

# Die Gültigkeit des NEWTONSchen Farbenmischungsgesetzes bei dem sog. grünblinden Farbensystem.

Von

EUGEN BRODHUN.

Im Jahre 1887 hat Hr. A. KÖNIG Versuche veröffentlicht,<sup>1</sup> welche ich in Bezug auf die Gültigkeit des NEWTONSchen Farbenmischungsgesetzes angestellt hatte. Die damals gemachte Zusage, daß eine ausführlichere Veröffentlichung darüber folgen solle, ist bisher nicht erfüllt worden. Obwohl nun inzwischen über denselben Gegenstand mit einem besseren Apparate sehr viel umfangreichere Versuche angestellt sind,<sup>2</sup> als die meinigen, welche nur orientierende sein sollten, will ich doch jetzt das Versäumte nachholen. Dazu veranlaßt mich vornehmlich der wiederholt geäußerte Wunsch von Hrn. A. KÖNIG, und es berechtigt mich dazu der Umstand, daß es sich noch immer um eine Streitfrage handelt. In der That steht die Frage nach der strengen Gültigkeit des NEWTONSchen Farbenmischungsgesetzes im wesentlichen noch auf demselben Punkte, wie zur Zeit meiner Versuche. Obwohl eine ganze Reihe in sich übereinstimmender Untersuchungen vorliegen, welche erhebliche Abweichungen vom NEWTONSchen Gesetz der Farbenmischung zunächst für Farbenblinde erweisen sollten, haben sich dieselben doch bisher nicht allgemein Geltung verschaffen können.

Ein Blick auf die Litteratur wird das zeigen.

---

<sup>1</sup> A. KÖNIG, Über NEWTONS Gesetz der Farbenmischung und darauf bezügliche Versuche des Hrn. EUGEN BRODHUN. *Sitzungsber. d. Berl. Akad.*, Sitzung vom 31. März 1887. S. 311.

<sup>2</sup> Die noch nicht veröffentlichten Versuche des Hrn. E. TONN, vgl. *diese Zeitschrift*. Bd. IV. S. 263. (Note.)

Eine Anzahl Untersuchungen in Bezug auf diesen Gegenstand beziehen sich auf Beobachtungen des neutralen Punktes der Farbenblinden, d. h. derjenigen Stelle im Spektrum, welche ihnen gleich dem unzerlegten weißen Lichte erscheint. Als Hr. PREYER<sup>1</sup> diese Stelle der Wellenlänge nach bestimmte, fand er, daß ihre Lage bei veränderter Lichtstärke eine andere wird, und zwar bei steigender Intensität sich nach dem violetten Ende des Spektrums hin verschiebt. Genauere Untersuchungen stellte Hr. A. KÖNIG<sup>2</sup> darüber mit Hülfe des HELMHOLTZschen Farbenmischapparates an. Er bedeckte die eine Prismenfläche mit weißem Papier, welches mit einer Schicht Magnesiumoxyd überzogen war, und beleuchtete dasselbe mit Wolkenlicht, während die andere Fläche wie gewöhnlich monochromatisch erleuchtet wurde. Die Intensität wurde dann bei der letzteren Fläche durch zwei vor den Spalt gestellte Nicols, bei dem weißen Licht durch Abdecken eines Spiegels bewirkt, welcher das weiße Licht auffallen liefs. Hr. A. KÖNIG erhielt dasselbe Resultat, wie Hr. PREYER; er fand, daß bei hohen Intensitäten die Lage des neutralen Punktes unverändert ist, daß sie aber bei niedrigen Intensitäten nach dem roten Ende des Spektrums wandert. Die Bestimmung des neutralen Punktes ist nun aber offenbar nichts anderes, als die Herstellung einer Farbengleichung zwischen homogenem Licht und einer komplizierten Mischfarbe, dem weißen Licht. Die erwähnten Beobachtungen, welche an mehreren Farbenblinden ausgeführt wurden, ergaben also Abweichungen vom NEWTONschen Gesetz, nach welchem die Farbengleichung von der Intensität unabhängig sein mußte.

