

Über Unterschiedsschwellen bei Mischungen von Kontrastfarben.

Von
G. HEYMANS.

Die hier folgende Mitteilung bezieht sich auf die Ergebnisse einer bereits ziemlich alten (in 1898 abgeschlossenen) Untersuchung, deren Veröffentlichung aber bis jetzt aufgeschoben wurde, weil dieselben mit dem Gegenstande meiner seitdem erschienenen Arbeiten über psychische Hemmung¹ in einem gewissen Zusammenhang stehen. Indem jedoch jene Ergebnisse auch abgesehen von diesem Zusammenhang vielleicht einiges Interesse beanspruchen können, empfiehlt es sich, dieselben gesondert den Fachgenossen vorzulegen, und erst am Schluß kurz auf die Beziehung derselben zu den Hemmungserscheinungen hinzuweisen.

Das Ziel der betreffenden Untersuchung war die Bestimmung der bei der Mischung von Kontrastfarben sich ergebenden Unterschiedsschwellen; das Versuchsverfahren bestand darin, daß je zwei Kontrastfarben (rot und blaugrün, braungelb und blau, weiß und schwarz) in sechs verschiedenen Verhältnissen (5 : 1, 4 : 2, 3 : 3, 2 : 4, 1 : 5, 0 : 6) gemischt, und für jede Mischung die zur Erzielung eines ebenmerklichen Unterschiedes erforderte Ersetzung der jeweilig letzteren durch die jeweilig erstere Farbe nach der Methode der Minimaländerungen ermittelt wurde. Der vielleicht etwas schwerfällige, aber immerhin brauchbare Versuchsapparat (Fig. 1) bestand aus einem graduierten flachen Metallring von 40 cm Durchmesser, welcher auf einem metallenen Kreuze montiert war, und mittels desselben auf eine gewöhnliche Drehscheibe befestigt werden konnte. Auf das Kreuz wurde eine das Innere des Ringes ganz ausfüllende blaugüne, blaue oder schwarze Farbenscheibe von 36,5 cm Durchmesser festgeschraubt;

¹ *Zeitschr. f. Psychol.* 21, S. 321—359 u. 26, S. 305—382.

in jeder dieser Farbenscheiben waren zwei sich gegenüberliegende, von der Zirkumferenz auf das Zentrum hin gerichtete Einschnitte von 7 cm Länge angebracht. Zwei metallene Aufsätze von 18° Bogenlänge konnten auf die Peripherie des Metallringes verschoben und in jeder beliebigen Stellung mittels Schrauben auf denselben fixiert werden; jene Aufsätze trugen rothe, braungelbe oder weiße Pappstücke, deren Form man aus der Figur ersehen kann, und welche mit Hilfe der Ausschnitte in den Farbenscheiben für einen beliebigen Teil hinter diesen versteckt werden konnten. Schließlich wurden doppelte Sektorenscheiben von gleichem Durchmesser wie die Farbenscheiben, aber von verschiedener Breite, in roter, braungelber und weißer Farbe angefertigt, welche, mit dem vorhin beschriebenen Apparat auf die Drehscheibe befestigt, die Beimischung beliebiger Beträge der Kontrastfarbe zur Grundfarbe gestatteten. Wurde das Ganze mittels der Hand in rasche Rotation versetzt, so war also, außer einem inneren Kreise, in welchem die Farbe der Scheibe in einem bestimmten Verhältnis mit ihrer Kontrastfarbe gemischt erschien, ein äußerer Ring wahrnehmbar, in welchem ein weiterer variierbarer Betrag der ersteren durch die zweite ersetzt worden war. — Die rote und die blaugrüne, und ebenso die braungelbe und die blaue Farbe, waren so ausgewählt bzw. durch vorsichtiges Auftragen von Tusche verdunkelt worden, daß sie, nach der MARTIUS'schen Methode untersucht, annähernd gleiche Helligkeit erkennen ließen. An den Versuchen beteiligten sich Herr cand. phil. C. W. C. HERCKENRATH, dem ich hierbei für seine freundliche Mitwirkung meinen verbindlichsten Dank ausspreche, und der Verfasser. Indem unsere Ergebnisse durchaus die gleiche Gesetzmäßigkeit erkennen ließen, habe ich geglaubt, im Interesse einer möglichst Herabsetzung der wahrscheinlichen Fehler dieselben zusammenzuschlagen und auf gemeinsame Mittelzahlen zurückführen zu dürfen.

