

(Aus dem psychologischen Laboratorium der Universität Graz.)

Bemerkungen
über den Farbenkörper und das Mischungsgesetz.

Von
A. MEINONG.

(Mit 4 Figuren im Text.)

Inhalt.	Seite
§ 1. Einleitendes	2
Erster Abschnitt.	
Vom psychologischen Farbenkörper.	
§ 2. Farbengeometrie und Farbenpsychologie	3
§ 3. Apriorisches an unserem Wissen vom Farbenkörper	5
§ 4. Anteil der psychologischen Empirie	8
§ 5. Der Farbenraum und seine Dimensionen	11
§ 6. Die Farbenelemente und die psychologische Farbenmischung .	18
§ 7. In Sachen der „spezifischen Helligkeit“	26
§ 8. Der Farbenkörper und die Farbentheorien	32
§ 9. Zu F. EXNERS Bestimmung der HELMHOLTZschen Grundempfin- dungen	35
§ 10. Ergebnisse	39
Zweiter Abschnitt.	
Von der Farbenmischung.	
§ 11. Das Mischungsgesetz in erstem Entwurfe	40
§ 12. Das Mischungsgesetz in zweitem Entwurfe	46
§ 13. Das TALBOTSche Gesetz	49
§ 14. Binokulare Farbenmischung. Mischung von Nachbarfarben . .	57
§ 15. Das reine und das modifizierte Mischungsgesetz.	61
§ 16. Die Sonderstellung der Helligkeit.	64
§ 17. Zur Präzisierung des Quantitätsmomentes	67
§ 18. Allgemeines und Zusammenfassendes über Farbenmischung . .	74

§ 1. Einleitendes.

Es ist weder Zufall noch unangebrachte Bescheidenheit, wenn ich die nachfolgenden Mitteilungen bloß als „Bemerkungen“ einführe. Die Fragen, denen sie gewidmet sind, haben sich mir buchstäblich aufgedrängt fast wider meinen Willen, weil zu einer Zeit, die ich auf ganz andere Aufgaben zu wenden dachte; und nichts zu suchen war bei der Beschäftigung mit diesen Fragen zunächst mein Sinn, als jenes Ausmaß von Klarheit, das die Zuhörer meines eben im Zuge befindlichen Kollegs über Experimentalpsychologie billig von mir erwarten durften. Nichts lag mir also ferner als der Plan einer monographischen Bearbeitung der durch obigen Titel namhaft gemachten Gegenstände; und wenn mir nun gleichwohl das, was ich gefunden zu haben meine, der Niederschrift nicht unwürdig scheint, so liegt dem doch nur die Hoffnung zu Grunde, dadurch künftigen Bearbeitern ein paar Gedanken zur Nachprüfung vorzulegen, deren Erwägung für die Gewinnung eines klareren Einblickes in die nicht ganz einfache Sachlage nicht ohne jeden Wert sein könnte. Mit der Veröffentlichung eine Zeit abzuwarten, bis ich etwa selbst in die Reihe dieser Bearbeiter zu treten in der Lage wäre, hätte einen Aufschub ins völlig Unbestimmte zu bedeuten gehabt. Wem sein bisheriges Tun für absehbare Zeit und über diese hinaus ganz bestimmte Arbeitswege gewiesen hat, dem steht es nicht mehr frei, sich nach Belieben auf Seitenpfaden aufzuhalten. Aber durch eine rasche photographische Aufnahme andere auf einen Ausblick aufmerksam machen, den vielleicht ein bloßer Zufall gerade ihm erschließt, ist wohl auch dann kein überflüssiges Beginnen, wenn die Camera, die er gerade zur Verfügung hat, nicht die vollkommenste sein sollte. So denke ich es denn auch im Besonderen verantworten zu können, wenn der „Apparat“ im speziell literarischen Sinne des Wortes bei den folgenden Ausführungen ein mangelhafter geblieben ist, so fern es mir liegt, den Wert eines solchen Apparates zu unterschätzen. Verdienen die Dinge, die ich hier zu sagen habe, nicht um ihrer selbst willen gesagt und erwogen zu werden, dann vermöchte auch größerer Aufwand gelehrten Beiwerkes nicht, ihnen einen besser begründeten Anspruch auf Beachtung zu sichern.

Von den beiden Abschnitten der nachstehenden Arbeit ist zunächst der zweite derjenige, um des willen sie mitgeteilt wird:

vielleicht ist aber auch bereits der erste Abschnitt manchem Leser nicht unwillkommen. Daß darin — übrigens auch im zweiten Abschnitte — erkenntnistheoretische Gesichtspunkte stärker hervortreten, als man nach sonstigem Herkommen von Beiträgen zur Farbenlehre erwarten mag, findet hoffentlich seine Rechtfertigung bereits in der besonderen Beschaffenheit der zu untersuchenden Fragen. Übrigens aber habe ich nun schon oft genug im Dienste der Erkenntnistheorie Psychologie getrieben, um nicht ohne einiges Zutrauen auf Erfolg einmal auch ein wenig Erkenntnistheorie im Dienste der Psychologie treiben zu dürfen.

Erster Abschnitt.

Vom psychologischen Farbenkörper.

§ 2. Farbengeometrie und Farbenpsychologie.

Es ist ohne Zweifel zum Teil der relativ geringen Leistungsfähigkeit unseres Intellektes auf dem Gebiete der Farben beizumessen, daß die Einsichten, welche zur Aufstellung des Farbenkörpers geführt und in der ihm erteilten Gestalt ihren anschaulichsten Ausdruck gefunden haben, für ein Stück Psychologie gelten.

Von Natur sind die Farben so wenig psychisch wie die Orte oder selbst die Zahlen; und so wenig Geometrie oder Arithmetik deshalb Psychologie ist, weil die Größen, mit denen sie operiert und deren Relationen sie feststellt, zu diesem Ende natürlich vorgestellt werden müssen, so wenig ist es an und für sich bereits Psychologie, wenn man feststellt, daß die Farben eine mindestens dreidimensional ausgedehnte Mannigfaltigkeit ausmachen, daß innerhalb jeder dieser Dimensionen prinzipiell unabhängige Variabilität gegenüber den übrigen Dimensionen besteht u. s. f. Das ist Farbengeometrie, und zwar eine von genau der nämlichen apriorischen Erkenntnisdignität wie die eigentliche Geometrie: hier wie dort entscheidet nicht die Existenz, sondern die Beschaffenheit der bearbeiteten Gegenstände¹, — hier wie dort hat man es mit Teilen einer in ihrer Totalität erst der An-

¹ Vgl. meine Ausführungen „Über Annahmen“. *Diese Zeitschrift*, Erg.-Bd. II, S. 193.

erkennung bedürftigen Disziplin zu tun, für die mir die Bezeichnung „Gegenstandstheorie“ in besonderem Maße charakteristisch scheint und an deren Ausarbeitung in ihren außermathematischen Partien in erster Linie die Erkenntnistheorie interessiert sein wird.¹

Dafs es nun aber doch keine Farbenwissenschaft gibt, die man der Raumwissenschaft zur Seite stellen könnte, das liegt sicher nicht etwa an allzu geringem Interesse für das Reich der Farben, auch schwerlich an allzu geringer Komplikation der eigenartigen Tatsächlichkeiten dieses Gebietes, sondern einfach an unserer Unfähigkeit, Ähnlichkeiten, Abstände und Richtungen hier mit eben solcher Leichtigkeit und Sicherheit zu erfassen wie etwa im Räumlichen. So hat die Farbenlehre in ihrem apriorischen Teile bisher nur recht kleine Schritte nach vorwärts zu machen vermocht, und was die theoretische Forschung hier erreicht hat, ist viel zu dürftig, um eine Wissenschaft für sich auszumachen. Dagegen muß auch das Wenige dem willkommen sein, dem es um die Beschreibung unseres psychischen Geschehens, also auch unseres Wahrnehmens und Einbildens zu tun ist und zwar nicht nur um die Beschreibung dessen, was unsere Vorstellungen miteinander gemein haben, sondern auch dessen, was sie differenziert. Das liegt aber nicht nur darin, dafs wir einmal empfinden, ein ander Mal „blofs vorstellen“, d. h. einbilden oder phantasieren, sondern vor allem auch in dem, was wir empfinden resp. phantasieren. Im Gegenstande unserer Vorstellungen erfaßt die Psychologie deren Inhalt²; insofern ist auch der eigentümliche Komplex solcher Gegenstände, der die Farbenmannigfaltigkeit ausmacht, Sache der Psychologie und der Farbenkörper ein psychologischer.

Auf diese einfachen Voraussetzungen baut sich eine verwickeltere erkenntnistheoretische Sachlage, als man auf den ersten Blick glauben möchte. Die psychologische Empirie gibt hier ein Material her, das einer apriorischen Behandlung fähig und bedürftig ist: aber die apriorische Behandlung greift auch

¹ Einige erste Schritte auf diesem Gebiete versuchen außer mehreren Kapiteln des erwähnten Buches „Über Annahmen“ die Abhandlung „Über Gegenstände höherer Ordnung und ihr Verhältnis zur inneren Wahrnehmung“ in Bd. 21 *dieser Zeitschrift*, sowie andere dort angezogene Arbeiten.

² „Über Gegenstände höherer Ordnung etc.“ a. a. O. S. 185 ff.

hier wie sonst über das ihr von der Erfahrung Gebotene hinaus und so findet man sich alsbald vor die Frage gestellt, ob man im Farbenkörper ein Gebilde vor sich hat, das, obwohl gleich all unserem sonstigen geistigen Besitz in gewissem Sinne der Empirie entnommen und auf diese anwendbar, nun doch ganz und gar auf dem Boden des Apriori steht wie die Mathematik, oder ob dieses Gebilde doch auch noch in dem genaueren Sinne „psychologisch“ heißt und heißen darf, weil ihm die Aufgabe gestellt ist, nicht die Gesamtheit aller möglichen, sondern bloß die aller wirklichen Farben zu umfassen, diejenigen nämlich, die in unserem Vorstellungsleben tatsächlich vorkommen.

§ 3. Apriorisches an unserem Wissen vom Farbenkörper.

Wer etwa schon vorgängig zur zweiten der eben nebeneinander gestellten Auffassungen hinneigt, wird sich hierin vor allem nicht durch den Umstand bestärken lassen dürfen, daß man sich zur Beantwortung offener Fragen auch hier leicht genug auf das experimentelle Verfahren angewiesen findet.¹ Das Experiment hat, auch wenn es kein bloß didaktisches Experiment ist, nicht jedesmal Induktionsinstanzen zu schaffen: es kann der Forschung nicht minder wesentliche Dienste leisten, wenn es Umstände herbeiführt, welche dem Zustandekommen der erforderlichen Einsichten, die dann immer noch apriorischer Natur sein können, besonders günstig sind. Daß man aber in der Farbengeometrie solcher künstlicher Hilfen weit eher und zur Erzielung viel bescheidenerer Erfolge bedarf als in der Raumgeometrie, darin tritt nun wieder der um so viel niedrigere Grad unseres natürlichen Könnens in der ersteren Hinsicht zu Tage.

Weit nachdrücklicher muß es dagegen für eine sozusagen empiristische Auffassung des Farbenkörpers sprechen, wenn die eben wieder erwähnte Schwerfälligkeit im Erfassen der Farbenrelationen geradezu das Versagen der betreffenden apriorischen Evidenzen mit sich führt. Doch ist auch in dieser Hinsicht nicht alles gleich beweisend, und einen meines Erachtens nicht be-

¹ Vgl. K. ZINDLER: „Über räumliche Abbildungen des Kontinuums der Farbenempfindungen und seine mathematische Behandlung“, *diese Zeitschr.* 20, besonders § 10f.

weisenden Fall muß ich hier wegen einiger wichtigen Konsequenzen, auf die später noch zurückzukommen sein wird, ausdrücklich zur Sprache bringen.