Die Hrn. A. KÖNIG und C. DIETERICI<sup>3</sup> waren der Ansicht, daß sich diese Abweichung nur auf einen sehr kleinen Teil des Spektrums erstreckt, und daß sie mit der Absorption durch die Macula lutea in Zusammenhang stehe. Es soll hier gleich erwähnt werden, daß Hr. HERING<sup>4</sup> auch Bestimmungen des

---

<sup>1</sup> W. PREYER, *Pflügers Archiv*, Bd. 25, 1881; auch separat erschienen unter dem Titel: *Über den Farben- und Temperatursinn*. Bonn 1881.

<sup>2</sup> A. KÖNIG, *Wied. Ann.* Bd. 22. S. 567. 1884. *Gräfes Archiv*, Bd. 30. Abt. 2. S. 155. 1884.

<sup>3</sup> A. KÖNIG und C. DIETERICI, *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* vom 29. Juli 1886. S. 805.

<sup>4</sup> E. HERING, *Lotos*. Neue Folge. Bd. VI. 1885. Auch separat erschienen unter dem Titel: *Über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinns*. Prag. 1885.

neutralen Punktes ausführen liefs, bei welchen obige Versuche sich nicht bestätigten. Hr. HERING fand die Lage des neutralen Punktes konstant, obwohl er die Intensität des verglichenen Lichtes zwischen 1 und 50 variierte.

Weiter ist dann eine Inkonstanz der Farbengleichungen von den Hrn. A. KÖNIG und C. DIETERICI<sup>1</sup> bei Bestimmung der Elementarfarbenempfindungen an einem Farbenblinden, Hrn. R. Ritter, vermutet worden. Die Verfasser sagen: „Die Unabhängigkeit von der Intensität schien nicht ganz sicher vorhanden zu sein.“ Ausserdem hebt Hr. J. v. KRIES<sup>2</sup> die mangelhafte Übereinstimmung in den von Hrn. RÄHLMANN gewonnenen Gleichungen (zwischen rot, grün und blau) desselben Farbenblinden hervor. Er schliesst daraus, dafs, wenn jene Gleichungen richtig wären, die GRASSMANN'schen Sätze unrichtig sein müßten, setzt aber dann hinzu: Dies anzunehmen, wird man wohl kaum geneigt sein. Schliesslich sind Beobachtungen ganz derselben Art, wie ich sie beschreiben werde, von Hrn. VAN DER WEYDE<sup>3</sup> veröffentlicht worden, ohne dafs aber ihre Tragweite, wie auch Hr. HERING<sup>4</sup> hervorhebt, von ihm recht erkannt worden ist.

Hr. HERING ist diesen Versuchen sehr bestimmt entgegengetreten. Er sagt z. B.:<sup>5</sup> „Ich habe seinerzeit mit zwei sehr grossen Nicols am DONDERSS'schen Spektroskop die Versuche VAN DER WEYDES demonstriert zum warnenden Beispiel, wie man derartige Versuche nicht machen dürfe“, und an anderer Stelle<sup>6</sup>: „Wenn heute jemand zu beweisen versuchen würde, dafs die Atomgewichte sich mit den absoluten Gewichten ändern, so könnte dies für den Chemiker nicht weniger überraschend sein, als die Behauptungen VAN DER WEYDES für den Physiologen sind. Denn wären sie richtig, so müßte, wie dort die Chemie, so hier die Lehre vom Farbensinn wieder von vorn beginnen.“

---

<sup>1</sup> A. KÖNIG u. C. DIETERICI, *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* v. 29. Juli 1886. S. 808.

<sup>2</sup> J. v. KRIES, *Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse.* Leipzig 1882. S. 143.

<sup>3</sup> J. A. VAN DER WEYDE, Onderzoekingen gedaan in het Physiol. Labor. der Utrechtsche Hoogschool. 3. Reeks. D. VII Bl. 1. 1881. *Gräfes Archiv.* Bd. 28. Abt. 1. S. 1. 1882.

<sup>4</sup> E. HERING, a. a. O., S. 5 ff. der Separatausgabe.

<sup>5</sup> A. a. O. S. 5 ff.

<sup>6</sup> A. a. O. S. 8.

Da ich öfter Gelegenheit hatte, mich von der Inkonstanz des neutralen Punktes bei meinem Farbensystem zu überzeugen, so ging ich bei meinen Versuchen von dieser Thatsache aus, substituierte aber für die komplizierte Mischfarbe eine solche, welche nur aus zwei homogenen Lichtern besteht. Der Apparat, dessen ich mich bediente, war der HELMHOLTZsche Farbenmischapparat in der Gestalt, wie ihn die Hrn. A. KÖNIG und C. DIETERICI beschrieben haben;<sup>1</sup> ich brauche ihn deshalb hier nicht nochmals zu beschreiben.