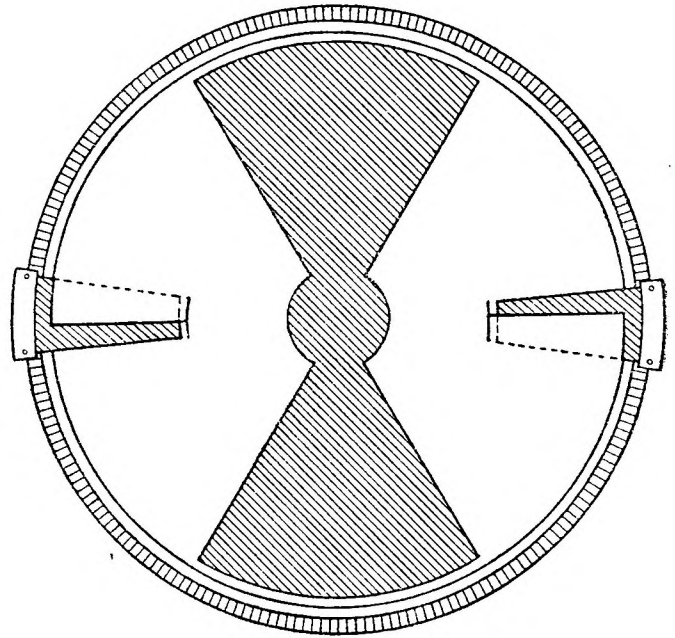


Fig. 1.

Die Resultate der Untersuchung für die drei verwendeten Farbenpaare sind in die Tabellen I—III eingetragen, und in den Figuren 2—4 (wo die Abszissen die Beträge von rot, braun-gelb und weiß im inneren Kreis, die Ordinaten die zur Erzielung eines ebenmerklichen Unterschiedes erfordernten Zusätze der nämlichen Farben im äußeren Ringe bedeuten) graphisch dargestellt worden.

Tabelle I.

(Unterschiedsschwellen bei Mischung von rot und blaugrün.)

Mischungsverhältnis		Anzahl der Versuche	Mittlere Unter- schieds- schwelle	Wahr- scheinlicher Fehler derselben in Graden	Berechnete Unter- schieds- schwelle
rot in Graden	blaugrün				
0	360	24	5,3	0,2	5,3
60	300	24	4,0	0,2	4,0
120	240	24	5,4	0,3	5,5
180	180	24	6,9	0,2	7,0
240	120	24	8,5	0,3	8,5
300	60	24	9,9	0,3	10,0