Ich meine die Position der Komplementär- oder Kontrastfarben auf dem Farbenkörper. Kontrast im Sinne von Gegensätzlichkeit zwar ist auch bei den Farbentönen apriorisch einzusehen: daß ein gewisses Rot einem gewissen Grün, ein gewisses Gelb einem gewissen Blau als Farbe größten Abstandes gegenübersteht, so daß alle übrigen Farbentöne geringere Verschiedenheit davon aufweisen, das vermag ich innerhalb ausreichend bescheidener Zuverlässigkeitsgrenzen sicher aus der Natur der verschiedenen Farbentöne und insofern apriori einzusehen. Wie steht es aber mit der zentralen Position des Grau zwischen diesen Gegensätzen? Daß man von Rot zu Grau gelangen kann, ohne die Richtung zu ändern, ist freilich einleuchtend, nicht minder, daß der Weg von Grün zu Grau ein geradliniger ist. Habe ich aber auch eine Einsicht darein, daß die eine der beiden Geraden in der Verlängerung der anderen liegt, daß ich also, wenn ich den von Rot nach Grau führenden Weg in unveränderter Richtung fortsetze, nach Grün gelangen muß? Es fehlt sonst keineswegs an Einsichten in Betreff Richtungsübereinstimmung und Richtungsverschiedenheit am Farbenkörper, die man unbedenklich als apriorisch in Anspruch nehmen darf: daß die Verbindungslinie von Rot und Orange nach Gelb, die von Rot und Violett nach Blau führt, dagegen diese beiden Verbindungslinien untereinander keineswegs einen gestreckten Winkel ausmachen, das ist ohne weiteres einzusehen. Daß dem aber unser intellektuelles Verhalten zur Rot-Grau-Grün-Linie auch günstigsten Falles nicht wohl zur Seite zu stellen ist, darüber kann kaum ein Zweifel aufkommen, und es fragt sich dann eigentlich nur, ob, was uns sonach unmittelbar schwerlich ausreichend evident zu werden vermag, mindestens mittelbar evident zu machen ist, ohne die Bahnen apriorischer Erwägung zu verlassen.

Die Erkenntnislage, die man hier vor sich hat, ist jedenfalls eigenartig genug, um schon deshalb nicht unbeachtet bleiben zu dürfen. Davon aber, daß es sich auch hier um Tatsächlichkeiten handelt, die in der Beschaffenheit der betreffenden chromatischen Farben einerseits, des Grau andererseits ihre natürliche Begründung haben, anders ausgedrückt also von der Apriorität der

fraglichen Erkenntnisse wird man doch nicht wohl abgehen können, schon deshalb nicht, weil unerfindlich ist, wie eine empirische Legitimation hier beschaffen sein könnte, man müßte denn in dem Umstande, daß zwischen den chromatischen und achromatischen Farben die verschiedensten Übergänge als Sättigungsstufen der ersteren wirklich vorkommen, den empirischen Beweis für die Möglichkeit dieser Übergänge ansprechen, in welchem Falle aber die so erwiesene Möglichkeit erst recht keine empirische, sondern zugleich eine apriorische Möglichkeit sein müßte. Überdies gelangen wir so zwar zu einer leidlichen unmittelbaren Einsicht darein, daß die Weiß-Schwarz-Linie eine Art Mittelstellung zwischen den chromatischen Farben einnimmt, keineswegs aber darein, daß die Verbindungslinien der Kontrastfarben sich in der Weiß-Schwarz-Linie schneiden müssen. Meinen wir gleichwohl ein gutes Recht zu haben, dies zu behaupten, so kann es sich dabei nicht wohl um anderes als um eine Legitimation durch mittelbare Evidenz handeln, die mir noch am ehesten durch eine Erwägung wie die folgende erreichbar scheint.

Soll etwa Rot eine Abänderung erfahren, ohne seine Stellung zwischen Gelb und Blau zu ändern, so kann es sich, von der Helligkeit abgesehen, nur in der Rot-Grau-Linie bewegen, ebenso unter analogen Voraussetzungen Grün nur in der Grün-Grau-Linie. Da es sich aber für beide Linien um das nämliche Gelb und das nämliche Blau handelt¹, so können diese Linien nicht wohl etwas anderes als eine Gerade ausmachen. Analoges läßt sich *cum grano salis* von anderen Kontrastfarben ausführen: daß aber dann der eigentliche Komplementarismus, das charakteristische Verhalten der Kontrastfarben bei der Farbenmischung, sich aus dem Mischungsgesetze deduzieren läßt, davon muß weiter unten² noch ganz ausdrücklich die Rede sein.

Ob freilich die hiermit versuchte Beweisführung allen Anforderungen theoretischer Strenge Genüge leistet, mag nicht über jedem Zweifel stehen: wichtiger noch ist vielleicht, daß wir die durch diesen Beweis erst zu rechtfertigende Überzeugung bereits

¹ Spätere Aufstellungen (vgl. unten S. 17) vorwegnehmend, könnte man präziser sagen: „um die unveränderte Distanz von der nämlichen Gelb- resp. Blaubene“ oder auch (vgl. S. 23 f.) „um Festhaltung des Neutralitätswertes der Gelb-Blau-Dimension“.

² Vgl. S. 42 ff.

vor dem Beweise haben. Das weist doch auf das Vorhandensein einer unmittelbaren Evidenz hin, die nur vielleicht wieder wegen unserer geringen Gewandtheit im Operieren mit den eigenartigen Gegenständen des Farbengebietes nicht in völliger Reinheit zur Geltung kommt. Wie viel aber in dieser Sache auch noch zu klären sein mag, soviel wird festgehalten werden dürfen, daß auch hier das Gebiet apriorischen, wenn auch wie immer unvollkommenen Erkennens noch nicht überschritten erscheint.

§ 4. Anteil der psychologischen Empirie.

Nun gibt es aber auch noch Bestimmungen am Farbenkörper, für die uns nicht nur unmittelbare und, wie wir ohne Gefahr sogleich hinzufügen können, auch mittelbare Evidenz von apriorischem Charakter fehlt, sondern denen geradezu eine apriorische Evidenz für die Möglichkeit auch anderen Verhaltens gegenübersteht. Der Farbenkörper ist selbstverständlich begrenzt wie ein wirklicher Körper: gibt es aber einen a priori einleuchtenden Grund, die Gesamtheit der möglichen Farben für begrenzt und insbesondere für gerade so begrenzt zu halten, wie es etwa VON HÖFLER¹ oder noch besser, wie es VON EBBINGHAUS² abgebildet wird?

Was vor allem die Begrenztheit anlangt, so liegt es freilich nahe, sie durch die Berufung darauf zu begründen, daß nichts weißer als Weiß und nichts blauer als Blau sein könne, — ohne Zweifel eine apriorische Erwägung. Aber ist diese wirklich so selbstverständlich, als sie auf den ersten Blick aussehen mag? Sicher ist einmal jedenfalls, daß dieses Weiß oder Blau, auf das sie sich beruft, noch niemand gesehen hat, oder mit anderen Worten, daß niemand eine bestimmte Farbe für eine solche Grenzf Farbe zu erklären sich für befugt halten wird. Dieser Stand unseres empirischen Wissens ist nun freilich gerade für allfälliges apriorisches Erkennen nicht von zwingender Bedeutung, — um so mehr aber die Frage, woher ich denn eigentlich die Überzeugung gewinnen soll, daß ein Fortschritt von innen nach außen hier zu einem Ende führen müsse. Wer freilich das fragliche Weiß als dasjenige definiert, das gar kein Schwarz,

¹ Psychologie S. 113 Fig. 12, dazu das instruktive Modell bei HÖFLER-WITASEK: „Psychologische Schulversuche“, II. Aufl., S. 5.

² Grundzüge der Psychologie I, S. 184, Fig. 15.

das fragliche Blau als dasjenige, das gar kein Grau in sich enthält, mag hoffen, dadurch eine Grenze gegenüber jenem Weiß und Blau gesteckt zu haben, das dieser Bedingung noch nicht gemäß ist. Aber wie schon oft betont worden ist und noch zu berühren sein wird, genau genommen, enthält keine Farbe eine andere in sich, jede ist vielmehr anderen Farben nur mehr oder weniger ähnlich resp. von ihnen verschieden: worin läge aber die Bürgschaft dafür, daß jene Ähnlichkeit irgend einmal Nullwert erreichen, diese Verschiedenheit über einen Maximalwert nicht hinausgehen könnte?

Der wichtigen Unterscheidung G. E. MÜLLERS zwischen „prinzipiell begrenzten“ und „prinzipiell unbegrenzten Qualitätenreihen“¹ möchte ich darum so wenig widersprechen wie dessen Behauptung im besonderen, daß die Qualitäten des Gesichtssinnes als prinzipiell begrenzte zu betrachten sind.² Für unsere gegenwärtige Fragestellung kommt aber alles auf die Natur der Gründe an, die in dieser Sache entscheidend sind. Zunächst beruft sich MÜLLER darauf, daß „der Fortschritt in allen jenen Qualitätenreihen, die vom Schwarz zum Weiß, vom Weiß zum Rot, vom Grün zum Blau u. s. w. führen, . . . durch die von Glied zu Glied stattfindende Abnahme der Ähnlichkeit zum Anfangsgliede und Zunahme der Ähnlichkeit zum Endgliede vollständig charakterisiert“ sind.³ Ohne Zweifel handelt es sich hier um Anfangs- und Endglieder, die dem Vergleiche zugänglich sind, also um wirkliche, nicht bloß mögliche. Wie sie gegeben sind, bedarf wohl noch der näheren Untersuchung: schwerlich als Empfindungen resp. deren Reproduktionen, und daß die Phantasie hier die Grenzen der Empfindung durch Produktion anschaulicher Vorstellungen erheblich sollte überschreiten können, wird auch kaum zu glauben sein. Jedenfalls ist der Unterschied der Sachlage gegenüber der bei der Tonreihe handgreiflich und wohl nicht nur wegen des Fehlens einer Analogie zur Oktaven-täuschung: wir haben etwas wie ein anschaulich erfaßtes Ideal von Weiß und Schwarz, Rot und Blau etc. nicht aber ein eben solches Ideal des höchsten und tiefsten Tones. Wie dem aber auch sei, das letzte Glied ist ein psychologisch Gegebenes, und

¹ „Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen,“ *diese Zeitschr.* 10, S. 34 ff.

² a. a. O. S. 46 ff.

³ a. a. O. S. 46.

die prinzipielle Begrenztheit betrifft ein Wirkliches, nicht ein Mögliches. Das wird nun vollends deutlich durch MÜLLERS zweiten Grund, der kein anderer ist als die Gültigkeit des Mischungsgesetzes.¹ Wie sich zeigen wird, liegt gerade mir nichts ferner als die Tendenz, das Apriorische am Mischungsgesetze zu vernachlässigen. Aber dieses Gesetz, obwohl es doch von Wirklichkeiten handelt, in seiner Totalität für außerempirisch zu erklären, daran kann doch niemand denken. Das Mischungsgesetz hat ohne Zweifel ein apriorisches Moment an sich: als Ganzes aber bleibt es ein empirisches Gesetz, und was daraus gefolgert wird, kann normalerweise auch nicht wohl etwas anderes als ein die Wirklichkeit Betreffendes sein. Zusammenfassend also: die Qualitätenreihen des Gesichtssinnes halte auch ich für „prinzipiell begrenzt“: das gilt aber nur von den wirklichen, psychologisch gegebenen, nicht von allen möglichen dem Farbengebiete zugehörigen Qualitätenreihen.

Zu demselben Ergebnisse wie in Betreff der Begrenztheit des Farbkörpers im allgemeinen gelangt man nun auch in Betreff der genaueren Bestimmungen dieser Begrenztheit. Daß die von Orange nach Gelb gezogene Linie hier gegen Grün umbiegt, ist freilich unangreifbar und auch a priori evident: nicht evident aber ist, daß man bei Gelb gegen Grün umbiegen muß und nicht etwa in der von Orange her eingeschlagenen Richtung weitergehen kann. Unsere Phantasie freilich läßt uns, wenn wir uns das anschaulich vorstellen wollen, durchaus im Stiche: aber das ist eben nur jene Art des Nicht-denken-könnens, von der ich schon vor Jahren gezeigt habe², daß sie mit dem Nicht-sein-können ganz und gar nichts zu tun hat. Daß dann sozusagen noch weniger aus der Natur der Farbenmannigfaltigkeit einzusehen sein wird, warum die Kanten des Farbkörpers gerade oder nahezu gerade, die Flächen desselben eben oder nahezu eben sein müssen, versteht sich. Kurz, der Farbkörper kann nicht als das Ergebnis bloß apriorischer Erkenntnis angesehen werden: hat er gleichwohl seinen guten Sinn, so muß dieser teilweise durch die Empirie legitimiert sein.

Welcher Art aber diese Empirie ist, kann natürlich nicht zweifelhaft sein. Nicht alle möglichen Daten des Farbengebietes

¹ a. a. O. S. 47.

² *Hume-Studien* 2, S. 112 ff.

will der Farbenkörper umfassen, sondern nur alle sozusagen uns möglichen, alle unserem Empfinden und Einbilden zugänglichen. Wie weit aber unser Können in dieser Richtung geht, darüber vermag zuletzt nur die innere Erfahrung Aufschluß zu geben. Natürlich wird es sich dabei nicht um bloßes Verbuchen dieser Erfahrungen, sondern auch um ein Verarbeiten derselben handeln. Wer insbesondere in der „reinen“ und in der „gesättigten“ Farbe die oben berührten Ideale erfaßt und in diesen die natürlichen Enden der „prinzipiell begrenzten“ Farbenreihen erkannt hat, wird in Betreff dieser Reihen dann durch zweifellos wieder apriorische Folgerungen aus ihrer Natur sicher der direkten Empirie zu Hilfe zu kommen und die so gewonnenen Ergebnisse im Farbenkörper zur Geltung zu bringen versuchen. Aber entscheidend ist bei alledem am Ende immer die Beschaffenheit desjenigen Rot, Blau, Weiß etc., das eben wir empfinden oder sonst vorstellen: insofern bleibt der Farbenkörper zuletzt doch die, gleichviel in welchem Maße theoretisch präzisierte und schematisierte Darstellung des psychologisch Wirklichen; er ist also in der Tat in dem oben ¹ in Aussicht genommenen Sinne ein „psychologischer“ Farbenkörper auch in besonders strenger Wortbedeutung.