Es wurde z. B. mit dem linken Rohre eine Mischung aus  $\lambda = 615 \mu\mu$  und  $\lambda = 460 \mu\mu$  hergestellt und das Verhältniß der beiden Farben so gewählt, daß es bei einer bestimmten Intensität (Spaltbreite) gleich  $\lambda = 496 \mu\mu$  war. Sodann wurde die Intensität der Mischung verringert und immer mit dem rechten Rohre diejenige Wellenlänge gesucht, welche der Mischung bei dieser Intensität gleich war. Das Ergebnis war:

Linker Spalt (Mischung):	60	40	20	10	5
Wellenlänge rechts:	496,0	496,2	497,1	499,9	509,6

Die ausgezogene Kurve in Fig. 1 zeigt dasselbe in graphischer Darstellung; als Abscissen sind die Wellenlängen, als Ordinaten die Spaltbreiten (Intensitäten) benutzt. Die gleichzeitig eingetragene punktierte Kurve ist die vollständigste der von Hrn. A. KÖNIG bei seinen erwähnten Versuchen an Farbenblinden für Wolkenlicht erhaltenen Kurven. Beide Kurven haben genau denselben Typus; eine vollständigere Übereinstimmung kann nicht erwartet werden, da die benutzten Einheiten für die Intensität nicht miteinander zu vergleichen sind und auch verschiedenes Licht zur Ausfüllung des nicht homogen erleuchteten Feldes verwandt wurde. Der obere Teil, welcher den höheren Intensitäten entspricht, steigt sehr steil an, der untere sehr allmählich; bei niedrigen Intensitäten änderte sich die Gleichung sehr viel schneller, als bei höheren. Bedenkt man, daß an der beobachteten Stelle des Spektrums die Empfindlichkeit für Farbenunterschiede für mich am größten ist,<sup>2</sup> so wird man das Ergebnis nicht auf Beobachtungsfehler schieben können.

Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, wenn ich erwähne,

<sup>1</sup> Diese Zeitschrift Bd. IV. S. 243 ff.

<sup>2</sup> E. BRODHUN, Diese Zeitschrift, Bd. III. S. 97.