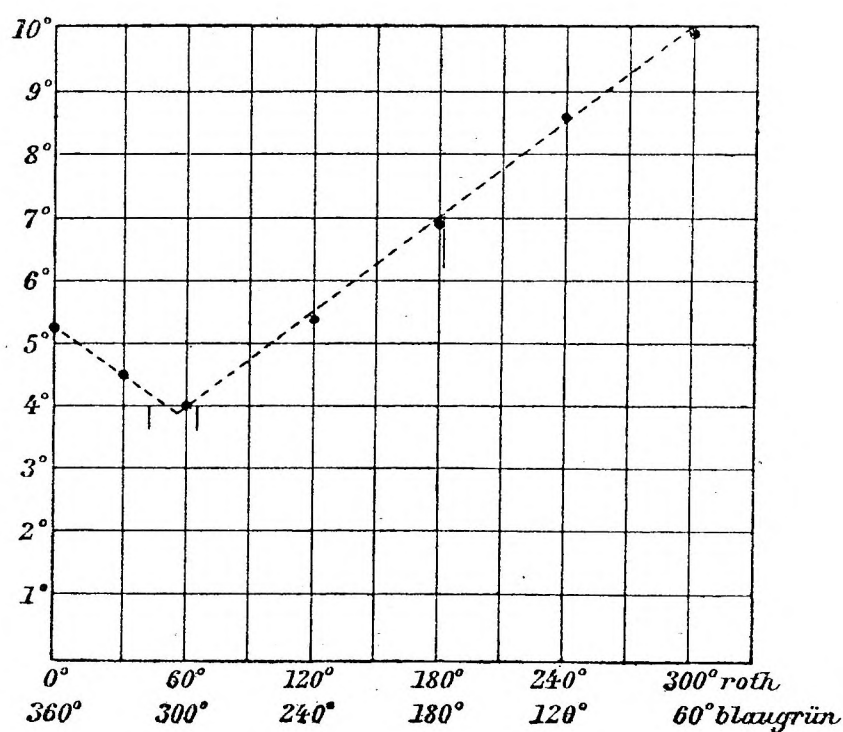


Fig. 2.

Tabelle II.
(Unterschiedsschwellen bei Mischung von braungelb und blau.)

Mischungsverhältnis		Anzahl der Versuche	Mittlere Unter- schiede- schwelle (Grad)	Wahr- scheinlicher Fehler derselben (Grad)	Berechnete Unter- schiede- schwelle (Grad)
braungelb (Grad)	blau (Grad)				
0	360	24	7,4	0,3	7,4
60	300	24	6,0	0,2	6,2
120	240	24	4,8	0,2	4,9
180	180	24	3,7	0,2	3,6
240	120	24	3,4	0,2	3,4
300	60	24	4,5	0,1	4,5

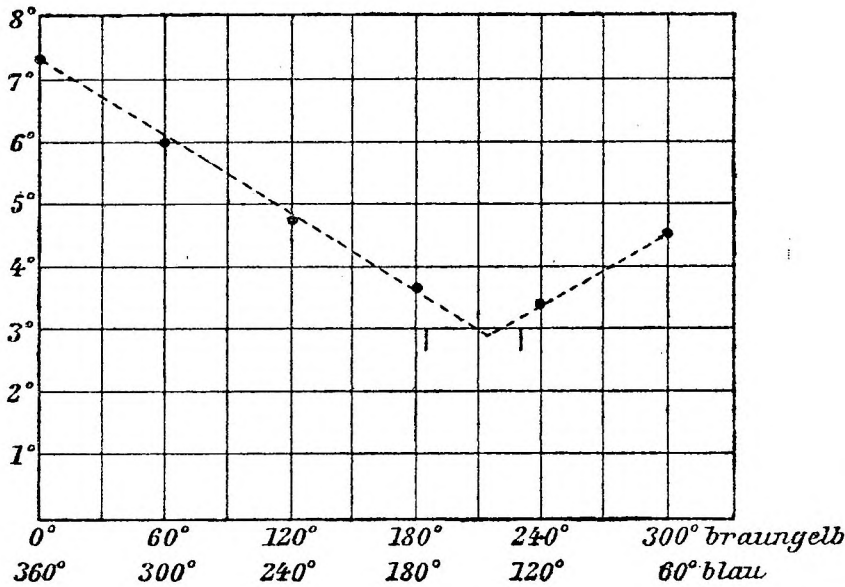


Fig. 3.

Tabelle III.
(Unterschiedsschwellen bei Mischung von weiß und schwarz.)

Mischungsverhältnis		Anzahl der Versuche	Mittlere Unter- schiede- schwelle (Grad)	Wahr- scheinlicher Fehler derselben (Grad)	Berechnete Unter- schiede- schwelle (Grad)
weiß (Grad)	schwarz (Grad)				
0	360	12	0,2	0,0	0,2
60	300	12	0,7	0,0	0,8
120	240	12	1,4	0,1	1,5
180	180	12	2,2	0,1	2,1
240	120	12	2,7	0,2	2,8
300	60	12	3,5	0,1	3,5

