenig mit Blau tingirt ist. Denn der durch die Grün-Fasern erzeugte centrale Grün-Process würde mit dem durch die gleichzeitige Erregung der Violett-Fasern erzeugten Roth-Process Weiss geben, und der durch die Grün-Fasern erzeugte Gelb-Process würde sich mit einem entsprechenden Theile des durch die Violett-Fasern erzeugten Blau-Processes ebenfalls zu Weiss ergänzen, so dass nur ein Rest des letzteren übrig bliebe. Jedenfalls aber müssten Gelb und Blau nach Donders eminent weissliche Empfindungen sein. Betreffs des Grün bleibt nach seiner Darstellung die Möglichkeit offen, dass es sogar noch weisslicher ist als Gelb (S. 23). —

Nach Helmholtz erregt *jedes* homogene Licht alle drei Faserarten, jedoch in sehr verschiedenem Verhältnisse der Stärke. Nach Donders erregt spectrales Roth nur die Roth-Fasern, spectrales Violett nur die Violett-Fasern; ferner spectrales Gelb nur die Roth- und Grün-Fasern, spectrales Blau nur die Violett- und Grün-Fasern. Nur mit dem Grün und „den angrenzenden Farben“ haben die drei peripherischen Processe zu schaffen“ (S. 16), und nur für diesen Theil des Spectrums lässt also Donders die gleichzeitige Erregung aller drei Faserarten gelten. —

Nach Young-Helmholtz entsteht weisse Empfindung, gleichviel ob sie rein oder als Bestandtheil einer nicht gesättigten Farbe auftritt, nur durch die gleichzeitige Erregung aller drei Faserarten. Nach Donders entsteht das reine Weiss allerdings auch nur dann, wenn alle drei Faserarten in bestimmtem Verhältnisse erregt sind; aber als Bestandtheil ungesättigter Farbenempfindungen wird es auch schon durch die gleichzeitige Erregung von

nur *zwei* Faserarten erzeugt, ja er spricht sogar von der Möglichkeit, *dass schon die Erregung einer einzigen Faserart eine weissliche Empfindung in der centralen Substanz auslösen könne* (S. 16 und 68). —

Dies alles sind, wie man sieht, ganz fundamentale Abweichungen von der Helmholtz'schen Theorie. Von dieser, die doch, wenn man einmal ihre Vordersätze und die psychologischen Hilfs-hypothesen gelten lässt, eine scharfsinnig entwickelte und den bis dahin bekannten Thatsachen Rechnung tragende Theorie war, bleibt bei Donders gar nichts übrig, als nur die drei Fasern. Aus der Dreifarbentheorie ist eine blossе Dreifaserhypothese geworden. Man darf begierig sein, wie sich die Theorie von Donders gestalten wird, wenn derselbe an ihre ausführliche Ausarbeitung gehen und daher genöthigt sein wird, sie mit den Thatsachen in Einklang zu setzen. *So wie sie jetzt vorliegt, voll von Widersprüchen mit sich selbst und mit den Thatsachen, erweist sie sich als unhaltbar.*

Dass der Gedanke Aubert's, die Annahme von drei spezifischen Energien des peripheren Apparates mit meiner Theorie zu combiniren, principiell zurückweisen sei, will ich nicht sagen. *Rein theoretisch genommen* erscheint diese Combination zulässig. Freilich in der Weise, wie Donders es versucht hat, liesse sich die Sache nicht durchführen, und insbesondere dürfte man nicht die weisse Empfindung durch Summation der beiden centralen Processe entstehen lassen, welche der rein gelben und blauen, oder der rein rothen und grünen Empfindung entsprechen. Thatsachen aber, welche zu einer *derartigen* Ergänzung meiner Theorie nöthigen würden, sind mir bis jetzt nicht bekannt geworden. Auch Donders hat keinerlei zureichenden Grund für seine Annahme dreier peripherer Energien oder „Fundamentalfarben“ beigebracht (s. u.). Selbst jenen Wahrscheinlichkeitsbeweis lässt er fallen, den Helmholtz in der partiellen Farbenblindheit für seine Theorie fand, indem er erstere aus dem Fehlen einer der drei fundamentalen Farben oder Energien erklärte. Nachdem sich Donders genauer mit der Farbenblindheit bekannt gemacht hat, gibt er zu (S. 56), dass „bei Rothblindheit die fehlende Farbe nicht das spectrale Roth ist, sondern ein Roth, das sich dem Carmin nähert: ein Roth also, das im Spectrum nicht vorkommt