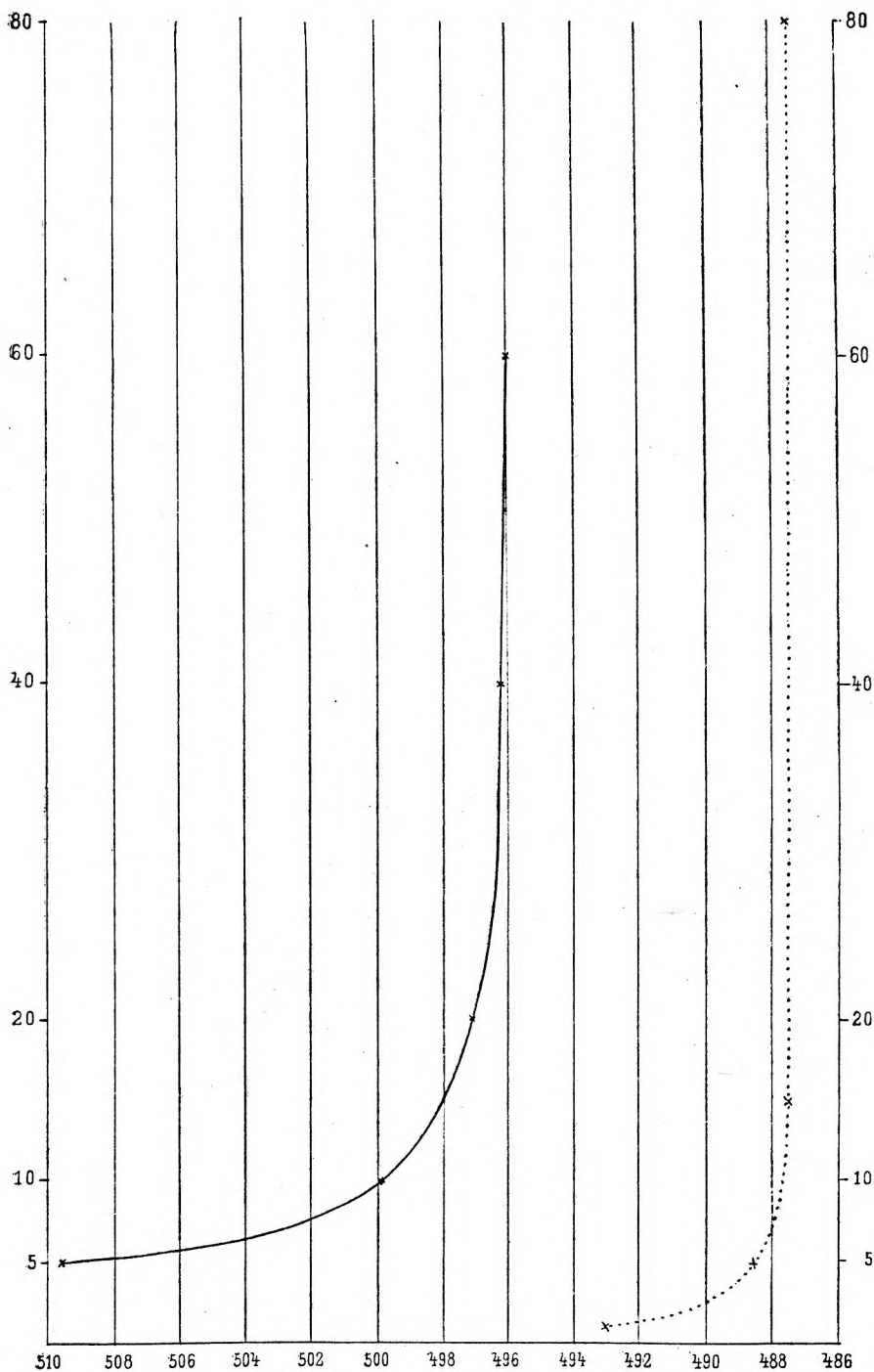


Fig. 1.

daß es nach dem Augenschein das monochromatische Licht ist, welches bei Intensitätsänderung seine Farbe ändert oder wenigstens in weit höherem Grade ändert, als die Mischung. Wenn der Farbenton beider Felder im Farbenmischapparat etwa so gewählt war, daß er mir gelblich erschien, so wurde bei Herabsetzung der Intensität beider Felder der Ton des homogenen Feldes bläulicher, während der der Mischung gelblich blieb. Dies stimmt dem Sinne nach überein mit einer bereits von PURKINJE<sup>1</sup> am trichromatischen Farbensystem beobachteten Thatsache, wonach gelbliches Grün bei abnehmender Helligkeit bläulich wird.

Es liegt auf der Hand, daß ich mich bei der Beobachtung der beschriebenen Erscheinung nach Möglichkeit vor im Apparate verborgenen Fehlerquellen oder vor solchen, welche der Untersuchungsmethode etwa anhafteten, zu sichern bemühte. Aus diesem Grunde stellte ich zwei Kontrollversuche an. Erstens brachte ich zwischen dem rechteckigen Okularspalt, durch welchen die gefärbten Felder betrachtet werden, und dem Auge zwei Nicolsche Prismen an, von denen das dem Spalte nächste so gestellt war, daß es die Farbengleichung im Apparat nicht zerstörte, d. h. daß sein Hauptschnitt mit den Polarisationssebenen der Komponenten der Farbenmischung einen Winkel von  $45^\circ$  bildete, während der dem Auge nächste eine beliebige Stellung hatte. Durch beide Nicols blickend, stellte ich nun völlige Gleichheit beider Felder her und drehte dann das dem Auge nächste Nicol, wodurch die Helligkeit beider Felder zugleich erhöht oder erniedrigt wurde. Die Erscheinung war genau dieselbe, wie früher: jedesmal trat mit der Änderung der Intensität Farbenungleichheit in der beschriebenen Weise ein. Noch einfacher war ein zweiter Versuch. War vollständige Gleichheit hergestellt, so wurde der rechteckige Okularspalt von oben oder unten verkürzt. Auch hierdurch wurde gleichzeitige Schwächung beider Felder bewirkt, und wieder zeigte sich die beschriebene Erscheinung, ja sie war infolge des schnellen Helligkeitswechsels besonders auffallend.