§ 5. Der Farbenraum und seine Dimensionen.

Das so gewonnene Ergebnis wird insbesondere nach zwei Richtungen nicht mißverstanden werden dürfen. Vor allem hat es jederzeit für einen Teil der theoretischen Bearbeitung eines durch die Empirie gegebenen Tatsachenmaterials gegolten, auch seinen a priori erkennbaren Eigentümlichkeiten gerecht zu werden. Es spricht also in keiner Weise gegen das bisher Dargelegte, hat überdies schon in den obigen Ausführungen wiederholt ausdrückliche Anerkennung gefunden, daß der Farbenkörper der Gegenstand von Feststellungen werden kann, bei deren Gewinnung das Vorgehen „more geometrico“ nicht zu verkennen ist.² Und wenn insbesondere K. ZINDLER die in der Mathematik so wohlbewährte Arbeitsweise ihrer Strenge wie ihren Methoden nach auf das Farbengebiet übertragen wünscht³, so wird man ihm

¹ Vgl. § 2 am Ende.

² Vgl. K. ZINDLER: „Über räumliche Abbildungen des Kontinuums der Farbenempfindungen“ a. a. O. § 1, 4, 6.

³ a. a. O.

für den Nachdruck, mit dem er seine ebenso korrekte als voraussichtlich fruchtbare Forderung vertreten hat, nur Dank wissen können. Nur wird man nicht außer acht lassen dürfen, wie wenig die wiederholt berührte Unvollkommenheit unserer intellektuellen Veranlagung sich der Erfüllung dieser Forderung günstig erweist. Jedenfalls wäre nicht abzusehen, warum die Psychologie bis zur Gewinnung vollkommeneren Wissens auf die Einsichten verzichten sollte, die dem einstweilen mehr anschaulichen als begrifflichen Erfassen der Beziehungen zwischen den verschiedenen Farben entspringen, auch wohl aus dem Raumgleichnis eines ihnen entsprechenden körperlichen Gebildes wieder, wenn auch vielleicht nicht ohne jede Irrtumsgefahr, herausgelesen werden können.

Ferner aber ist das oben Dargelegte nicht etwa so zu verstehen, als ob darum alles, was aus dem Farbenkörper zu entnehmen ist, lediglich auf die Besonderheiten eben dieser psychologischen Empirie zurückginge. Wie jeder eigentliche Körper, so ist auch der Farbenkörper im Raume und partizipiert an dessen Eigenschaften; den hier in Betracht kommenden Raum aber ganz ausdrücklich als Farbenraum zu bezeichnen und als das eigentliche Objekt apriorischer Farbenerkenntnis dem Farbenkörper als dem Objekt der einschlägigen, im Prinzip empirischen Feststellungen ganz grundsätzlich gegenüberzustellen, könnte, wenn ich recht sehe, über manche Schwierigkeit hinweghelfen. Insbesondere möchte dadurch die Gefahr, wenn nicht beseitigt, so doch einigermaßen ferner gerückt sein, die Dimensionen des Farbenraumes von speziellen Bestimmungen am Farbenkörper nicht ausreichend auseinander zu halten und ich will sogleich unten kurz zu zeigen versuchen, daß hieraus für eines der bisher immer noch wenigstgeklärten Gebiete der Farbentheorie, ich meine die Lehre von der Helligkeit, einiges zu gewinnen wäre. Ein paar allgemeinere Erwägungen mögen uns den Weg dazu bahnen.

Wenn man vom Farbenkörper redet im Gegensatze zur Farbenfläche oder -Linie, so will man damit geradezu nichts anderes sagen, als daß es sich da um ein wenigstens dreidimensionales Gebilde handle. Weil aber andererseits an den Farben die drei Momente Farbenton, Helligkeit und Sättigung sich auffallend genug als ihnen allen gleich charakteristisch geltend machen, so liegt es nahe, in diesen drei Momenten nichts anderes

als jene drei Dimensionen zu sehen. Für zwei dieser Bestimmungen ist die hierin liegende Unrichtigkeit ohne weiteres ersichtlich zu machen. Der Farbenton vor allem kann unmöglich eine Dimension sein, da die Veränderungen des Farbentones ja doch in zwei Dimensionen verlaufen, so gewiß eine in sich geschlossene Linie in Einer Dimension keinen Platz findet. Die Sättigung aber kann dem Farbentone nicht als besondere Dimension zur Seite gestellt werden, weil sie, falls Grau wirklich in die Mitte des Farbenkörpers gehört, für verschiedene Farbtöne in mehr als Einer Dimension variiert, genauer in denselben zwei Dimensionen, die bereits für die Mannigfaltigkeit der Farbtöne unerläßlich sind.

Was dagegen die Helligkeit anlangt, so möchte ich keineswegs bestreiten, vielmehr gerade betonen, daß ihr Name der Ausdruck einer Dimension ist, daraus aber zugleich die Konsequenz ziehen, daß sie selbst nicht nur den Farbenkörper, sondern den ganzen Farbenraum betrifft. Sie fällt darum keineswegs zusammen mit der Weiß-Schwarz-Linie, obwohl diese ganz und gar in dieser Dimension verläuft. Man erkennt dies deutlich daran, daß auch die chromatischen Farben jederzeit auf eine Position zwischen Weiß und Schwarz natürlichen Anspruch haben und zwar nicht etwa vermöge ihres achromatischen Anteils: denn denkt man sich diesen so unbedeutend, als man nur irgend kann, also die betreffende Farbe der idealen Sättigung so nahe als irgend möglich, so wird dadurch der Anspruch auf jene Position doch in keiner Weise zweifelhaft. Und daß Helligkeit mit Weiß-Ähnlichkeit oder Weißlichkeit sicher nicht zusammenfällt, darüber belehrt uns jede der Kugelflächen, die man sich vom Weißpunkte aus mit beliebigem, die Größe der Distanz von Weiß, daher auch die Weißlichkeit repräsentierenden Halbmesser in den Farbenkörper eingetragen denken kann. Denn verschiedene Punkte einer solchen Fläche bedeuten um so größere Helligkeiten, je weiter sie von der Weiß-Schwarz-Linie entfernt sind. Wer aber meinte, es komme eben nicht auf die Distanz von Weiß allein, sondern auch auf die von Schwarz an, der hätte den in seiner relativen Einfachheit auch noch relativ plausiblen Gedanken der Identität von Helligkeit mit Weißlichkeit durch einen so künstlichen ersetzt, daß darüber auch aller Schein zu seinen Gunsten verloren gegangen wäre.

Fällt sonach Weiß nicht mit Hell, Schwarz nicht mit Dunkel

zusammen, so hat es doch einen guten Sinn, die Weiß-Schwarz-Linie den Hauptrepräsentanten der Helligkeitsdimension zu nennen, und die Konzeption dieses Begriffes kann uns nun vielleicht auch zur genaueren Präzisierung der beiden anderen Dimensionen des Farbenraumes behilflich sein, bezüglich derer uns die Ausdrücke des täglichen Lebens nicht in gleichem Maße zu statten kommen. Vorab sei auch noch darauf hingewiesen, daß sich die Natur der Helligkeit als Dimension auch darin verrät, daß es Farben gibt, die trotz Verschiedenheit des Tones und der Sättigung gleiche Helligkeit aufweisen. Die unter Umständen ziemlich bescheidene Sicherheit, mit der diesbezügliche Urteile gefällt werden können, betrifft nur die Erkennbarkeit dieser Tatsache, kann aber an der Tatsache selbst keinen berechtigten Zweifel begründen. Daß Farben gleicher Helligkeit im Farbenraume in eine Ebene zu stehen kommen werden, die auf der Helligkeitsdimension selbst, genauer auf ihrem Hauptrepräsentanten, senkrecht steht, versteht sich, nicht minder, daß es solcher Ebenen unendlich viele geben muß: ich will dieselben für unseren nächsten Zweck als Helligkeitsebenen bezeichnen, um daran die Frage zu knüpfen, ob es im Farbenraume nicht noch andere Ebenen von verwandten Eigenschaften gibt, aus deren Lage dann die Lage der noch unbestimmten beiden anderen natürlichen Dimensionen des Farbenraumes erschlossen werden könnte.

Ich gehe dabei wieder zunächst von Tatsachen des Sprachgebrauches aus. Kann man, obwohl Helligkeit keine Größe ist, von heller und weniger hell sowie von gleich hell reden, so auch etwa von röter und weniger rot sowie von gleich rot. Zugleich könnte selbstverständlich scheinen, daß als gleich rot Farben zu qualifizieren sein werden, die vom Rotpunkte am Farbenkörper gleich weit abstehen. Man wird damit wieder auf Kugelflächen geführt, wie uns deren oben bereits mit Bezug auf den Weißpunkt als Zentrum begegnet sind. Was sich aber bei Weiß mindestens im großen ganzen zu bewähren scheint, versagt auffallenderweise bei Rot ganz und gar seinen Dienst, wie man am leichtesten aus folgender Erwägung ersehen mag.

Man denke sich das gleichviel wie ideal verstandene Rot-*eck* am Farbenkörper festgelegt und dadurch natürlich auch seine Distanz vom Punkte des neutralen Grau bestimmt. Mit dem dieser Distanz entsprechenden Halbmesser konstruiere man

nun vom Rotpunkte als Zentrum aus in der Ebene, welche diesem Punkte und der Weiß-Schwarz-Linie gemeinsam ist, einen Kreisbogen, der, vom Graupunkte ausgehend, die Rot-Weiß-Kante in einem Punkte P schneidet. Dann sind alle Punkte dieses Bogens vom Roteck gleich weit: im Sinne des eben geltend gemachten Gesichtspunktes ist sonach ihnen allen in gleicher Weise das Prädikat der Röte zu- oder abzusprechen. Auf dem oben berührten¹ HÖFLERSchen Modell kann man sich die Sache besonders leicht anschaulich machen, da der verlangte Kreisbogen in einer der an diesem Modell durch Zerlegung zu erhaltenden Schnittflächen liegt. Dabei soll von Details, die sich durch Modifikation des Farbenkörpers — etwa im Sinne EBBINGHAUS' — ergeben müßten², ganz abgesehen werden: so fundamentaler Art würden sie ja gewiß nicht sein, um zu verhindern, daß der Punkt P eine Farbe repräsentierte, die, weil zwischen Rot und Weiß gelegen, als ein rötliches Weiß oder weißliches Rot zu bezeichnen wäre. Im Gegensatze dazu ist der Graupunkt in keinem Sinne rot zu nennen, der Punkt P also sicher „röter“ als er, womit dargetan ist, daß nicht das für gleich rot gelten darf, was auf dem Farbenkörper vom Rotpunkte gleichen Abstand hat. Vielmehr werden auf unserer Schnittfläche diejenigen Punkte als Repräsentanten ebenso roter Farben wie P anzusehen sein, die von der Weiß-Schwarz-Linie ebenso weit abstehen wie dieser Punkt, woraus zugleich zu ersehen ist, daß das, was wir hier als „mehr rot“ oder „weniger rot“ betrachtet haben, wenigstens innerhalb der bisher eingehaltenen Grenzen, mit „gesättigter rot“ und „minder gesättigt rot“ zusammenfällt. Und eben um dieses Zusammenfallens willen wird man auch ohne weiteres einräumen, daß die hier auf Rot angewendete Betrachtungsweise sich auf jeden beliebigen anderen Farbenton, also auf Grün oder Blau so gut wie auf Orange oder Violett übertragen läßt.

Nun verschwindet aber die scheinbare Koinzidenz mit der Sättigung sofort, wenn man den oben näher bestimmten Kreisbogen statt in eine vertikale in eine horizontale Schnittfläche des HÖFLERSchen Modelles legt, in die Ebene also, in welche

¹ Vgl. S. 8 Anm. 1.