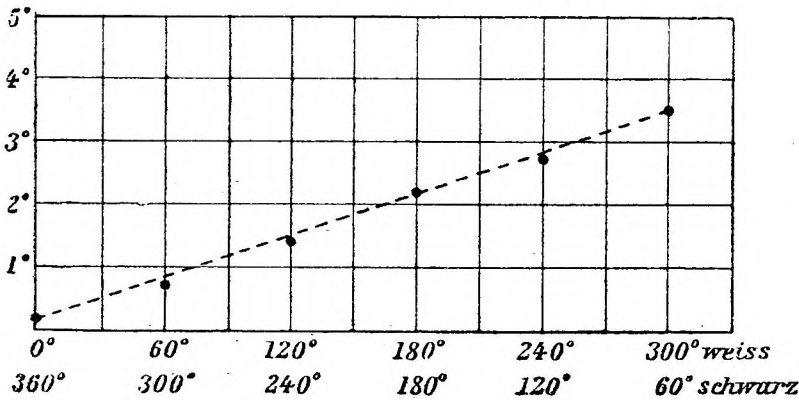


Fig. 4.

Wenn wir vorläufig von den letzten Vertikalreihen derselben absehen, erklären diese Tabellen sich selbst; nur ist zu bemerken, daß die noch immer relativ hohen wahrscheinlichen Fehler zum Teil von der während der Versuche gewonnenen Übung herühren, welche jedoch, infolge der systematischen Ordnung der Versuche, sämtlichen Fällen in gleichem Maße zu gute kam, und daher auch die Gesetzmäßigkeit der Ergebnisse ungeschwächt bestehen liefs. Diese Gesetzmäßigkeit besteht zunächst darin, daß bei der Mischung von rot und blaugrün, und ebenso bei derjenigen von braungelb und blau, die Unterschiedsschwelle bei einem mittleren Mischungsverhältnis (und zwar bei einem solchen, welches ein reines, keine der verwendeten Farben mehr hervortreten lassendes Grau ergibt) ein Minimum erreicht, von welchem sie nach beiden Seiten hin regelmäfsig ansteigt; während bei der Mischung von weiß und schwarz die Unterschiedsschwelle in bekannter Weise von der dunkelsten bis zur hellsten Nüance eine durchgehende Zunahme erkennen läfst. Des weiteren legt der nahezu geradlinige Verlauf der dort nach beiden, hier nach einer Seite ansteigenden Kurvenäste die Vermutung nahe, daß in jedem Falle die Unterschiedsschwelle von dem erwähnten Minimum an proportional denjenigen Beträgen anwächst, um welche Stücke der einen durch solche der anderen Farbe ersetzt worden sind. Berechnet man an der Hand dieser Vermutung die wahrscheinlichen Werte der Mischungsverhältnisse höchster Unterschiedsempfindlichkeit, die diesen Verhältnissen entsprechenden Unterschiedsschwellen, und die Erhöhungen, welche diese Unterschiedsschwellen bei Ersetzung einer Farbe durch die andere im Verhältnis zum Betrage dieser Ersetzung erfahren, so ergeben sich folgende Zahlen:

1. Bei der Mischung von rot und blaugrün wird die (an der zur Unterscheidung erfordernten Hinzufügung von rot gemessene) Unterschiedsschwelle minimal ($= 3,83^\circ$) bei einem Mischungsverhältnis von 55° rot auf 305° blaugrün.¹ Sie steigt von diesem

¹ Da die in Tab. I aufgenommenen Zahlen den einen der beiden Kurvenäste nur durch einen einzigen Punkt bestimmen, war zur Feststellung der im Texte angegebenen Werte noch eine weitere Versuchsreihe erfordert. In derselben wurde die Unterschiedsschwelle bei einem Mischungsverhältnis von 30° rot auf 330° blaugrün bestimmt, und $= 4,5^\circ$ gefunden. Indem die betreffenden Versuche mehrere Monate nach Abschluß der anderen Versuche stattfanden, und sich an denselben nur der

Punkte an um $0,027^\circ$ für jeden Grad rot der durch blaugrün, und um $0,025^\circ$ für jeden Grad blaugrün der durch rot ersetzt wird.

2. Bei der Mischung von braungelb und blau wird die (an der zur Unterscheidung erfordernten Hinzufügung von braungelb gemessene) Unterschiedsschwelle minimal ($= 2,92^\circ$) bei einem Mischungsverhältnis von $214,4^\circ$ braungelb auf $145,6^\circ$ blau. Sie steigt von diesem Punkte an um $0,0205^\circ$ für jeden Grad braungelb der durch blau, und um $0,0183^\circ$ für jeden Grad blau der durch braungelb ersetzt wird.