Die Wanderung des neutralen Punktes ist nun folgender-

---

<sup>1</sup> J. E. PURKINJE, *Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne*. 1825. Zweites Bändchen. S. 109.



maßen aufzufassen: Das weiße Licht besteht zum Teil aus solchen Strahlen, welche ihre Farben in der beschriebenen Weise ändern, zum Teil aus solchen, bei denen dies wenig oder gar nicht der Fall ist, es wird mithin zwar bei geringerer Intensität bläulicher werden, aber weniger, als das ihm bei einer bestimmten Intensität gleiche homogene Licht. Je niedriger also die Intensität der Mischung wird, um so mehr verschiebt sich das ihr gleiche homogene Licht nach dem roten Ende des Spektrums. Nach dieser Erklärung steht auch die von Trichromaten und Farbenblinden beobachtete und häufig beschriebene Thatsache, daß weißes Licht bei geringerer Intensität bläulicher wird, nicht mehr mit der Wanderung des neutralen Punktes im Widerspruch.

Nachdem mit den beschriebenen Versuchen, wie ich glaube, unwiderleglich, für mein Farbensystem erhebliche Abweichungen von dem NEWTONSchen Gesetz nachgewiesen waren, lag es nahe, zu einer zweiten Untersuchung überzugehen: nämlich festzustellen, in welchem Bereiche des Spektrums und in welchem Helligkeitsbereich diese Abweichungen vorkommen. Auch ein zu diesem Zwecke einzuschlagender Weg lag auf der Hand: es waren die Elementarempfindungskurven für sehr verschiedene, jedesmal zu messende Helligkeiten herzustellen. Aber dieser Weg erforderte mehr Zeit, als ich auf die Untersuchung verwenden konnte, um so mehr, als ich bei dem vorliegenden Apparat auf die von den Hrn. A. KÖNIG und C. DIETERICI<sup>1</sup> als „zweite“ beschriebene, umständlichere Methode angewiesen war. So entschloß ich mich, nur orientierende Versuche anzustellen und mich dabei der „ersten“ Methode zu bedienen, indem ich aus zwei Komponenten, welche so weit auseinanderliegend gewählt wurden, als es der Apparat gestattete, Gleichungen mit den dazwischenliegenden Wellenlängen bei möglichst verschiedenen Intensitäten herstellte.

Als Komponenten wurden die Wellenlängen  $615\ \mu\mu$  und  $460\ \mu\mu$  gewählt und die Wellenlängen 580, 560, 540, 520, 500, 480  $\mu\mu$  bei verschiedenen Helligkeiten, nämlich den Spaltbreiten 80, 40, 20, 10, 5, 2,5 und 1,25 untersucht. Die gewählten Komponenten gehören zwar nicht den Endstrecken des Spektrums an, bei welchen sich nur Intensitätsunterschiede und keine Sättigungs-

<sup>1</sup> A. KÖNIG und C. DIETERICI, *Diese Zeitschrift*, Bd. IV. S. 268.

unterschiede zeigen, aber sie liegen doch nahe bei denselben. Man wird somit aus den unten angegebenen Zahlen sehr nahezu die Elementarfarbenkurven  $W$  und  $K$  für das benutzte Gaslicht-Dispersions-Spektrum für verschiedene Helligkeiten herstellen können, wenn man für den Anfang und das Ende die von den Hrn. A. KÖNIG und C. DIETERICI gegebenen Zahlen zu Hülfe nimmt. Um auch kleine Verschiebungen des Nicols kontrollieren zu können, welcher das Verhältnis der Komponenten angab, wurde an demselben ein Spiegel angebracht, dessen Stellung mit Fernrohr und Skala bestimmt wurde. Es brauchte aber davon nur bei den Wellenlängen 480 und 500  $\mu\mu$  Anwendung gemacht zu werden. Die Farbe von 480  $\mu\mu$  blieb bei allen untersuchten Spaltbreiten (80, 40, 10) gleich der der Mischung. Bei 500  $\mu\mu$  war die Farbenänderung bei den niedrigen Intensitäten schon erheblich. Sie zeigte sich noch bei 600  $\mu\mu$ , indessen war es schwer, sie hier zahlenmäßig festzustellen, weil der Nicol bei so weit entfernten Komponenten wie in unserem Falle für die dazu erforderliche Genauigkeit der Messung mangelhaft auslöschte.