² Vgl. oben S. 8 Anm. 2. Die nächste Konsequenz der Schiefstellung der Rot-Grün-Achse wäre, daß ein Teil des Kreisbogens sogar jenseits der Weiß-Schwarz-Achse zu liegen käme.

aufser dem Graupunkte z. B. die Rot-Gelb-Kante des Farbenkörpers zu liegen kommt. Die Punkte auch in diesem Kreisbogen haben keinen Anspruch darauf, für „gleich rot“ zu gelten: die Farbe aber, die dem Punkte Q zukommt, in dem der Kreisbogen die Rot-Gelb-Kante schneidet, ist nicht etwa als ein Rot von relativ geringer Sättigung zu beschreiben, sondern eigentlich gar nicht als Rot, vielmehr als ein Orange, oder wohl auch bereits Gelb-Orange, dem es an Sättigung vielleicht gar nicht fehlt, bei dem aber eine gewisse Rötlichkeit gerade mit zur Charakteristik des Farbentons zu gehören scheint. Natürlich werden auf der jetzt in Betracht kommenden Ebene die Farben gleicher Röte auch nicht etwa nach dem Abstände von der Weiß-Schwarz-Achse zu bestimmen sein. Aber die Analogie zum ersten Falle bliebe gewahrt, wenn gleich rot wie Punkt Q alle Punkte sind, die in das von hier auf die Rot-Grün-Achse des HÖFLERSchen Modells gefällte Lot zu liegen kommen. Der Fußpunkt dieser Senkrechten repräsentiert natürlich ein reines Rot von gewisser Sättigung, eine Ebene aber, die durch dieselbe Senkrechte parallel zur Weiß-Schwarz-Achse gelegt wird, enthält dann nicht nur alles Rot vom nämlichen Sättigungsgrade, sondern auch alle anderen Farben, die in dem hier wiederholt berührten Sinne als „gleich rot“ anzusprechen sind. Es liegt darauf hin die Frage nahe, ob diese Ebene nicht in analoger Weise eine Dimension verrät wie die Helligkeitsebene, und ob das Wort „rot“ mehr als Name dieser Dimension oder mehr als Name ihres Hauptrepräsentanten, kurz, ob es mehr nach der Analogie von „hell“ oder mehr nach der von „weiß“ zu deuten sei.

Der Vermutung, daß sich in den unendlich vielen Röteebenen, wenn vorübergehend dieser Ausdruck gestattet ist, eine Dimension verrate, könnte zunächst das Bedenken entgegentreten, solcher Farbenebenen möchte es wohl so viele geben als es Farbtöne gibt, wodurch der Schluß auf die Dimension natürlich ohne weiteres ad absurdum geführt wäre. So steht die Sache aber keineswegs. Man versuche, um sich hiervon zu überzeugen, weiter nichts, als die obigen Erwägungen auf Orange oder Violett zu übertragen. Solange man im Gebiete eines bestimmten Orange oder eines bestimmten Violett bleibt, geht alles, wie schon oben berührt, bestens von statten: was aber nicht gelingt, ist die Anwendung auf Farben verschiedenen Tones, genauer

auf solche, bei denen die Verschiedenheit einen einigermaßen größeren Betrag erreicht hat. Ich kann also zwar noch innerhalb gewisser Grenzen ein sich mehr dem Rot oder Blau näherndes Violett weniger violett nennen als ein anderes: niemand aber könnte etwa in reinem Rot in derselben Weise zugleich Orange und Violett sehen, wie man so oft im Orange zugleich Rot und Gelb, oder im Violett zugleich Rot und Blau anzutreffen meint. Auf die übrigen einschlägigen Fälle angewandt, führt dies zu dem Ergebnis, daß neben Rot nur noch Grün, Gelb und Blau Ebenen aufweisen, die als Dimensionenebenen im obigen Sinne betrachtet werden könnten, während für die Zwischenfarben Ebenen von ähnlichen Eigenschaften nicht zu konstruieren sind. Was hierin zu Tage tritt, ist zunächst weiter nichts als die auch sonst so oft zur Geltung kommende Sonderstellung der sogenannten Hauptfarben gegenüber den übrigen Farben. Zugleich eröffnet sich aber die Aussicht, diese Sonderstellung statt durch den Hinweis auf allerhand schon an sich wenig für sich einnehmende Äußerlichkeiten aus der Annahme heraus zu verstehen, daß die Hauptfarben zu den natürlichen Dimensionen des Farbenraumes in einer besonders engen Beziehung stehen.

Freilich haben wir nun der Hauptfarben doppelt so viele, als Dimensionen im Farbenraume zu vergeben sind, wenn wir von der vorgängig kaum ganz auszuschließenden Möglichkeit von mehr als drei Dimensionen des Farbenraumes absehen. Hier aber legt die auch in den gegenwärtigen Untersuchungen so vielfach benutzte Analogie des Farbenraumes zum eigentlichen oder, wie man zum Unterschiede sagen könnte, zum Örterraume die Erinnerung daran nahe, daß es der Dreidimensionalität und der näheren Bestimmung der drei natürlichen Dimensionen unseres subjektiven Raumes nichts verschlägt, daß dieser Bestimmung nicht drei, sondern sechs durch ihre Gegensätzlichkeit zu drei Paaren verbundene räumliche Momente zu Grunde liegen, zu deren Bezeichnung die Sprache die Ausdrücke rechts und links, oben und unten, vorn und hinten zur Verfügung stellt. Raumtheoretisch ist durch diese Deutung der sonst so gern bloß relativ oder gar korrelativ verstandenen Termini allerdings einiges präjudiziert, auf das näher einzugehen im gegenwärtigen Zusammenhange viel zu weit führen möchte. Vielleicht aber kommen übereinstimmende Positionen, die verschiedenen psychologischen Gebieten angehören, einander gegenseitig zu statten, und jeden-

falls wird der Hinweis auf den subjektiven Raum dazu dienen, die Meinung ausreichend deutlich zu machen, in der ich die Vermutung ausspreche, daß Rot und Grün einerseits, Gelb und Blau andererseits je zwei Hauptrepräsentanten Einer Dimension darstellen, wie dies ja auch bezüglich der Helligkeitsdimension bei Weiß und Schwarz der Fall ist. Während uns aber bei der letztgenannten Dimension nicht nur ein auf sie direkt zu beziehender Name, sondern in den Worten „hell“ und „dunkel“ sogar ihrer zwei zu Gebote stehen, die die Gegensätzlichkeit der Hauptrepräsentanten in die Dimension selbst hineinzutragen gestatten, fehlt uns für die beiden anderen Dimensionen nicht nur eine einheitliche Benennung, sondern es ist vermutlich auch gar nicht einigermaßen sicher auszumachen, ob die der Sprache geläufigen Namen Rot und Grün sowie Gelb und Blau eher die Dimension oder eher die Hauptrepräsentanten betreffen. Im allgemeinen ist letzteres ohne Frage das Wahrscheinlichere; und nur der Umstand, daß das Anwendungsgebiet namentlich der Bezeichnungen für chromatische Farben, wie wir gesehen haben, sich gar nicht an die gleichen Distanzen von den betreffenden Punkten am Farbenkörper, also die zugehörigen Kugelflächen zu halten scheint, läßt einigen störenden Einfluß auch des Dimensionengesichtspunktes vermuten. Unter solchen Umständen bleibt es jedenfalls statthaft und auch deutlich genug, der Helligkeits- oder Hell-Dunkel-Dimension terminologisch eine Rot-Grün-Dimension und eine Gelb-Blau-Dimension an die Seite zu stellen. Es ist dadurch keineswegs verlangt, daß etwa die Gelb-Blau-Achse des Farbenkörpers ebenso in die gleichbenannte Dimension ganz und gar hineinfallen müßte wie die Weiß-Schwarz-Achse in die Helligkeits-Dimension. Ist die Position von der spezifischen Helligkeit, von der unten sogleich noch etwas eingehender gehandelt werden soll, im Rechte, so impliziert die verschiedene Helligkeit natürlich auch untereinander und von Null verschiedene Abstände von der die Gelb-Blau-Dimension repräsentierenden Achse des durch die natürlichen Dimensionen in den Farbenraum gelegten Koordinatensystems.

§ 6. Die Farbenelemente und die psychologische Farbenmischung.

Den Wert der hier kurz dargelegten Auffassung habe ich sozusagen an mir selbst erfahren, und um ihn aufzeigen zu

können, sei mir der Hinweis auf die sonst sicher völlig belanglose Tatsache gestattet, daß erst diese Auffassung mich in die Lage versetzt hat, einer der verbreitetsten Positionen außerwissenschaftlicher wie wissenschaftlicher Farbenlehre gegenüber, nachdem ich ihr in Wort und Schrift wiederholt als einer in sich widerstreitenden Annahme entgegengetreten bin, den Standpunkt entgegenkommenderen Verständnisses, ja sogar bedingter Zustimmung einnehmen zu können. Bekanntlich ist nichts gewöhnlicher, als den eben berührten Gegensatz der Haupt- und Nebenfarben als den der einfachen und Mischfarben zu charakterisieren und auch sonst mit der Anwendung der Mischungsgedanken bereits auf rein psychologischem Gebiete nichts weniger als häßlicher zu sein. Dem meinte ich, und keineswegs ich allein, unter Inanspruchnahme der stärksten apriorischen Evidenzen entgegenhalten zu müssen, daß genau an derselben Stelle genau zur selben Zeit etwa Rot und Blau zu sehen oder auch einzubilden, so unmöglich sei wie ein rundes Viereck, — daß jeder ausreichend energisch unternommene Versuch, die Aufgabe anschaulich zu lösen, zur Einsicht in die Absurdität der darin gestellten Zumutung führe, und daß umgekehrt keine Analyse im Violett reines Rot und reines Blau herauszufinden im stande sei, indem man in Violett nicht etwa sowohl Rot als Blau, sondern weder Rot noch Blau dafür aber ein zwischen Rot und Blau liegendes Drittes vor sich hat. Daß dies so oft außer acht geblieben ist, darf ohne Zweifel in vielen Fällen, so insbesondere in Bezug auf Grün den verschiedensten Mißverständnissen zugeschrieben werden, von denen sich auch Träger illustrier Namen nicht immer frei zu halten vermocht haben. Im ganzen muß aber doch der Umstand, daß eine der klarsten Einsichten so vielen zweifellos Urteilsfähigen anscheinend nicht zugänglich ist, einige Unsicherheit darüber wachrufen, ob die Verschiedenheit des Evidenzzustandes nicht etwa irgendwie auf Verschiedenheit des Gemeinten zurückgehe, so daß an der Opposition gegen etwas so allgemein Acceptiertes am Ende doch ein Mißverständnis seitens des Opponierenden die Schuld tragen könnte. Solchen Gedanken gegenüber verspüre ich es heute als eine Art Erleichterung, sagen zu dürfen: ich kenne nun einen Gesichtspunkt, unter dem auch ich ein im gewissen Sinne aus Rot und Blau bestehendes und insofern, wenn man so sagen will, gemischtes Violett auszudenken, ja sogar mir anzueignen vermag. Es soll

versucht werden, diesen Gesichtspunkt im folgenden kurz zu präzisieren.

Zuvörderst sei daran erinnert, daß die Glieder einer mehrdimensionalen Mannigfaltigkeit unmöglich im strengen Sinne einfach sein können. Ist etwa ein A und ein B in denselben zwei Dimensionen variabel, so liegt darin die Möglichkeit, daß das A dem B in der einen Hinsicht gleich, in der anderen Hinsicht ungleich befunden werde: zwei einfache Gegenstände aber können natürlich nicht voneinander zugleich verschieden und doch einander gleich sein. So viel Dimensionen also, so viel Bestandstücke, mag übrigens die Analyse gelingen oder nicht, und gleichviel, ob auch eine entfernte Aussicht besteht oder nicht, sich von den Bestandstücken in ihrer Isoliertheit eine anschauliche Vorstellung zu bilden. Niemand kann an einem Tone das Höhebestandstück und das Stärkebestandstück auseinander analysieren, niemand vollends Höhe ohne Stärke, Stärke ohne Höhe anschaulich vorstellen. Aber die beiden Dimensionen verraten sich an der gleichzeitig möglichen Gleichheit und Ungleichheit, nebenbei freilich auch an unserer Fähigkeit, die eine der beiden „Seiten“ gegenüber der anderen einigermaßen zu vernachlässigen. In gleicher Weise garantiert die Dreidimensionalität des Farbraumes für jede der in ihm lokalisierten Farben wenigstens drei Bestandstücke, obwohl unsere analytischen Fähigkeiten uns auch diesen gegenüber ganz und gar im Stiche lassen. Ich will sie, wenigstens für unsere nächsten Zwecke, als „Farbenelemente“ bezeichnen, wobei kaum ausdrücklich bemerkt zu werden braucht, daß sie etwa mit dem, was A. KÖNIG unter spezieller Bezugnahme auf die HELMHOLTZsche Theorie als „Elementarempfindungen“ benannt und berechnet hat¹, nicht das Geringste zu tun haben, — wahrscheinlich auch nichts mit den Elementarempfindungen in dem Sinne, in dem sie neuestens E. v. OPPOLZER in die Farbentheorie einzuführen versucht², deren Würdigung wohl besser der Zeit vorbehalten bleibt, wenn der verdiente Astronom seine unter allen Umständen für die Psychologie höchst willkommenen Untersuchungen soweit veröffentlicht haben wird, daß sich die Leistungen übersehen lassen, in denen

¹ Vgl. A. KÖNIG u. C. DIETERICH: „Die Grundempfindungen in normalen und anomalen Farbensystemen etc.“ *Diese Zeitschr.* 4, S. 241 ff.