3. Bei der Mischung von weiß und schwarz wird die (an der zur Unterscheidung erfordernten Hinzufügung von weiß gemessene) Unterschiedsschwelle minimal ($= 0,16^\circ$) bei möglichst reinem Schwarz. Sie steigt von diesem Punkte an um $0,011^\circ$ für jeden Grad schwarz der durch weiß ersetzt wird.

Die unter Zugrundelegung dieser Werte berechneten Unterschiedsschwellen sind in die letzten Vertikalkolumnen der Tabellen I—III eingetragen, und in Figur 2—4 durch gestrichelte Linien dargestellt worden. Wie man sieht, stimmen dieselben mit den Beobachtungsergebnissen nahezu vollständig zusammen. — Außerdem sind in den Figuren 2 und 3 durch kleine Vertikalstriche die Grenzen bezeichnet worden, innerhalb derer eine Mischung von rot und blaugrün, bzw. von braungelb und blau, als grau beurtheilt wurde; beide Male liegen die Stellen maximaler Unterschiedsempfindlichkeit zwischen diesen Grenzen eingeschlossen.

Das wären also die Tatsachen, welche ich mitzuteilen hatte. Das Interesse, welches dieselben bieten, liegt, wie mir scheint, zunächst darin, daß sie dem Gültigkeitsgebiete des Hemmungsgesetzes (bzw. des darin als Grenzfall enthaltenen WEBERSchen Gesetzes) ein neues Stück hinzufügen. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß bei Mischungen von rot und blaugrün, bzw. braungelb und blau, die Unterschiedsschwelle von einem Minimum an, welches einer als grau wahrgenommenen Mischung entspricht,

Verfasser betheiligen konnte, ist die Verwertung des Ergebnisses derselben im Zusammenhang mit den Ergebnissen jener anderen nicht durchwegs einwandfrei; der Fehler kann aber nicht groß gewesen sein, und außerdem im schlimmsten Falle nur die Beträge der ermittelten Konstanten, nicht aber die gefundene Gesetzmäßigkeit affiziert haben.

Tabelle IV.

(Sättigungsschwellen bei Mischung von rot, bezw. blaugrün, und grau.)

Experimentell ermittelte Werte (s. Tab. I)		Ungerechnete Werte		Absolute Unterschiedschwellen	Hemmungskoeffizienten
Innerer Kreis	Äußerer Ring	Innerer Kreis	Äußerer Ring		
0° rot u. 360° blaugrün	5,3° rot u. 354,7° blaugrün	360° blaugrün u. 0° grau	325,3° blaugrün u. 34,7° grau	} 34,7° blaugrün	blaugrün-blaugrün 0,098
30° rot u. 330° blaugrün	34,5° rot u. 325,5° blaugrün	163,6° blaugrün u. 196,4° grau	134,2° blaugrün u. 225,8° grau		
(55° rot u. 305° blaugrün	58,8° rot u. 301,2° blaugrün)	0° rot u. 360° grau	4,5° rot u. 355,5° grau	} 25,0° blaugrün = 4,5° rot	grau-blaugrün 0,070 grau-rot 0,013
60° rot u. 300° blaugrün	64,0° rot u. 296,0° blaugrün	5,9° rot u. 354,1° grau	10,6° rot u. 349,4° grau		
120° rot u. 240° blaugrün	125,4° rot u. 234,6° blaugrün	76,7° rot u. 283,3° grau	83,1° rot u. 276,9° grau	} 6,4° rot	0,035
180° rot u. 180° blaugrün	186,9° rot u. 173,1° blaugrün	147,5° rot u. 212,5° grau	155,7° rot u. 204,3° grau		
240° rot u. 120° blaugrün	248,5° rot u. 111,5° blaugrün	218,4° rot u. 141,6° grau	228,4° rot u. 131,6° grau	} 10,0° rot	0,037
300° rot u. 60° blaugrün	309,9° rot u. 50,1° blaugrün	289,2° rot u. 70,8° grau	300,9° rot u. 59,1° grau		
				} 11,7° rot	0,037
				} 4,7° rot	rot-rot 0,016
				} 8,2° rot	0,036

Tabelle V.