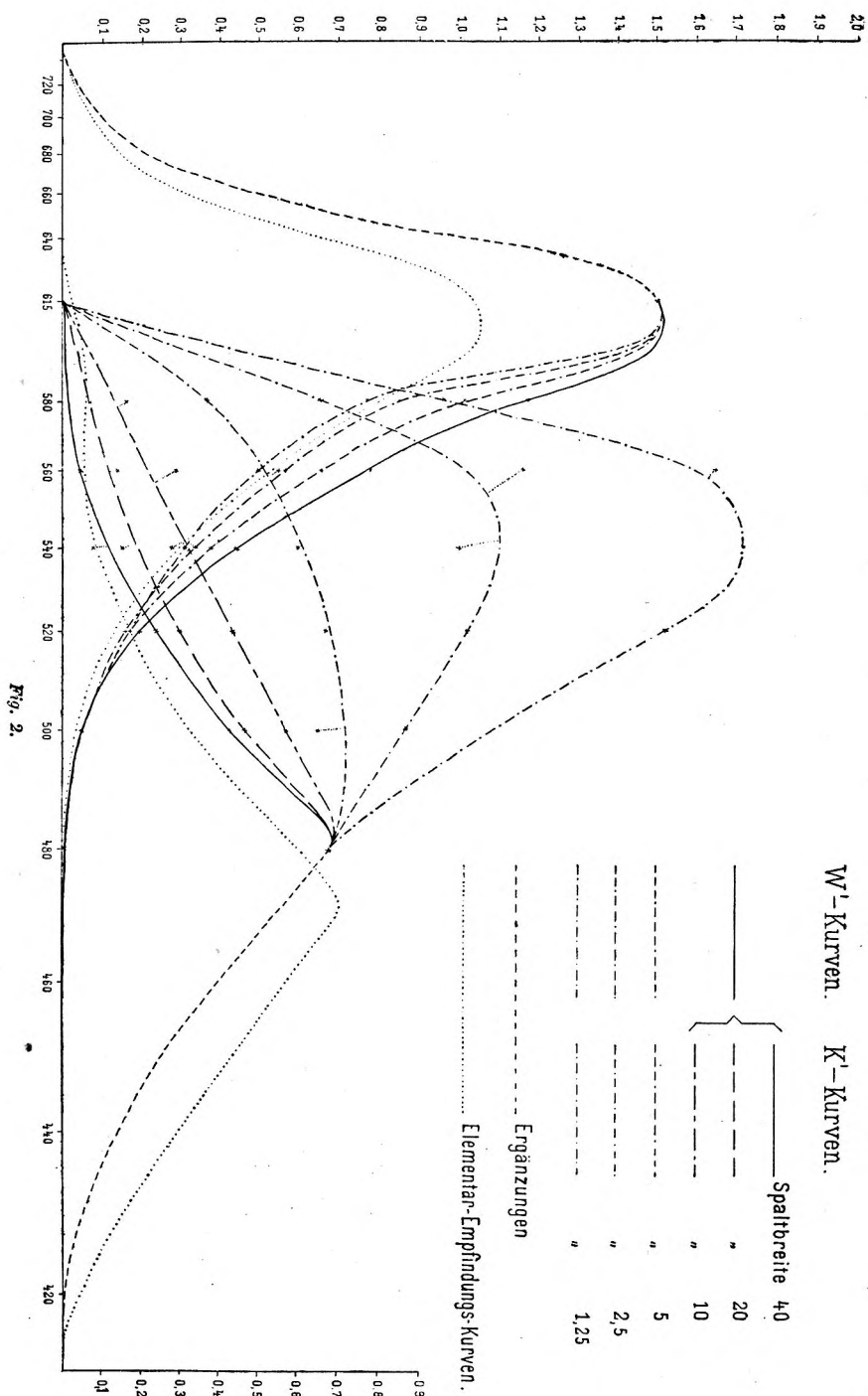
Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle und in Fig. 2 eingetragen.