² „Grundzüge einer Farbentheorie“, erster Abschnitt. *Diese Zeitschr.* 29, S. 183 ff.

er selbst die Legitimation für seine anregende Konzeption erblickt.

Fragen wir nun unter diesen Voraussetzungen, wie es mit der Annehmbarkeit dessen bewandt ist, was man in dem oben gekennzeichneten Sinne als „Mischung“ der Nebensfarben aus den Hauptfarben ins Auge zu fassen pflegt und was wir im Gegensatz zu weiter unten¹ zu untersuchenden Tatsachen als „psychologische Farbmischung“ bezeichnen könnten. Es handelt sich dabei nach allgemeiner Meinung um die Aufgabe, etwa Rot und Gelb an derselben Stelle des subjektiven Raumes zu empfinden oder sonst vorzustellen, und da kann ich fürs erste nach wie vor nicht absehen, wie ihr gegenüber in anderer Weise Stellung genommen werden könnte, als etwa gegenüber der Zumutung, einer sollte sich denselben Gegenstand zugleich genau vor sich und genau rechts von sich anschaulich vorstellen. Man kann sich nicht nur durch den Versuch davon überzeugen, daß einer solchen Forderung nicht gerecht zu werden ist, sondern man sieht die Unmöglichkeit des Verlangten mit einer apriorischen Evidenz ein, wie sie uns nur unter besonders günstigen Umständen zugänglich ist.

Nun vermag uns aber gerade das Gleichnis aus dem eigentlichen Raume darauf aufmerksam zu machen, daß der in Rede stehenden Forderung doch in irgend einer Weise Genüge zu leisten sein könnte. Denn wir können uns ja auch ein Ding anschaulich vorstellen, das zugleich vor uns und rechts von uns gelegen ist, nämlich eben vorn rechts. Erhellet daraus nicht, daß die zuvor so nachdrücklich betonte Unvereinbarkeit der beiden räumlichen Bestimmungen doch nicht unter allen Umständen besteht, und sollte die Berufung auf „Umstände“, wenn einmal zulässig, nicht auch auf Daten des Farbenraumes zu übertragen sein? Aber eine Unverträglichkeit „unter Umständen“ wäre eine allzu seltsame Sache: unser Fall verlangt also doch eine etwas sorgfältigere Erwägung, und für diese bietet die durch die Mehrdimensionalität gewährleistete Mehrheit der Elemente — wir können hier so gut von „Raumelementen“ reden wie eben zuvor von „Farbenelementen“, — geeignete Hilfsmittel.

¹ Vgl. S. 76f.

Halten wir uns zunächst an den eigentlichen oder Örterraum. Gesetzt, ich stehe mitten in einem viereckigen Zimmer, einer der Wände zugekehrt. Ist es da einigermaßen genau zu sagen, daß die vordere Zimmerecke rechts die Ortsbestimmungen in sich vereinige, welche eine gewisse Stelle der Wand vor mir und eine Stelle der Wand rechts von mir aufweist? Indem ich die Frage so stelle, fällt sofort wieder die Unverträglichkeit dieser beiden Ortsbestimmungen in die Augen und macht mich darauf aufmerksam, daß, was ich kurzweg als „vor mir“, mithin durch ein Tiefendatum, und was ich kurzweg als „rechts von mir“, also durch ein Breitendatum bezeichne, doch auch noch nach den bezüglichen beiden anderen Dimensionen des Raumes determiniert sein wird. Handelt es sich im besonderen Falle um Stellen im Zimmer, die gleich „hoch“ sind, so kann vom übereinstimmenden Höhendatum hier der Einfachheit wegen abgesehen werden. Dann bedeutet aber immer noch „vor mir“ eine bestimmte Tiefe t nebst einem bestimmten Breitenwerte b — „Breite“ natürlich nicht etwa als Strecke verstanden —, ebenso „rechts von mir“ eine bestimmte Breite b' zusammen mit einer bestimmten Tiefe t' , die Stelle an der Zimmerecke aber trägt dann das Tiefendatum t zusammen mit dem Breitendatum b' an sich, nicht aber etwa sowohl die Doppelbestimmung $b\ t$ als $b'\ t'$. Man könnte freilich fürs erste meinen, das b der ersten und das t' der zweiten Bestimmung habe Nullwert, denn was gerade vor mir ist, ist weder rechts noch links, was gerade neben mir ist, weder vorn noch hinten: darum entfalle in diesen speziellen Fällen das betreffende Datum, und was übrig bleibe, das sei dann in der Ortsbestimmung der Zimmerecke vereinigt. Aber gerade der Umstand, daß die Orte, die in die Mitten der beiden Wände fallen, nicht an Einem Ort zusammentreten können, beweist, daß sie durch mehr bestimmt sind als durch das, was sich in der Ortsbestimmung der Ecke tatsächlich vereinigt vorfindet. Außerdem aber bedeutet ein Koordinatenwert Null doch etwas ganz anderes als Nichtvorhandensein einer Bestimmung. Das anscheinende Rätsel der Vereinigtheit des Unvereinbaren löst sich also in sehr einfacher Weise, wenn man in Rücksicht zieht, daß das Unvereinbare gewisse Komplexe, das Vereinigte aber gewisse Bestandstücke derselben sind, denen für sich eben gar keine Unvereinbarkeit zukommt.

Die Anwendung auf den Farbenraum gestaltet sich nun sehr

einfach. Was wir als das reine Rot und das reine Gelb kennen, ist so unverträglich wie die Komplexe $b\ t$ und $b'\ t'$ im obigen Beispiel. Aber dieses Rot und Gelb kann vermöge seiner Position in einem dreidimensionalen Kontinuum nicht einfach sein, und sehen wir von dem durch die Helligkeitsdimension geforderten Farbelemente im Interesse größerer Einfachheit ab, so bleibt an jeder dieser beiden Farben immer noch ein Rot-Grün-Element r resp. r' und ein Gelb-Blau-Element b resp. b' — ich vermeide den Buchstaben g wegen der Gefahr, Gelb und Grün zu verwechseln — übrig. Natürlich wird dann auch r mit b' ohne weiteres verträglich sein können, und was wir eben als psychologische Mischung bezeichnet haben, braucht nicht als das Zusammentreten von reinem Rot und reinem Gelb verstanden zu werden: es genügt, die für sich unvorstellbaren Farbelemente r und b' als daran beteiligt in Anspruch zu nehmen. Die gewöhnliche Auffassung, die im reinen Rot und Gelb die Elemente b und r' übersieht, nimmt natürlich auch keinen Anstand, die Elemente r und b' für reines Rot und reines Gelb gelten zu lassen.

Wie man sieht, impliziert diese Auffassung und legitimiert zugleich, falls sie sich bewährt, die Voraussetzung, daß sowohl die Rot-Grün-Dimension als die Gelb-Blau-Dimension je eine Bestimmung aufweist, die weder für Rot noch für Grün resp. weder für Gelb noch für Blau genommen werden darf, gleichwohl aber auch nicht etwa als Negation einer in diese Dimension fallenden Bestimmtheit anzusehen ist. Jede dieser beiden Dimensionen schließt also einen Neutralitätswert in sich, dessen Beschaffenheit wir aber auf direktem Wege nicht zu erfassen vermögen. Indirekt läßt sich über diese beiden Werte sagen, daß sie zusammen Grau ergeben, das je nach der hinzutretenden Helligkeitsbestimmung eventuell sich auch als Weiß oder Schwarz darstellen kann, und geradezu „neutrales Grau“ genannt wird, wenn auch die Helligkeitsdimension durch ihren Neutralitätswert vertreten ist. Vielleicht daß das Zusammentreffen von wenigstens zwei Neutralwerten die ausgezeichnete Stellung begründet, die der Weiß-Schwarz-Linie eigen ist: mindestens stimmt damit ganz gut die Tatsache, daß das Zusammentreffen des Neutralitätswertes der einen mit einem einigermaßen extremen Werte der anderen Dimension ebenfalls einen ausgezeichneten Fall konstituiert, jene „Reinheit“ die man eventuell

ungezwungen von jeder Hauptfarbe, nicht leicht dagegen etwa von einem Violett oder Blaugrün behaupten kann. Mitgegebensein der Helligkeitsneutralität ist dabei nicht unerläßlich, aber günstig. Es steht zu dieser auszeichnenden Funktion der Neutralitätswerte in seltsamem Gegensatz, daß man einer solchen „reinen Farbe“, etwa reinem Rot, sozusagen auf dessen unmittelbaren Aspekt hin am liebsten die der anderen Dimension zugehörige Komponente ganz absprechen, d. h. ihr statt Neutralitätswert Nullwert zuerkennen möchte. Das Raumanalogon hat gezeigt, warum diese Auffassung ausgeschlossen ist. Vielleicht aber läßt sich vermuten, daß für das Aussehen eines Komplexes, auch wenn er sich nicht durch Isolierung der Bestandstücke zerlegen läßt, ein Bestandteil mehr, ein anderes weniger zu bedeuten hat, oder auch sich das eine einer gewissen analytischen oder abstraktiven Bevorzugung weniger, das andere mehr widersetzt. Man könnte in diesem Sinne dann im allgemeinen den Extremwerten einer Dimension mehr, den Neutralitätswerten und ihrer nächsten Umgebung weniger an intellektueller Zugänglichkeit, wenn man so sagen darf, zuerkennen. Wahrscheinlich macht dieser Vorzug, in besonderem Maße charakteristisch zu sein, auch den Kern dessen aus, was der Begriff der Sättigung hervorhebt, die den Werten einer Dimension in um so höherem Grade zukommt, je extremer sie sind. Ob es mehr als konventionell ist, daß der Terminus „Sättigung“ auf Weiß und Schwarz die analoge Anwendung wie auf die anderen Extreme und deren Zusammensetzungen nicht zu gestatten scheint, muß hier ununtersucht bleiben.

Überhaupt aber sind die eben versuchten Aufstellungen augenscheinlich noch viel zu primitiv, als daß an deren Durchführung mehr ins einzelne hinein bereits hier geschritten werden dürfte. Manches wird in dieser Sache wohl schon von einer Weiterentwicklung der Komplexionstheorie¹ zu hoffen sein: denn der bloße Rückschluß von der Dimensionenzahl auf die Elementenzahl ist, solange man sich weder über die Beschaffenheit noch über die Zusammensetzungsweise dieser Elemente etwas einigermaßen Präzises denken kann und daher halb unbewußt immer wieder die Analogie materieller Teile zu Rate

¹ Erste Aufstellungen zu einer solchen vgl. in meiner Abhandlung „Über Gegenstände höherer Ordnung etc.“, *diese Zeitschr.* 21, S. 189 ff.

zieht, doch noch ein recht rohes Verfahren. Unter solchen Umständen begnüge ich mich hier damit, nur die Antwort auf die Ausgangsfrage des gegenwärtigen Paragraphen noch einmal kurz zu formulieren. Die Frage war diese; sind die sogenannten Mischfarben wirklich aus den Hauptfarben zusammengesetzt, so daß, wer Orange empfindet oder sonst irgendwie vorstellt, zugleich reines Rot und reines Gelb empfindet resp. vorstellt? Die Antwort lautet: Rot und Gelb, wie wir sie aus unseren Empfindungen kennen, bleiben unverträglich; aber sie sind nicht einfach im strengen gegenständlichen Sinne des Wortes, und ihre Komponenten können in geeigneten Kombinationen ganz wohl miteinander verträglich sein. Kann man zudem in der Regel nur den extremeren, d. h. ausreichend gesättigten Farbelementen charakterisierende Bedeutung für die aus ihnen zusammengesetzte Farbe beimessen, so ist verständlich, daß man leicht meinen kann, in einer sogenannten Mischfarbe Rot und Gelb, jedes in seiner Totalität zu sehen, indes es nur die vorzugsweise charakteristischen Elemente dieser Hauptfarben sind, die sich aus jener Mischfarbe in gewissem Sinne herausfinden lassen. Was daher oben psychologische Mischung genannt wurde, verdient diesen Namen höchstens im Hinblick auf das Zusammentreten der Farbelemente, nicht aber in Bezug auf die Hauptfarben, die in ihrer Totalität in ein solches „Gemisch“ niemals eingehen können. Da man aber von Farbenmischung doch stets mit Bezugnahme auf wirkliche und nicht bloß auf hypothetische Farben redet, so wird der Klarheit nach wie vor am besten durch die Behauptung gedient sein: Psychologische Farbenmischung gibt es nicht. Eben darum ist aber auch der Begriff der „Mischfarbe“, sofern er im Gegensatz zur „Hauptfarbe“ verstanden ist, streng genommen ein unberechtigter: denn in dem Sinne, in dem jene gemischt heißen dürfen, sind es auch diese, und nur in der Beschaffenheit der Elemente liegt der Unterschied.