(Sättigungsschwellen bei Mischung von braungelb, bzw. blau, und grau.)

Experimentell ermittelte Werte (s. Tab. II)		Ungerechnete Werte		Absolute Unterschiedsschwellen	Hemmungskoeffizienten
Innerer Kreis	Äußerer Ring	Innerer Kreis	Äußerer Ring		
0° braungelb u. 360° blau	7,4° braungelb u. 352,6° blau	360° blau u. 0° grau	347,6° blau u. 12,4° grau	} 12,4° blau	blau - blau 0,035
60° braungelb u. 300° blau	66,0° braungelb u. 294,0° blau	259,3° blau u. 100,7° grau	249,2° blau u. 110,8° grau		
120° braungelb u. 240° blau	124,8° braungelb u. 235,2° blau	158,5° blau u. 201,5° grau	150,5° blau u. 209,5° grau		
180° braungelb u. 180° blau	183,7° braungelb u. 176,3° blau	57,8° blau u. 302,2° grau	51,6° blau u. 308,4° grau		
(214,4° braungelb u. 145,6° blau	217,3° braungelb u.) 142,7° blau)	0° braungelb u. 360° grau	7,5° braungelb u. 352,5° grau	} 5,1° blau = 7,5° braungelb	grau - blau 0,014 grau - braungelb 0,021
240° braungelb u. 120° blau	243,4° braungelb u. 116,6° blau	63,6° braungelb u. 296,4° grau	72,0° braungelb u. 288,0° grau		
300° braungelb u. 60° blau	304,5° braungelb u. 55,5° blau	211,8° braungelb u. 148,2° grau	222,9° braungelb u. 137,1° grau	} 11,1° braungelb	braungelb - braungelb 0,034 0,037

nach beiden Seiten proportional denjenigen Beträgen ansteigt, um welche Stücke der einen durch solche der anderen Kontrastfarbe ersetzt worden sind. Diese Ersetzung bedeutet aber nichts weiter als eine zunehmende Sättigung der betreffenden Farbe: indem beispielsweise rot und blaugrün sich im Verhältnis von 55 : 305 kompensieren, läßt sich eine Mischung, in welcher rot überwiegt, ohne weiteres als eine solche von rot mit jenem Grau ansehen: also etwa die Mischung von 300° rot und 60° blaugrün als eine solche von $60 + 60 \frac{55}{305} = 70,8^\circ$ grau und 289,2° rot, und die von dieser eben zu unterscheidende Mischung von 309,9° rot und 50,1° blaugrün als eine solche von $50,1 + 50,1 \frac{55}{305} = 59,1^\circ$ grau und 300,9° rot. Berechnet man nach diesem Schema die Zusammensetzung aller bei den vorliegenden Versuchen als eben unterscheidbar erkannten Farbmischungen, so ergeben sich die in Tabellen IV und V zusammengestellten Zahlen.

Wie leicht nachzusehen, enthalten in diesen Tabellen die 1. und 2. Kolumne (mit Ausnahme der zwischen Klammern gestellten Zahlen) einfach die Beobachtungsergebnisse aus Tabellen I—II; die 3. und 4. Kolumne die nach obigem Schema umgerechneten Werte derselben; und die 5. Kolumne die Differenzen zwischen den entsprechenden Zahlen aus der 3. und 4. Diese Differenzen sind offenbar in Bezug auf die Sättigung, was Reizschwellen und absolute Unterschiedsschwellen in Bezug auf die Intensität der Empfindungen sind: die für vollständig kompensierte Mischungen gefundenen (durch fette Zahlzeichen angedeuteten) Werte bestimmen den Sättigungsgrad einer Farbe, welche dazu erfordert ist sie eben wahrnehmbar zu machen; und die übrigen Werte bestimmen die Sättigungsdifferenzen, welche dazu erfordert sind, Farben von bestimmten Sättigungsgraden eben von anderen unterscheiden zu können. Des weiteren sind alle diese Reiz- und Unterschiedsschwellen reine Sättigungsschwellen, da, wie oben bemerkt wurde, die jeweilig mit einander vermischten Farben gleiche Helligkeit besaßen, und also auch ein Grau von gleicher Helligkeit hervorbrachten. — Vergleicht man nun diese absoluten Unterschiedsschwellen mit den entsprechenden Sättigungsgraden, so scheinen sie zunächst den Forderungen des WEBERSchen Gesetzes wenig zu genügen; viel-