Zum Unterschied von der KÖNIG-DIETERICISCHEN Bezeichnung  $W$  und  $K$  für die Elementarempfindungen habe ich meine Mischungskomponenten, welche von jenen nur wenig abweichen, mit  $W'$  und  $K'$  bezeichnet. Um später für die Aufzeichnung in Fig. 2 einen bequemen Maßstab zu haben, ist  $W'$  für  $\lambda = 615 \mu\mu$  gleich 1,5 und  $K'$  für  $\lambda = 460 \mu\mu$  gleich 0,4 angenommen, und demgemäß sind die Werte für die übrigen Wellenlängen berechnet. Da, wo für mehrere Intensitäten die Werte für  $W'$  und  $K'$  nur so unbedeutende Abweichungen zeigten, daß man sie als Folge von Beobachtungsfehlern betrachten konnte, ist der Mittelwert berechnet und in die Tabelle eingetragen.

Damit die relativen Änderungen von  $W'$  und  $K'$ , worauf es bei dieser Untersuchung doch hauptsächlich ankommt, besonders deutlich hervortreten, ist da, wo eine derartige Änderung zu konstatieren war, also bei allen untersuchten Wellenlängen, mit Ausnahme von  $\lambda = 480 \mu\mu$ , der Quotient  $\frac{K'}{W'}$  gebildet und in einer besonderen Kolonne eingetragen.



Spalt- breiten	$\lambda = 580 \mu\mu$			$\lambda = 560 \mu\mu$			$\lambda = 540 \mu\mu$			$\lambda = 520 \mu\mu$			$\lambda = 500 \mu\mu$			$\lambda = 480 \mu\mu$		
	W'	K'	$\frac{K'}{W'}$	W'	K'	$\frac{K'}{W'}$	W'	K'	$\frac{K'}{W'}$	W'	K'	$\frac{K'}{W'}$	W'	K'	$\frac{K'}{W'}$	W'	K'	$\frac{K'}{W'}$
80																		
60																		
40																		
30	1.16	0.024	0.021	0.78	0.044	0.056	0.44	0.054	0.123	0.19	0.21	1.11	0.047	0.40	8.51	Konstant		
20	1.15	0.069	0.060	0.77	0.14	0.182	0.46	0.077	0.179	0.19	0.24	1.26	0.048	0.43	8.96	0.01		
10	1.20	0.16	0.133	0.78	0.29	0.372	0.46	0.15	0.326	0.20	0.30	1.50	0.049	0.47	9.59	Mittel 0.050		
5	1.01	0.37	0.366	0.66	0.55	0.833	0.38	0.28	0.609	0.20	0.44	2.20	0.054	0.57	10.6	Mittel 0.195		
2.5	0.85	0.66	0.776	0.57	1.16	2.03	0.31	0.60	1.58	0.17	0.67	3.94	0.049	0.65	13.3	Mittel 0.45		
1.25	0.77	0.96	1.25	0.50	1.65	3.30	0.34	1.00	3.23	0.16	1.02	6.37	0.052	0.87	16.7	Mittel 0.78		
								(1.72)	(5.06)	(0.17)	(1.52)	(8.94)	—	—	—	Mittel 1.17		
																Mittel 0.88		



Überall sind die wegen zu geringer Spaltbreite in der Beobachtung unsicheren Werte eingeklammert.

In Fig. 2, wo als Abscissenaxe das benutzte Dispersionspektrum dient, sind den Kurven  $W'$  und  $K'$  die betreffenden Spaltbreiten an dem das homogene Licht liefernden (rechten) Kollimatorrohre beigeschrieben. Die Enden der Kurven, welche außerhalb des untersuchten Spektralgebietes liegen, sind willkürlich ergänzt, wobei jedoch der Umstand, daß es hier sich wesentlich nur noch um Intensitätsabstufungen handelte, benutzt wurde.

Um meine  $W'$ - und  $K'$ -Kurven mit den auf mein Farbensystem bezüglichen  $W$ - und  $K$ -Kurven, wie sie in der mehrfach citierten Arbeit der Hrn. A. KÖNIG und C. DIETERICI angegeben sind, bequem vergleichen zu können, habe ich diese ebenfalls punktiert eingezeichnet. Da die Hrn. KÖNIG und DIETERICI nur bei hohen Intensitäten arbeiteten, so muß natürlich meine auf die Spaltbreite 60 bezügliche Kurve zum Vergleich herangezogen werden. Es zeigt sich, daß die Abweichung zwischen  $W'$  und  $W$  sehr gering, zwischen  $K'$  und  $K$  aber auch nicht größer ist, als sie aus dem Umstand, daß meine kurzwellige Mischungskomponente sich noch sehr merkbar von meinem gesättigtsten Blau unterscheidet, vorher zu erwarten war.