und nur durch Vermischung zweier Spectralfarben, Roth und Violett zu erhalten ist“, wie dies auch meine Theorie fordert. Auch betreffs der „Grünblindheit“ sagt er (S. 57), es sei „keineswegs entschieden, dass das bläuliche Grün, welches der Neutralen ¹⁾ entspricht, eine der fundamentalen Farben des normalen Systems sei“. Er bemerkt ferner (S. 58), dass sich die „Violettblindheit nicht einfach aus dem Fehlen der violetten Energie erklären lasse“. *„Das Endergebniss ist also, wie er sagt, dieses, dass man kein Recht hat, die bei den verschiedenen Formen von Farbenblindheit fehlenden Farben als die fundamentalen des normalen Systems zu betrachten“.*

In der ganzen Abhandlung von Donders finde ich ausser hier unwesentlichen Bemerkungen über das Gitterspectrum (S. 18) und über die Helligkeitsverhältnisse im Spectrum der Farbenblinden (S. 58) nur einen Punkt, welcher mir erklärlich macht, dass Donders neben seiner Annahme von vier einfachen Farben auch noch die Annahme von drei Fundamentalfarben nothwendig findet: nämlich seine Bemerkungen über die Gesetze der Farbenmischung und über die nach dem Principe der Schwerpunkteconstruction entworfene Farbentafel. Donders scheint zu glauben, dass sich diese Gesetze nur aus der Annahme dreier Fundamentalfarben erklären lassen, und dass sie mit der Theorie der Gegenfarben nicht in Einklang zu bringen sind. Ich brauche dem gegenüber wohl nicht zu betonen, dass die Theorie der Gegenfarben gar nicht hätte aufgestellt werden können, wenn sie unsern bisherigen Erfahrungen über die Farbenmischung zuwiderliefe. An einem anderen Orte werde ich auf die Construction der Farbentafel zurückkommen und dann die Ansichten von Donders auch von dieser Seite beleuchten. —

IV.

Widerlegung der von Donders gegen die Theorie der Gegenfarben erhobenen Bedenken.

Zum Schlusse seiner Abhandlung über Farbensysteme erinnert Donders an die Bedenken, die er früher gegen meine Theorie

1) Unter der Neutralen versteht Donders die Stelle des Spectrums, welche die Rothgrünblinden farblos sehen.

erhoben habe. Die von ihm citirten Schriften ¹⁾ kenne ich nicht, wohl aber die eingangs erwähnte französische Mittheilung, in welcher (S. 11) fünf Einwürfe aufgezählt werden, welche wie ich annehmen darf, identisch sind mit den von Donders früher erhobenen:

1. „Le blanc et le noir peuvent être (d'une façon générale) opposés l'un à l'autre comme *D* et *A* (Assimilierung und Dissimilierung). Mais il n'existe pas de raison pour opposer l'un à l'autre, de la même manière, le rouge et le vert, le jaune et le bleu. L'assertion est tellement gratuite que Hering n'essaie même pas de déterminer laquelle de chacune de ces paires correspondrait à *D*, laquelle à *A*. En effet, ces couleurs sont toutes les quatre actives dans leur sphère spécifique. Toutes sont dans la même relation avec *D* et *A*. Chacune d'elles est opposée à *A*, qui, correspondant au noir, est négative vis-à-vis du blanc comme de chaque couleur“.

Dass jede Farbe, verglichen mit Schwarz, eine Helligkeit hat und insofern dem Schwarz entgegengesetzt werden kann, ist richtig, ebenso aber auch, dass jede Farbe im Vergleich mit Weiss etwas Schattiges hat. Man könnte die Farben deshalb ebenso gut zum reinen Weiss als zum reinen Schwarz in einen Gegensatz bringen, wie es thatsächlich Goethe, Schopenhauer u. A. gethan haben. Donders spricht von warmen und kalten Farben und lässt also auch einen Gegensatz zwischen zwei „complementären“ oder „Gegenfarben“ gelten. Ich selbst habe mich, als ich Roth und Grün, Gelb und Blau als Gegenfarbenpaare bezeichnete, keineswegs von ästhetischen oder physikalischen Gesichtspunkten leiten lassen, sondern lediglich von den physiologischen Thatsachen.