mehr steigen die relativen Unterschiedsschwellen, welche sich bei Teilung jener durch diese ergeben, bei abnehmender Sättigung überall rasch an (z. B. bei rot von $\frac{11,7}{\frac{1}{2} (289,2 + 300,9)} = 0,040$ bis zu $\frac{4,7}{\frac{1}{2} (5,9 + 10,6)} = 0,569$), ohne daß irgendwo eine Strecke zu erkennen wäre, über welche sich die relative Unterschiedsschwelle auch nur annähernd konstant erhält. Zieht man aber die Hemmungstheorie zu Rate, so tritt die gemeinsame Gesetzmäßigkeit, welche die Erkennung von Intensitäts- und von Sättigungsunterschieden beherrscht, ohne weiteres an den Tag. Nach dieser Theorie beruhen nämlich alle Unterschiedsschwellen auf Hemmungswirkungen, welche von den Vergleichsreizen verursacht werden, und sich diesen Ursachen proportional verhalten; nun sind aber bei den vorliegenden Versuchen die Vergleichsreize aus grauen und farbigen Komponenten zusammengesetzt, und es liegt am nächsten anzunehmen, daß die hemmende Wirkung der Mischung sich aus den hemmenden Wirkungen jener Komponenten aufbauen wird. Um diese Annahme zu erproben, berechnen wir zuerst die Hemmungskoeffizienten (durch welche das Verhältnis zwischen den hemmenden und den eben gehemmten Reizbeträgen gemessen wird) für die Wirkung des durch Mischung zweier Komplementärfarben hervorgebrachten Grau auf jede dieser Farben, und finden nach Tabellen IV und V folgende Zahlen:

Hemmungskoeff. grau-rot	$= \frac{4,5}{\frac{1}{2} (360 + 355,5)} = 0,013$
„ grau-blaugrün	$= \frac{25,0}{\frac{1}{2} (360 + 355,5)} = 0,070$
„ grau-braungelb	$= \frac{7,5}{\frac{1}{2} (360 + 352,5)} = 0,021$
„ grau-blau	$= \frac{5,1}{\frac{1}{2} (360 + 352,5)} = 0,014$

Aus diesen Zahlen läßt sich dann für jede der vorliegenden Mischungen die totale Hemmungswirkung des dabei verwendeten Grau berechnen; ziehen wir dieselbe von der entsprechenden (in der 5. Kolumne der Tabellen IV und V verzeichneten) Unterschiedsschwelle ab, und teilen den Rest durch den Betrag des beigemischten Rot, Blaugrün, Braungelb oder Blau, so ergeben

sich die Hemmungskoeffizienten für die Wirkung von rot auf rot, blaugrün auf blaugrün, braungelb auf braungelb, und blau auf blau. Diese Hemmungskoeffizienten sind in die 6. Vertikalkolumnen der Tabellen IV und V angegeben; die schöne Übereinstimmung zwischen den verschiedenen für je eine Farbe gefundenen Werten bestätigt unsere Annahme, daß die Hemmungswirkungen mehrerer in eine Mischung eingehender Komponenten sich einfach addieren, und berechtigt uns zum Schluß, daß die Hemmungstheorie von den vorliegenden Tatsachen volle und genaue Rechenschaft zu geben vermag.