Muß sonach die Unverträglichkeit des uns empirisch bekannten Rot mit dem uns empirisch bekannten Gelb aufrecht bleiben, so läßt die Berücksichtigung der Farbelemente doch zugleich auch verstehen, warum die Unverträglichkeit von Rot und Grün oder die von Gelb und Blau noch einen ganz anderen Charakter aufweist. Hier sind die uncharakteristischen Elemente nicht nur verträglich, sondern sogar gleich: dafür macht sich

die Unvereinbarkeit in den charakteristischen Elementen um so nachdrücklicher geltend, die ja verschiedene Bestimmungen einer und derselben Dimension repräsentieren. Darum ist auch nicht einmal der Schein anzutreffen, als ob einmal in irgend einer Farbe komplementäre Farben vereinigt auftreten könnten. Auffallenderweise ist der nämliche Schein innerhalb der Helligkeitsdimension offenbar nicht in gleichem Maße ausgeschlossen, wenigstens nicht, wenn die beiden anderen Dimensionen durch neutrale Bestimmungen vertreten sind: im Grau hat man ja oft sowohl Weiß als Schwarz zu sehen gemeint. Ich kann auch hier über die Unverträglichkeit nicht hinauskommen, obwohl ich den Schein des Gegenteils mir nicht einmal unter Bezugnahme auf verträgliche Elemente verständlich zu machen vermag.

§ 7. In Sachen der „spezifischen Helligkeit“.

Es braucht sicher nicht erst ausdrücklich hervorgehoben zu werden, daß die begrifflichen Konzeptionen, auf die wir durch die Natur des Farbenraumes hingedrängt worden sind, in der Hauptsache keineswegs sich mit denjenigen decken, in denen die psychologische resp. psychophysische Farbentheorie sich normalerweise zu bewegen pflegt. Auch ihr ist es darum zu tun, die Mannigfaltigkeit der Farben, diesmal aber der im Farbenkörper zusammengefaßten wirklichen Farben, auf relativ einfachere Farben-
daten zurückzubeziehen. Aber diese „Grundempfindungen“ sind vor allem nichts weniger als Farbenelemente im obigen Sinne: denn sie sind von Haus aus jederzeit wenigstens nach zwei Dimensionen fest bestimmt, nach der dritten, der Helligkeit, aber nicht etwa unbestimmt, sondern nur variabel. Dann aber sind diese sogenannten Empfindungen bei näherer Erwägung weder als Empfindungen noch als Vorstellungen im engeren Sinne aufrecht zu erhalten und daher einer bestimmten Farbe als ihrem Gegenstande nur in eigentümlich indirekter Weise zugeordnet. Es hat dies darin seinen Grund, daß dergleichen Grundempfindungen eben nicht Empfindungen von Farbenelementen sind, daher ein Zusammen-
treten derselben im Sinne einer „psychologischen Mischung“ wegen der oben wiederholt berührten Unverträglichkeit aller nach sämtlichen Dimensionen bestimmten Farbendaten ausgeschlossen ist. Dieser, wenn ich recht sehe, noch lange nicht allgemein genug gewürdigte Mangel ist ohne erheblichen Nachteil für die sonstige Ausgestaltung der Theorie zu beseitigen, indem man nicht „Grund-

empfindungen“ zu neuen Ergebnissen zusammentretend denkt, sondern Erregungen, die psychologisch dadurch bestimmt sind, daß sie, wenn sie allein zur Geltung kommen oder kommen könnten, psychisch von Empfindungen bestimmter gegenständlicher Beschaffenheit begleitet sind oder begleitet wären. Man hat es also streng genommen zunächst mit „Grunderregungen“ zu tun, kann aber ihre möglicherweise bloß fiktiven Empfindungskorrelate ganz wohl, ja mit mancherlei Vorteil auch noch weiterhin als „Grundempfindungen“ bezeichnen, wenn man sich nur des Sinnes, in dem dies geschieht und allein geschehen kann, ausreichend deutlich bewußt bleibt. Diese immerhin etwas ungewöhnlich definierten Grundempfindungen also, genauer die Grunderregungen, machen das mehr oder minder hypothetische Material aus, des sich die Farbentheorien zu bedienen pflegen, um die schon bei den Mischungstatsachen in seltsamster Verschlingung auftretenden Beziehungen zwischen Farbenreiz und Farbenempfindung Gesetzmäßigkeiten von ausreichend durchschlagender Allgemeinheit unterzuordnen. Ihr Zusammentreten denkt man sich mehr oder minder genau dem Paradigma der gewöhnlichen Farbenmischung nachgebildet: aber auch die Beschreibung des psychologisch Tatsächlichen stellt sich bereits sozusagen mit Vorliebe in den Dienst des Mischungsgedankens. Man spricht vom „Anteil“ des achromatischen Momentes gegenüber dem chromatischen, bezieht ihn unter dem Namen der „Sättigung“ speziell auf dieses letztere, faßt, was am chromatischen Momente ohne Hereinziehung des Achromatischen variabel ist oder scheint, unter dem Namen des „Farbentones“ zusammen, so daß in Farbenton und Sättigung sich jene zwei Scheindimensionen darbieten, von denen bereits oben die Rede war u. s. f.

Den Konzeptionen dieser Art habe ich im Vorhergehenden den Versuch einer den natürlichen Dimensionen des Farbraumes, die selbstverständlich auch die des Farbkörpers sind, zugewandten Betrachtungsweise keineswegs in der Absicht gegenübergestellt, um jene durch diese zu verdrängen, wohl aber in der Erwartung, ein kurzes Verweilen bei der letzteren könnte insbesondere dort, wo eine der natürlichen Dimensionen sich schon in der Auffassung des täglichen Lebens und nicht minder der Farbenpsychologie längst durchgesetzt hat, Unklarheiten fernhalten helfen, die zunächst in der Verkenntung der Eigenart jener Dimensionsbegriffe ihren Grund haben dürften. Ich

habe dabei natürlich die einzige von den drei Dimensionen im Auge, von der bereits oben hervorzuheben war, daß sie einen volkstümlichen Namen besitzt, die Helligkeit. Daß gerade bei ihr die Farbenlehre immer wieder Schwierigkeiten antrifft, daran dürfte doch in hohem Maße der Umstand beteiligt sein, daß das achromatische Moment, der Gegensatz von Weiß und Schwarz, mit der Helligkeit immer wieder in eines zusammenzufließen scheint. Insbesondere dürfte ein sorgfältiges Auseinanderhalten dieser beiden Dinge in der Frage nach der sogenannten „spezifischen Helligkeit“ über manches Bedenken hinweghelfen, das namentlich in den polemischen Ausführungen von G. MARTIUS zum Worte gelangt ist. Einige Bemerkungen zu dieser vielverhandelten Sache mögen daher hier ihre Stelle finden.

Vor allem kann ich unter Berufung auf das in den beiden vorhergehenden Paragraphen Dargelegte in der Konzeption des Begriffes der spezifischen Helligkeit keineswegs einen „Schönheitsfehler“ der HERINGSchen Theorie¹ finden, sondern eben nur den Ausdruck der Tatsache, daß jeder Farbe ihrer Natur nach eine Stellung im Farbenraume, also auch eine Bestimmtheit in Betreff der Helligkeitsdimension eigen ist. Wäre freilich Helligkeit etwa ebenso für Weißlichkeit zu nehmen, als Sättigung das Gegenteil von Graulichkeit im weitesten Wortsinne ist, handelte es sich mit Einem Worte bei Helligkeitsbestimmungen um etwas wie Mischlinien, an deren einem Ende das für sie alle charakteristische Moment gestellt zu denken wäre, dann wäre es freilich ein theoretischer Mangel, wenn dieses charakteristische Moment nun plötzlich auch am anderen Ende solcher Mischlinien wieder auftauchte. Aber so verbreitet auf dem Farbengebiete derlei den Mischungsgedanken entweder implizierende oder ihm doch auffallend nahestehende Begriffe sonst sind, der Helligkeitsbegriff gehört eben nicht dazu und mag ganz geeignet sein, uns daran zu erinnern, daß unter dem Gesichtspunkte der Mischung für sich allein, ich meine durch Mischung ganz beliebig zusammengestellter Komponenten, noch lange kein Farbenkörper, d. h. ein Gebilde zu gewinnen wäre, das in einem einigermaßen natürlich beschaffenen Farbenraume Platz hätte. Vielmehr müssen die Grundempfindungen, ich meine die in ihrer Isoliertheit wie immer fiktiven psychischen Korrelate der durch die Theorie ver-

¹ G. MARTIUS: „Beiträge zur Psychologie und Philosophie“, Bd. I, S. 152.

langten Grunderregungen, ihrer Natur nach, wie schon oben berührt, bereits einen ganz bestimmten Ort im Farbenraume besitzen, wenn der Zurückführung auf sie nicht der ganze Vorzug psychologischer Natürlichkeit verloren gehen soll, der die Grundgedanken der HERINGSchen Position gerade demjenigen, der von der psychologischen Empirie herkommt, so sehr empfiehlt. Freilich, daß es gerade diese 6 Punkte sein müssen aus der unendlichen Mannigfaltigkeit des sozusagen vorgängig Gleichmöglichen, das ist eine Last für die Theorie und man wird anerkennen müssen, daß etwa die WUNDTsche „Stufentheorie“¹ von dieser Last relativ frei ist. Ich kann zur Zeit nicht daran zweifeln, daß die Last durch die Leistungen der HERINGSchen Theorie um vieles mehr als aufgewogen wird: um so weniger hat man Anlaß, sich über die Unvermeidlichkeit der in Rede stehenden Voraussetzung hinwegzutäuschen. Insofern hat also auch das „Urblau“, „Urgrün“ etc. ganz unvermeidlich seine Helligkeit sozusagen noch vor aller Theorie oder als Voraussetzung derselben und daß diese Helligkeit gerade die Mitte halten müßte zwischen der von Weiß und Schwarz, das anzunehmen, dafür fehlt vorgängig jeder Grund. Ob es also wirklich so oder ob es anders ist, darüber kann nur die Erfahrung und deren richtige Deutung Aufschluß geben.

Und da muß ich denn in der Tat vor allem einräumen, daß ich gegen die von MARTIUS in Anspruch genommene Möglichkeit, die HILLEBRANDSchen Versuche² anders als zu Gunsten der spezifischen Helligkeit zu deuten³, keine Einwendung zu erheben wüßte. Aber eben so wenig konnte ich mich bisher davon überzeugen, daß die Ergebnisse der MARTIUSSchen „Nachbildmethode“⁴ nur auf die Weißvalenz bezogen werden dürften und nicht auf die Helligkeit, die sich dann immer noch aus der Helligkeit des Weißanteils und der des chromatischen Anteils zusammensetzen könnte. Weit eher schiene mir da die von MARTIUS nur nebenbei erwähnte⁵ Tatsache ins Gewicht zu fallen, daß die Helligkeit komplementärer Gemische von der Helligkeit ihrer

¹ Physiolog. Psychologie, 5. Aufl., Bd. II, S. 242 ff.

² „Über die spezifische Helligkeit der Farben“, *Sitzungsberichte der k. Akademie d. Wiss., Wien, Math.-nat. Kl.*, 98, Abt. III, S. 89 ff. Wien 1890.

³ a. a. O. S. 150.

⁴ a. a. O. S. 132 ff.

⁵ a. a. O. S. 153.

Komponenten in einer Weise abhängig ist, die bei Voraussetzung spezifischer Helligkeiten diese letzteren für mitbeteiligt zu halten zwingt, obgleich die chromatischen Effekte selbst sich wegen des Antagonismus der Gegenfarben aufheben sollen. Nun ist aber die Vorstellung, die man sich bisher gerade von diesem Antagonismus hat machen können, eine ungemein schwankende: die Möglichkeit, daß trotz desselben von den Wirkungen der betreffenden Reize noch etwas übrig bleiben könnte, wird daher derzeit keinesfalls von der Hand zu weisen sein. Dazu kommt aber vielleicht noch ein anderes. War ich oben im Rechte, für die Position der Komplementärfarben zueinander und zum Grau eine innere Notwendigkeit zu postulieren, für die uns nur die unmittelbare Evidenz abgeht oder schwer zugänglich ist¹, dann ist streng genommen, wie noch unten zu berühren sein wird², der Mischungseffekt komplementärer Lichter durch die Annahme eines Antagonismus sozusagen übererklärt, daher vielleicht die ganze Annahme zu entbehren. Wie dem aber auch sei, die spezifischen Helligkeiten scheinen mir unter den gegebenen Umständen auch von dieser Seite nicht bedroht, wenn ihre theoretische Position nur sonst eine ausreichend gute ist. Und ich würde dann auch keinen Anstand nehmen, mir die EBBINGHAUSschen Mischungsversuche³, wenigstens die an Farbentüchtigen, durch Bezugnahme auf den Anteil der spezifischen Helligkeit der Komponenten am Mischungsergebnis verständlich zu machen.