Dass man zwei solche Gegenfarben nicht in derselben Weise wie Schwarz und Weiss als Gegensätze auffasst, erklärt sich im Wesentlichen daraus, dass Weiss dem objectiven Licht, Schwarz aber dem Mangel eines solchen entspricht, ein Unterschied der physikalischen Bedingungen, welcher zwischen zwei Gegenfarben nicht besteht. Dazu kommt, dass die farbigen Strahlungen ebenso

1) Congrès périodique international des sciences médicales 6me session 1879. p. 601 und Aantekeningen Sectie vergadering Utrechtsch genootschap. 1880. p. 32.

wie die weissen, wenn sie sehr intensiv sind, oder das Auge empfindlich ist, sämmtlich ausser den eigentlichen Gesichtsempfindungen auch gewisse Nebenempfindungen hervorrufen können, während es einen objectiven, dem Schwarz entsprechenden Reiz für das Auge nicht gibt. Bedenkt man überhaupt, dass alle durch objectives Licht erzeugten Lichtempfindungen, seien sie farblos oder farbig, bei höheren Intensitätsgraden des ersteren ein viel grösseres Gewicht erlangen oder, wie man zu sagen pflegt, viel intensiver werden können, als jemals die schwarze Empfindung, so erklärt sich hinreichend die Neigung der Laien, Weiss und die Farben als positive Empfindungen dem Schwarz als etwas Negativem entgegenzusetzen.

An und für sich aber hat es gar keine Berechtigung, Weiss eine positive, Schwarz eine negative Empfindung zu nennen, denn jede Empfindung ist positiv.

2. „Les couleurs *simples* ne sont pas *complémentaires* dans notre sens, comme la nouvelle théorie l'affirme. La complémentaire du rouge n'est pas le vert, mais un vert-bleuâtre; celle du jaune n'est pas le bleu, mais un bleu-violet. Comment dès lors la théorie de Hering peut-elle les considérer comme antagonistes?“

Nachdem Donders, wie oben auseinandergesetzt wurde, jetzt selbst das reine Blau als Complementärfarbe des reinen Gelb, das reine Grün als Complement des reinen Roth angenommen und sich also meiner Ansicht angeschlossen hat, brauche ich auf diesen, von ihm selbst aufgegebenen Einwand nicht weiter einzugehen. Dass Donders die Farbe, welche ich als Gegenfarbe bezeichne, noch Complementärfarbe nennt, ist *hier* unwesentlich.

3. „Les couleurs complémentaires, ainsi que les deux couleurs à peu près complémentaires des paires de Hering, ne s'annihilent point, mais se combinent dans le blanc. Cela est prouvé par le mélange: le violet (une couleur saturée) et du jaune intense se couvrant à moitié produisent, au double spectroscopie, un blanc manifestement plus intense que le jaune mis en expérience. Un autre jaune, égal en intensité lumineuse au violet employé, joint à ce même jaune intense, ne produit pas un jaune supérieur en intensité au blanc qui résulte de la première expérience.“

Selon la théorie de Hering, l'intensité lumineuse serait la somme dans la dernière expérience, la différence dans la première“.

Ich habe nie behauptet, dass zwei complementäre Farben, d. h. hier zwei complementäre Strahlungen sich gegenseitig vernichten. Vielmehr habe ich gesagt, dass ihre Wirkungen in Betreff der weissen Empfindung, die sie erzeugen, sich *summiren*. Nur insofern, als jede dieser Strahlungen neben der Weissempfindung auch mehr oder weniger farbige Empfindung hervorruft, sind zwei solche Strahlungen allerdings antagonistisch; die eine z. B. erzeugt sozusagen gelbgefärbtes, die andere blaugefärbtes Weiss, zusammen geben sie farbloses Weiss, beziehungsweise Grau, wenn beide Farben lichtschwächer sind. Mischt man, wie Donders, intensives spectrales Grüngelb mit spectrumalem Violett zu Weiss, so ist die scheinbare Helligkeit des letzteren nach meiner Theorie durchaus nicht die Differenz der Helligkeiten der beiden Farben, und mischt man zu eben demselben Grüngelb ein zweites Grüngelb von der Helligkeit des zuvor benützten Violett, so ist nach meiner Theorie die scheinbare Helligkeit des Gemisches nicht die Summe der Helligkeiten der beiden Grüngelb. Man braucht nur meine bezüglichlichen Mittheilungen aufmerksam zu lesen, um sich zu überzeugen, dass weder das eine noch das andere aus meiner Theorie folgt, und ich habe desshalb nur auf §. 40 meiner Mittheilungen zu verweisen. Der ganze Einwand beruht wieder auf einer Verwechslung der Empfindung mit dem objectiven Lichte.