Eine zweite Folgerung aus den mitgeteilten Versuchsergebnissen will ich nur kurz andeuten, da dieselbe ein Gebiet betrifft, auf welchem ich niemals selbständig gearbeitet habe, und mich auch einer einigermaßen vollständigen Kenntnis der Untersuchungen anderer nicht rühmen darf: ich meine das Gebiet der Farbentheorie. Es will mir nämlich scheinen, als ob mit den vorliegenden Ergebnissen sowohl die Ansichten, welche alle Verbindungen von Kontrastfarben als Produkte einer Addition, wie die anderen, welche alle Verbindungen von Kontrastfarben als Produkte einer Subtraktion auffassen, sich schwerlich reimen ließen. Nach jenen ersteren, an den Namen HELMHOLTZ' geknüpften Auffassungen wäre zu erwarten gewesen, daß, wenn etwa die Ersetzung eines kleinen Teiles einer blaugrünen Sektorenscheibe durch rot eine Herabsetzung der Unterschiedsschwelle für rot bedingt (s. Tab. I), auch jede weitere Ersetzung von blaugrün durch rot eine weitere Herabsetzung dieser Unterschiedsschwelle ergeben müßte; nicht nur nach der Hemmungstheorie, welche jenes erstere Resultat als Folge einer geringeren Hemmungskraft von rot im Vergleiche mit blaugrün deuten müßte, sondern auch ohne dieselbe, weil überall, sofern Komplikationen ausgeschlossen sind, Verstärkung einer Ursache Verstärkung der zugehörigen Wirkung mit sich führt. Wir haben jedoch gesehen, daß umgekehrt die Unterschiedsschwelle nur bis zu einem bestimmten Verhältnis von rot und blaugrün nach unten, von dort an aber wieder regelmäßig nach oben geht; und für die Zusammenstellung von braungelb und blau hat sich (Tab. II) ein durchaus analoges Resultat ergeben. — Dieses Resultat scheint nun mit jener zweiten, von HERING herrührenden Auffassung aufs beste zu stimmen: liegt doch nach dieser Auffassung das Minimum der Reizung eben dort, wo wir

die Unterschiedsschwelle minimal gefunden haben, nämlich bei der (auf Gleichgewicht der Assimilations- und Dissimilationsprozesse in der „rotgrünen“ bzw. „blaugelben Substanz“ beruhenden) ausschließlichen Wahrnehmung von grau. Aber hier kommen die Schwierigkeiten von der anderen Seite her. Wenn, wie HERING annimmt, auch die Empfindungen von weiß und schwarz auf Dissimilations- und Assimilationsprozessen in einer dritten, der „schwarzweißen Substanz“ beruhen, so muß es notwendig auch hier eine mittlere Nüance geben, für welche sich Assimilation und Dissimilation die Wage halten, für welche also die Reizung minimal wird, und für welche demnach gleichfalls ein Minimum der Unterschiedsschwelle zu erwarten wäre. Ein solches Minimum haben aber weder die obigen (Tab. III), noch alle früheren in Bezug auf die Gültigkeit des WEBERSchen Gesetzes für Lichtempfindungen angestellten Untersuchungen ans Licht bringen können; vielmehr ist ausnahmslos gefunden worden, daß die Unterschiedsschwelle vom tiefsten Schwarz bis zum hellsten Weiß in stetiger Zunahme begriffen ist. Dieses Resultat scheint mir nun, besonders nachdem für die anderen Kontrastfarben ein entgegengesetztes Verhalten festgestellt worden ist, deutlich darauf hinzuweisen, daß wir es hier nicht, wie dort, mit „antagonistischen“, sich in ihrer Wirkung aufhebenden Reizen zu tun haben, sondern daß sich vielmehr der farblose Lichtreiz einem konstanten inneren Reize, welcher die Schwarzempfindung hervorruft, einfach superponiert. An einen Versuch, die vorliegenden psychophysiologischen Verhältnisse genauer zu bestimmen, wage ich mich aus oben angedeuteten Gründen nicht heran; ich habe nur der Vermutung Ausdruck geben wollen, daß zu den mannigfachen Gründen, welche gegen die HERINGSche Gleichsetzung des Verhältnisses zwischen weiß und schwarz mit den Verhältnissen zwischen anderen kontrastierenden Farben angeführt worden sind, durch die vorliegende Untersuchung ein neuer Grund hinzugefügt worden ist. Das letzte Wort über diese Vermutung auszusprechen, überlasse ich gern und mit Vertrauen den Physiologen.

(Eingegangen am 6. Februar 1903.)