Ein Blick auf die Figur läßt erkennen, daß die beobachteten Abweichungen etwa mögliche, selbst sehr große angenommene Beobachtungsfehler weit überragen. Man sieht, daß im mittleren Teile des Spektrums die Inkonstanz der Farbengleichungen sehr erheblich ist. Man kann daraus z. B. ersehen, daß ich für jede Wellenlänge zwischen  $520\ \mu\mu$  und  $580\ \mu\mu$  eine Intensität finden kann, bei welcher diese Wellenlänge mir gleich einer und derselben Mischung aus  $615\ \mu\mu$  und  $460\ \mu\mu$  erscheint. Am stärksten treten die Abweichungen bei  $540\ \mu\mu$  und  $560\ \mu\mu$  auf; sie nehmen überall mit steigender Intensität ab. Es wäre aber darum irrig, anzunehmen, daß es sich um untere Abweichungen handelt, welche etwa erst bei Intensitäten auftreten, bei denen man im allgemeinen nicht beobachtet. Um einen ungefähren Begriff von den Helligkeiten zu geben, um welche es sich hier handelt, diene folgende Angabe: Wenn man eine normalweiße (d. h. von Magnesiumoxyd gebildete) Fläche, welche mit einer Beleuchtungsstärke von 100  $\frac{\text{Hefnerlicht}}{m^2}$

erleuchtet ist, durch ein Diaphragma von 1 qmm anblickt, so hat man nahezu die gleiche Helligkeit, welche bei der Wellenlänge:

580	$\mu\mu$	durch die Spaltbreite	2,6
560	"	"	3,9
540	"	"	6,8
520	"	"	15,3

ausgedrückt ist.

Andererseits giebt es nach oben hin einen breiten Helligkeitsbereich, in welchem die Farbengleichungen von der Helligkeit unabhängig sind, in welchem es also Sinn hat, Mischungen herzustellen und die GröÙe der Komponenten zu bestimmen, ohne die Helligkeit anzugeben, bei welcher die Mischungen gemacht sind. Die von den Hrn. A. KÖNIG und C. DIETERICI gegebenen Empfindungskurven dürften diesem Bereiche angehören.

Zum Schlusse sind vielleicht noch einige Worte am Platze über die Konstanz der Farbengleichungen bei Trichromaten. Die Hrn. v. KRIES und BRAUNECK<sup>1</sup> haben dieselbe an einigen Mischungen untersucht und keine Abweichungen beobachtet. Dagegen hat Hr. ALBERT<sup>2</sup> an einer gelben Mischung aus homogenem Rot und homogenem Grün Beobachtungen angestellt, welche dem NEWTONSchen Gesetze widersprechen. Ferner hat Hr. A. KÖNIG<sup>3</sup> dasselbe weißliche Gelb einmal aus 670  $\mu\mu$  und 520  $\mu\mu$  und zweitens aus 580  $\mu\mu$  und 475  $\mu\mu$  hergestellt und beobachtet, daß bei abnehmender Lichtstärke die Sättigung der ersten Mischung stärker als die der letzteren abnahm.

Somit scheint es erwiesen, daß auch bei Trichromaten Abweichungen von dem NEWTONSchen Gesetz vorhanden sind. Sie sind aber offenbar weniger hervortretend, als bei den Farbenblinden, und lassen sich infolgedessen auch erheblich schwerer quantitativ feststellen.

Es bleibt mir übrig, Hrn. Prof. A. KÖNIG für die mir bei den beschriebenen Versuchen gewährte Unterstützung auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen.

<sup>1</sup> J. v. KRIES und BRAUNECK, *Du Bois Reymonds Archiv*. Jahrg. 1885. S. 79—84.

<sup>2</sup> E. ALBERT, *Wied. Ann.* Bd. 16. S. 129. 1882.

<sup>3</sup> A. KÖNIG, *Sitzungsber. d. Berl. Akad.*, 31. März 1887. S. 316.