„Les couleurs spectrales complémentaires S et S' passent par deux fentes éclairant le fond d'une chambre noire. J'ai trouvé que si $S = S'$, on a également $\frac{S + S'}{2} = S = S'$.“

Offenbar hat Donders gemeint, $\frac{S + S'}{2}$ müsse nach meiner Theorie in jedem Falle dunkler sein als S oder S' für sich allein. Er ist hier demselben Irrthum verfallen, wie Weinhold, der den gleichen Einwand schon im Jahre 1877 erhoben hat ¹⁾. Meine Schuld aber ist das Missverständniss nicht. Wie sich aus §. 40 meiner Mittheilungen ganz unzweideutig ergibt, kann nach der daselbst entwickelten Auffassung $\frac{S + S'}{2}$ je nach den Umständen bald

1) Poggendorff's Annal. der Physik u. Chem. Neue Folge. Bd. II. 1877. S. 631.

heller bald dunkler, bald auch gleichhell sein, wie S oder S' , gleiche Helligkeit der beiden letzteren vorausgesetzt. Genau gleich hell müsste nach meiner Auffassung $\frac{S + S'}{2}$ sowohl mit S als

mit S' sein, wenn die Helligkeit der letzteren beiden gleich der des neutralen Grau ist, und dies würde wieder umsomehr der Fall sein, je gesättigter die beiden Farben S und S' sind. Das Ergebniss der von Donders bei dieser Gelegenheit erwähnten Versuche steht daher mit meiner Auffassung in keinerlei Widerspruch.

Ich hatte seinerzeit umsoweniger Veranlassung, auf Weinhold's Einwand besonders zu erwidern, als mir das Missverständniss auf der Hand zu liegen schien. Dass von anderer Seite dieser Einwand wieder aufgenommen werden würde, hatte ich nicht gefürchtet.

Uebrigens habe ich analoge Versuche, wie die von Weinhold und Donders angestellten schon seit dem Jahre 1874 hier in Prag demonstrirt, u. A. in der Sitzung des naturwissenschaftl. Vereins „Lotos“ am 9. Jan. 1875, also lange vor Weinhold's Publication. Es wurden vier parallele, gleichweit von einander abstehende farbige Streifen, zwei rothe und zwei grüne, durch einen Doppelspath betrachtet. Die Breite und der gegenseitige Abstand der Streifen war so gewählt, dass durch den Spath fünf Streifenbilder erschienen. Im mittlern Streifenbilde deckten sich $\frac{1}{2}$ Roth und $\frac{1}{2}$ Grün, im links davon gelegenen $\frac{1}{2}$ Roth und $\frac{1}{2}$ Roth, im rechts gelegenen $\frac{1}{2}$ Grün und $\frac{1}{2}$ Grün; die beiden äussersten Streifenbilder, ein rother und ein grüner wurden nur von $\frac{1}{2}$ Roth beziehungsweise $\frac{1}{2}$ Grün gebildet und kamen nicht mit in Betracht. Die farbigen Streifen waren dadurch hergestellt, dass aus einer dünnen Pappe Streifen ausgeschnitten, die Lücken mit farbigen Gläsern bedeckt und von hinten her beleuchtet wurden. Auch über die scheinbare Helligkeit des aus zwei complementären spectralen Lichtern gemischten Weiss habe ich schon vor Veröffentlichung meiner Farbentheorie im Laboratorium des Herrn Prof. Mach Versuche angestellt, um zugleich das Urtheil dieses ausgezeichneten Beobachters zu erfahren.