Von der erwähnten theoretischen Position aber, in der sich die spezifische Helligkeit befindet, scheint mir folgendes zu sagen: Das Ergebnis der Nachbildmethode formuliert G. MARTIUS selbst in den Worten: „Die Helligkeitskomponente der farbigen Empfindungen ist eine Funktion der Lichtstärke, und zwar nimmt die Helligkeit der Farbenempfindungen des langwelligen Teiles des Spectrums mit abnehmender Lichtstärke stetig ab, die Helligkeit der kurzwelligen Farben dagegen zu bis zu dem Werte, welcher bei minimaler Lichtstärke und Wegfall der farbigen Komponente gewonnen wird.“⁴ Hier möchte ich vor allem statt „Helligkeitskomponente“ etwa „Helligkeit“ kurzweg sagen, da

¹ Vgl. oben S. 6 f.

² Vgl. unten S. 45.

³ *Diese Zeitschr.* 5, S. 168 ff., auch *Psychologie* I, S. 259 f.

⁴ *Beiträge zur Psychol. und Philos.* Bd. I, S. 170.

aus oben angegebenen Gründen die Helligkeit jedenfalls keine Komponente im Sinne einer Mischungstheorie ist, von den im Sinne einer solchen Theorie zulässigen Komponenten aber vor näherer Untersuchung keine den Vorzug in Anspruch nehmen dürfte, etwa ausschließlicher Träger des Helligkeitsmomentes zu sein. Vielmehr hat man sozusagen die Wahl, ob man, obwohl das Helligkeitsmoment weder der achromatischen noch der chromatischen Wirkung des Farbenreizes fehlt, für die im Sinne der obigen Gesetzmäßigkeit sich vollziehende Veränderung nur die achromatische oder nur die chromatische Seite des Tatbestandes oder schließlich beide verantwortlich machen möchte. Genauer steht es nun so: Steigt ein Farbenreiz von minimaler Stärke anfangen zu mittleren Stärken an, so beobachtet man einerseits allenthalben ein Hervortreten des chromatischen gegenüber dem achromatischen Anteil im Sinne einer Sättigungssteigerung der betreffenden Farbe, außerdem aber bei langwelligen Lichtern gleichsam ein Voraneilen, bei kurzwelligen ein Zurückbleiben der im allgemeinen ansteigenden Helligkeit. Dies kann ohne Zweifel in der Weise zu stande kommen, daß alle Farben die nämliche und auch konstante Helligkeit aufweisen — etwa in der Mitte zwischen Weiß und Schwarz —, indes eine angemessene Veränderung am achromatischen Anteil jedesmal für den durch die obige Gesetzmäßigkeit verlangten Helligkeitserfolg sorgt. Die verschiedenen Lichter hätten dann zugleich die beiden Eigenschaften, einmal beim Ansteigen innerhalb gewisser Grenzen stets sowohl ein absolutes, als ein relatives Ansteigen auch der farbigen Erregung mit sich zu führen, ferner je nach Wellenlänge bald ein relatives Mitansteigen der farblosen Erregung, bald ein relatives Zurückgehen derselben, ohne daß zwischen diesen beiden Eigenschaften ein engerer Zusammenhang statuiert würde. Nun ist aber die Vermutung eines solchen Zusammenhanges unter den gegebenen Umständen doch außerordentlich nahe gelegt, genauer also die Vermutung, daß die Rot- und Gelb-Erregung die Weiß-Erregung begünstige, die Grün- und Blau-Erregung sie beeinträchtige. Weiter ist aber ein solches Begünstigen und Beeinträchtigen zwischen den prinzipiell voneinander unabhängig gedachten Erregungen viel weniger plausibel als die Annahme, es handle sich hier überhaupt nicht so sehr um die Weiß-Erregung als um den Helligkeitseffekt, und dieser werde nicht von Seite der achromatischen

Erregung her im Sinne der obigen Gesetzmäßigkeit bestimmt, sondern dadurch, daß die mit jeder Farbe gegebene Helligkeit nicht für alle Farben gleich, sondern vermöge ihrer Beschaffenheit der Gesamterhellung das eine Mal günstig, das andere Mal ungünstig ist, ein Einfluß, der natürlich um so mehr zur Geltung kommen muß, je stärker sich das chromatische Moment gegenüber dem achromatischen geltend macht. So komme ich zu dem Ergebnisse, daß es gerade unter Voraussetzung der von MARTIUS selbst aufgestellten Gesetzmäßigkeit doch immer noch am plausibelsten ist, zu vermuten, daß den Farben Rot und Gelb eine natürliche, d. h. bereits in der Natur der betreffenden Erregungen gelegene Helligkeit über, ebenso den Farben Grün und Blau eine eben solche Helligkeit unter der Helligkeitsmitte eigen ist.

Nun darf aber schließlich auch nicht unerwähnt bleiben, daß mir HERINGS Aufstellung in Betreff der spezifischen Helligkeit nicht erst durch HILLEBRANDS fein erdachte, aber immerhin keinen ganz einfachen Erwägungen entsprungene Versuche glaubhaft geworden ist, sondern durch die direkte Beachtung der Natur des möglichst gesättigten Gelb und Blau. Die natürliche Helligkeit dort, die natürliche Dunkelheit hier ergibt sich freilich aus Beobachtungen, denen viel von der Strenge des exakten psychologischen Experimentes fehlen mag, die aber letzterem an Überzeugungskraft leicht überlegen sein können. Vielleicht tut auch die gleichfalls noch sozusagen vorexperimentelle Erfahrung, daß man nicht leicht dunkles Gelb oder helles Blau von erheblicher Sättigung antrifft, das Ihre: kurz ich meine, die spezifische Helligkeit der Farben kann man, wenn man nur erst einmal darauf aufmerksam gemacht worden ist, sozusagen den Farben direkt ansehen, und auch nachträgliche theoretische Erwägung hat keinen Grund, gegen das Zeugnis direkter Empirie hier Bedenken zu erheben.

§ 8. Der Farbenkörper und die Farbentheorien.

Weist so bereits die vorexperimentelle Erfahrung auf den oben erwähnten EBBINGHAUSSchen Farbenkörper, so könnte immerhin noch die Frage aufgeworfen werden, ob er ihr auch wirklich durchaus Genüge leistet. Was berechtigt uns insbesondere zu der Annahme, das gesättigte Rot, Gelb etc. könne nur in Einer Helligkeit vorkommen oder komme wenigstens tatsächlich nur in Einer Helligkeit vor? Es hat mir auf Grund dieser Erwägung

lange eine unabweisliche Forderung geschienen, die die Grundfläche des in Rede stehenden Farbenkörpers begrenzenden Kanten durch Ebenen parallel zur Weiß-Schwarz-Achse zu ersetzen, was ein Prisma zwischen zwei Pyramiden ergäbe. Der Grund, um deswillen ich hiervon wieder zurückgekommen bin, mag verdienen, an dieser Stelle als Beleg dafür namhaft gemacht zu werden, daß der Farbenkörper so wenig apriorischer Natur ist, daß in seiner Gestalt sogar jene Verarbeitung der Empirie zur Geltung zu kommen scheint, die wir unter dem Namen einer „Farbentheorie“ zusammenzufassen pflegen. Daß mir als solche zur Zeit die HERINGSche am nächsten steht — selbstverständlich immer mit dem Vorbehalte beliebig weit gehender Modifikationen auf Grund etwa zu gewinnender besserer Einsicht —, hat sich oben bereits ergeben, und wirklich scheint mir eigentlich erst unter Bezugnahme auf diese Konzeption die eben angeregte Umkonstruktion entbehrlich. Das psychische Korrelat der Blau-Erregung, das in seiner Reinheit freilich empirisch nicht vertreten sein wird, kann natürlich nur ein Punkt sein, nicht minder das Korrelat der Rot-Erregung; die Korrelate des Zusammenauftretens beider Erregungen aber müssen in der die beiden Punkte verbindenden Mischlinie liegen: die abgestumpften Ecken und Kanten tragen dann der Empirie Rechnung, weniger wie man sie konstatiert hat, als wie man sie sich unter den gegebenen theoretischen Voraussetzungen erwartet. Die oben erwähnten Ebenen senkrecht zur Schwarz-Weiß-Achse zu Grenzflächen zu machen, hat man kein direkt der Empirie entnommenes Recht: der Theorie gegenüber steht aber immer zu vermuten, daß solche Flächen, soweit die Bewegung innerhalb derselben einmal wirklich der Erfahrung begegnen sollte, im Inneren des Farbenkörpers liegen und durch geeignet geführte Schnitte zu erhalten sind.

Es liegt nahe, im gegenwärtigen Zusammenhange nun auch die Frage aufzuwerfen, wie denn etwa der Anhänger der YOUNG-HELMHOLTZschen Theorie sich den Farbenkörper auszugestalten hätte. Authentisches hierüber liegt, so viel mir bekannt, literarisch nicht vor, was seinen Grund wohl zunächst darin haben wird, daß der Farbenkörper doch eigentlich erst in allerjüngster Zeit zu dem Ansehen in der Farbenpsychologie zu gelangen scheint, auf das er so wohlbegründeten Anspruch hat. Sehe ich aber recht, so dürfte die YOUNG-HELMHOLTZsche Theorie sich

insbesondere der einen Konsequenz schwer entziehen können, zur Grundfläche des Farbkörpers etwas zu nehmen, was dem Farbendreieck ziemlich nahe stehen müßte, wie es etwa zuletzt von F. EXNER auf Grund der KÖNIG-DIETERICISCHEN sowie auf Grund eigener Bestimmungen gezeichnet worden ist.¹ Sollte man sich aber seitens der Vertreter der in Rede stehenden Theorie dazu nicht recht entschließen können, so schiene mir hierin zunächst doch nur die Tatsache zur Geltung zu kommen, daß diese Theorie unbeschadet der ebenso bewundernswerten als fruchtbringenden Arbeit, die auf ihre empirische Begründung und Ausgestaltung gewendet worden ist, doch von Natur eine erfahrungsfremde, in erster Linie aus dem Postulate der *lex parsimoniae* herausdeduzierte Konzeption bleibt. Am deutlichsten tritt das freilich in ihrer ursprünglichen Fassung zu Tage: die Zurückführung der Farbentöne auf Rot, Grün und Violett läßt in dieser Auswahl kaum die Spur eines Versuches erkennen, an die Eigenart der speziell in der psychologischen Empirie vorliegenden Tatsachen anzuknüpfen, obwohl es doch am Ende gerade diese waren, die es einigermaßen verständlich zu machen galt. Dann sind freilich die Früchte der erwähnten experimentellen Bearbeitung nicht ausgeblieben: insbesondere der Ersatz der Grundempfindung Violett durch Blau hat die Theorie den lebendigen Tatsachen bereits um vieles näher gebracht, und so wäre derzeit bei Übertragung des Farbendreiecks in den Farbkörper ohne Zweifel der Ort des Gelb der Punkt, an dem der Konflikt mit der psychologischen Empirie sich am nachdrücklichsten Geltung erzwänge. Gegen Rot, Blau und Grün als „Grundempfindungen“ ist nichts einzuwenden, aber was sie legitimiert, ist zunächst die Tatsache, daß psychologisch bei Rot, Blau und Grün „prinzipiell begrenzte“ Qualitätenreihen ihr Ende haben. Ist dem aber so, dann fordert Gelb gebieterisch eine paritätische Behandlung, und dann geht es auch nicht an, Rot, Gelb und Grün in Eine Gerade zu legen.

¹ „Über die Grundempfindungen im YOUNG-HELMHOLTZschen Farbensystem“. *Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-nat. Kl.*, 111, Abteilung IIa. 1902. S. 15 des Sonderabdruckes.

§ 9. Zu F. EXNERS Bestimmung der HELMHOLTZschen Grundempfindungen.

Daß übrigens trotz so prinzipiellen Dissenses die Theorien einander immer näher kommen, das belegt wohl am besten die erfreuliche Tatsache, daß Untersuchungen die zunächst im Dienste einer ganz speziellen Theorie durchgeführt worden sind, sich bereits mehr als einmal auch der gegnerischen Theorie förderlich erwiesen haben. Das gilt z. B. von den erwähnten KÖNIGSchen Versuchen zur Feststellung der Mischungskurve der Spektralfarben, die zum Zwecke der Ermittlung des Ortes dieser Farben im Farbkörper auch für denjenigen von größtem Werte sein muß, der diesen Körper im Sinne des EBBINGHAUSschen Entwurfes und insofern auch einigermaßen im Sinne HERINGScher Voraussetzungen gestaltet denkt. Ebenso sind die in der oben erwähnten Abhandlung F. EXNERS veröffentlichten Untersuchungen ganz ausdrücklich auf Feststellung der YOUNG-HELMHOLTZschen Grundempfindungen gerichtet. Es ist aber leicht zu erkennen, daß das glücklich ersonnene Versuchsverfahren, das zu diesem Zwecke zu dienen bestimmt ist, auch ganz unabhängig von den besonderen theoretischen Voraussetzungen seinen Wert behält.