In meiner kurzen vorläufigen Mittheilung habe ich diese Versuche wie so sehr viele andere nicht erwähnt, weil ich mich dort überhaupt nur auf solche Versuche berufen wollte, welche

jeder ohne Beihilfe besonderer Apparate wiederholen kann. Ueberdiess erfordern gerade die Versuche über die scheinbare Helligkeit von Lichtmischungen ausführliche Auseinandersetzungen, weil die Erfahrung lehrt, dass bei Vergleichung der Helligkeiten verschiedenfarbiger Lichter die Urtheile verschieden ausfallen, je nachdem sich Einer dabei mehr von der Energie der eigentlichen Farbe, oder mehr von der Weisslichkeit der farbigen Empfindung leiten lässt, ganz abgesehen von anderen individuellen Verschiedenheiten.

4. „Le blanc n'est pas une sensation directe, indépendante. Il fait régulièrement défaut dans le spectre, là où, dans la cécité pour le rouge ou le violet, la couleur spécifique est absente.“

Dass es Farbenblinde gibt, welchen das Spectrum verkürzt erscheint, habe ich nie bestritten und auch bereits versprochen, die Umstände zu erörtern, von denen dies abhängen kann. Auch verschiedene Farbentüchtige sehen das Spectrum verschieden lang. Was daraus gegen meine Theorie folgen soll, ist nicht ersichtlich. Becker¹⁾ hat einen Fall von einseitiger totaler Farbenblindheit beschrieben, in welchem das Spectrum mit dem farbenblinden Auge genau so lang gesehen wurde, als mit dem andern. Da die Patientin mit dem einen Auge keine Farben unterschied, sondern nur farblose Lichtempfindung hatte, so war dasselbe doch auch „rothblind“, Beweis, dass der Abgang der rothen Empfindung nicht nothwendig mit Verkürzung des Spectrums einhergeht. Hippel's Fall²⁾ von einseitiger Rothgrünblindheit beweist ganz dasselbe.

5. „La théorie de Hering est insuffisante pour expliquer les différentes formes de cécité des couleurs“.

Sowohl die Rothgrünblindheit als die Gelbblaubblindheit erklärt sich aus der Theorie der Gegenfarben sozusagen von selbst; dies erkennen selbst diejenigen an, welche sonst mancherlei gegen die Theorie einzuwenden haben. Dass man infolge eines theoretischen Vorurtheiles diejenigen Rothgrünblinden, welche das Spectrum verkürzt sehen, Rothblinde, die übrigen aber Grünblinde genannt hat, kann doch nicht gegen die neue Theorie sprechen. Allerdings war bisher nicht erklärt, warum einem Theile der Rothgrünblinden das Spectrum verkürzt erscheint und warum die Ver-

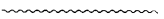
1) Arch. f. Ophthalmol. Bd. XXV. II. Abth. 1879. S. 205.

2) Arch. f. Ophthalm. Bd. XXVI. II. Abth. S. 176 u. XXVII. III. Abth. S. 47.

wechslungsfarben bei verschiedenen Rothgrünblinden etwas verschieden sind. Dies konnte aber an der wesentlichen Thatsache nichts ändern, dass sowohl die sogenannten Rothblinden als die Grünblinden weder Roth noch Grün, sondern, ausser Schwarz und Weiss, nur Gelb und Blau empfinden.

Mit der eigentlichen Farbentheorie haben die individuellen Verschiedenheiten der Rothgrünblinden nicht mehr zu thun, als die individuellen Verschiedenheiten der Schwerhörigkeit mit der Theorie der Tonempfindungen. Es stände schlecht um die Theorie der Gegenfarben, wenn sie ohne die Stütze, die sie in der pathologischen Farbenblindheit gefunden hat, nicht bestehen könnte. Sie gründete ihre Berechtigung auf die Gesammtheit der Thatsachen des Lichtsinnes und nebenbei auf die physiologische Farbenblindheit der peripheren Netzhaut, und wenn sie, wie Preyer¹⁾ sagt, die Beobachtungen, welche neuerdings an einseitig Farbenblinden gemacht wurden, „fast astronomisch sicher prophezeien“ konnte, so hat dies seinen einfachen Grund darin, dass den Physiologen seine eigene periphere Netzhaut ganz dasselbe lehrt, was den Pathologen erst die einseitig Farbenblinden gelehrt haben.

1) Arch. f. Physiol. XXV. S. 49.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Hering Ewald

Artikel/Article: [Kritik einer Abhandlung von Bonders "Über Farbensysteme" 69-101](#)