Das Verfahren fußt auf der Überlegung, daß die Abschwächung einfacher oder aus quantitativ gleichen Teilen zusammengesetzter Reize resp. Erregungen um der Schwelle willen für den psychischen Erfolg anderes zu bedeuten haben wird als die Herabsetzung bei ungleich starken Komponenten. Während im ersteren Falle ein Anlaß zu einer Qualitätsänderung nicht ersichtlich ist, muß in letzterem Falle eine solche eintreten, sobald eine Komponente unter die Schwelle sinkt. EXNER gibt nun ein ebenso rasches als genaues Verfahren an, sich über den Erfolg der Abschwächung verschiedener spektraler Lichter zu orientieren. Bei Anwendung dieses Verfahrens findet man nun wirklich gewisse Punkte im Spektrum von der Abschwächung des Lichtes im obigen Sinne unabhängig und EXNER meint diese Punkte mit den Schnittpunkten der KÖNIGSchen Kurven identifizieren, zugleich zwei derselben darauf hin HELMHOLTZschen Grundempfindungen zuordnen, die beiden anderen endlich als Komplementärfarben zu zwei Grundempfindungen betrachten zu dürfen.

Lassen wir hier den dritten der vier Schnittpunkte (von links nach rechts gezählt), der dem Experimente tatsächlich Schwierigkeiten bereitet hat¹, außer Betracht, so bedeuten die drei übrigen gemäß der HELMHOLTZschen Theorie die Punkte des reinen Gelb, Grün und Blau. Nun hat aber natürlich jenes spektrale Gelb, das noch weder von Rot noch von Grün, ebenso das spektrale Grün, das noch weder von Gelb noch von Blau etwas an sich hat u. s. f. seine große Bedeutung für jede Theorie, und ein relativ einfaches Verfahren, an einem gegebenen Spektrum die betreffenden Stellen für ein gegebenes Subjekt zu bestimmen, ist unter den verschiedensten Gesichtspunkten eine höchst erwünschte Sache. Speziell vom Standpunkte der HERINGSchen Theorie aus betrachtet fällt der von EXNER in der obigen Weise ermittelte Gelbpunkt und Blaupunkt fast genau mit den beiden Punkten zusammen, an denen die HERINGSche Rot-Grün-Kurve ihre Abszissenachse schneidet. Dagegen liegt der Schnittpunkt der Gelb-Blau-Kurve freilich unverkennbar rechts von dem durch EXNER bestimmten Grünpunkte. Darin kommt aber nur jene seltsame Blaulichkeit des HERINGSchen Urgrün zur Geltung, die nebst der gleichen Eigenschaft des HERINGSchen Urrot für mich noch einen von den einer Klärung am meisten bedürftigen Punkten der ganzen Konzeption ausmacht.²

Sieht man von der mangelhaften Übereinstimmung in betreff des Grünpunktes ab, identifiziert also EXNERS ersten, zweiten und vierten Punkt direkt mit dem HERINGSchen Urgelb, Urgrün und Urblau, dann möchte ich geradezu so weit gehen, zu behaupten, daß Prinzip wie Ergebnisse der EXNERSchen Feststellungen³ fürs erste ganz ebenso überzeugend für die HERINGSche wie für die HELMHOLTZsche Auffassung sprechen, so daß es erst weiteren Versuchen zu überlassen sein dürfte zu entscheiden, ob sich ihren Ergebnissen gegenüber eine der

¹ a. a. O. S. 9.

² Einigermassen im Gegensatze zu EBBINGHAUS, der hierauf nicht viel Gewicht zu legen scheint, vgl. dessen Psychologie Bd. I, S. 253, Anm. 2.

³ Ähnlich steht es mit desselben Autors etwas später veröffentlichten Beiträgen „Zur Charakteristik der schönen und häßlichen Farben.“ *Wiener Sitzungsberichte* 1902, *Math.-naturw. Kl.*, 111, Abt. IIa, in denen neben den HELMHOLTZschen Grundempfindungen auch Gelb in ausreichendem Maße zur Geltung gelangt (vgl. insbesondere S. 9 f., 12 u. 21 des Sonderabdruckes), um den Gedanken an paritätische Behandlung aller vier Farben nahe zu legen.

beiden Theorien in merklichem Vorteile befinden mag und welche. Im allgemeinen wird man sich vom Unterschwelligwerden einer Komponente um so eher einen Einfluß auf das psychische Ergebnis erwarten dürfen, je geringeres Gewicht die präsumtiv verschwindende Komponente gegenüber der zurückbleibenden besitzt. Vergleichen wir nun den Sachverhalt in der Umgebung des Gelbpunktes nach HERING und nach HELMHOLTZ, so finden wir, daß im Sinne der ersteren Auffassung links vom Gelbpunkte die Rot-, rechts davon die Grünkurve eben erst den Nullwert überschreitet, indes die HELMHOLTZsche Rot- und Grünkurve sich doch schon in recht ansehnlicher Entfernung von der Achse schneiden. Von Komponenten dieser Art eine unter die Schwelle zu bringen, muß, falls man nicht sehr geringe Lichtstärken verwendet, ungleich mehr verlangen als der analoge Erfolg unter den Voraussetzungen der HERINGSchen Theorie. Tritt also die Farbentonänderung an den geeignet gewählten Nachbarpunkten bei verhältnismäßig unbeträchtlicher Abschwächung der Helligkeit ein, so ist die HERINGSche, erfolgt sie erst bei starker Herabsetzung, so ist die HELMHOLTZsche Auffassung näher gelegt. Genauere Angaben hierüber habe ich bei EXNER nicht gefunden mit Ausnahme etwa der folgenden Bemerkung: „Die absolute Helligkeit ist bei diesen Versuchen innerhalb weiter Grenzen ohne Einfluß, man muß mit derselben nur merklich von der Grenze, wo Blendung beginnt, entfernt bleiben, und ebenso darf man mit derselben nicht so weit herabgehen, daß die Erkennung des Farbentones des dunkleren Feldes die geringste Schwierigkeit bereitet.“¹ Ist hier nicht etwa bloß von der Stärke des zur Erzeugung des Spektrums verwendeten Lichtes die Rede, dann wäre dies einigermaßen zu Gunsten HERINGS zu deuten. Gelegentlich einiger an einem Dispersionspektrum vorgenommenen Versuche, die bei der Unzulänglichkeit der mir zur Zeit erreichbaren Versuchsanordnung zunächst nur auf eine Veranschaulichung des EXNERSchen Verfahrens abzielen konnten, schien mir (und Herrn Dr. V. BENUSSI) der Farbenwandel erst bei einer Verdunklung einzutreten, bei der das genaue Agnoscieren des Farbentones schon etwas schwer zu werden begann, was also, falls diesen Versuchen überhaupt Beweiswert beizumessen wäre, einigermaßen zu Gunsten HELMHOLTZ' gedeutet werden könnte.

¹ „Über die Grundempfindungen etc.“ a. a. O. S. 9.

Für den Grün- und vollends für den Blaupunkt nimmt auch die HELMHOLTZsche Theorie relativ niedrige Ordinatenwerte in Anspruch, so daß die Umstände hier einem Experimentum crucis im eben angegebenen Sinne weniger günstig liegen dürften. Vielleicht aber gestatten sie ein anderes, das, falls seiner beweiskräftigen Durchführung nicht die durch die Abdunklung so sehr erhöhte Unterscheidungsschwelle für Farbentöne im Wege stehen sollte, noch weit entscheidendere Instanzen zu bieten verspricht. Wie ein Blick auf die EXNERSche Kurve¹ lehrt, kann es unter den von ihm gemachten Voraussetzungen nicht schwer fallen, etwa grünwärts vom Blaupunkte nach dem Rot-Anteile auch den Grün-Anteil, umgekehrt violettwärts vom Blaupunkte nach dem Grün-Anteil auch den Rot-Anteil unter die Schwelle zu bringen. Dann müßte im ersten Falle der qualitativen Bewegung nach links, wenn man kurz so sagen darf, wieder eine nach rechts, im zweiten umgekehrt der Rechtsbewegung eine Linksbewegung, jedesmals ein Übergang in die reine Grundempfindung folgen. Analoges wäre für den Grünpunkt zu erwarten. Die erwähnten Veranschaulichungsversuche im Grazer psychologischen Laboratorium haben von einer solchen rückläufigen Bewegung auch nicht die geringste Spur ergeben: natürlich hat aber das Nichteintreten eines präsumtiv erwarteten Tatbestandes um so weniger zu bedeuten, je unvollkommener die Versuche sind.

Von dem Austrage dieser Detailfragen ist der theoretische Wert der EXNERSchen Versuche auch insofern unabhängig, als deren Resultate unter allen Umständen auf das Vorhandensein zusammengesetzter Grundlagen unserer Farbenempfindungen hinweisen. Insofern zeugen sie, um nochmals den von WUNDT statuierten Gegensatz heranzuziehen, für eine Komponenten- und gegen eine Stufentheorie.²

¹ a. a. O. S. 12.

² Die Intention, auch diesen Gegensatz zu überbrücken, kommt neuestens in W. WIRTHS schöner Arbeit über den „FECHNER-HELMHOLTZschen Satz über negative Nachbilder und seine Analogien“ zur Geltung, dessen dritter Teil (*Philosophische Studien* 18, vgl. insbesondere S. 654 ff.) unmittelbar vor Abschluß des Manuskriptes der gegenwärtigen Abhandlung in meine Hände gelangt. Leider hindern mich äußere Gründe, diesen Abschluß so lange aufzuschieben, bis ich eine angemessene Würdigung der WIRTHSchen Untersuchungen, die in mehr als einer Hinsicht dem Interessenkreise der

§ 10. Ergebnisse.

Von dieser Digression über Farbentheorien wende ich mich wieder zum psychologischen Farbenkörper zurück, um im folgenden seinen Beziehungen zu einem der fundamentalsten Gesetze des Farbengebietes etwas näher zu treten. Vorher mag jedoch der Haupterlös der bisherigen Darlegungen in ein paar Sätzen zusammengefaßt sein:

1. Es empfiehlt sich, dem Farbenkörper einen Farbenraum gegenüberzustellen. Dieser ist der Inbegriff aller möglichen Farben wie jener der Inbegriff aller psychologisch wirklichen Farben, der Farbenvorstellungen oder besser vorgestellten Farben ist. Der Farbenkörper ist im Farbenraume und partizipiert insofern an dessen Eigenschaften.

2. Unser Wissen vom Farbenraume ist von Natur ebenso apriorisch wie unser Wissen vom eigentlichen Raume: es ist Farbengeometrie. Unser Wissen vom Farbenkörper ist von Natur empirisch und insofern Farbenpsychologie: doch ist apriorische Durcharbeitung des empirisch Gewonnenen hier so wenig ausgeschlossen wie sonst in den empirischen Wissenschaften.

3. Apriorischen Einsichten in die Beschaffenheit der Farbenmannigfaltigkeit kommt unsere intellektuelle Veranlagung vergleichsweise wenig entgegen. Man hat daher mit der Möglichkeit zu rechnen, daß notwendige Zusammenhänge auch dort vorliegen, wo die Evidenz für solche sich nur in unvollkommener Weise einstellen will. Dies scheint insbesondere von den Relationen der Kontrast- oder Komplementärfarben zueinander zu gelten; die innere Notwendigkeit dieser Relationen aber könnte, wie noch zu berühren sein wird¹, der Beseitigung einiger fundamentaler Schwierigkeiten der Farbentheorie förderlich sein.

4. Die psychologische Empirie kommt beim Farbenkörper zunächst an dessen Grenzen zur Geltung, aber natürlich nur unter Voraussetzung schematisierender Vereinfachung der Daten, die sie bietet. Für den Ausfall des so zu gewinnenden Schemas ist die theoretische Ansicht, die dabei zu Grunde gelegt wird, nicht ohne Belang. Obwohl also der Farbenkörper eigentlich

gegenwärtigen Ausführungen nahe stehen dürften, diesen nutzbar machen könnte.

¹ Vgl. S. 45f.

die Aufgabe hat, die Farbendaten der Empirie vor aller Theorie zu umfassen, wird es doch nahe liegen, ihn vom Standpunkte der YOUNG-HELMHOLTZschen Theorie anders zu konzipieren als vom Standpunkte der HERINGSchen.

5. Von den drei Dimensionen, die der Farbenkörper wie der Farbenraum im Mindestfalle aufweist, führt nur die der Helligkeit einen gebräuchlichen Namen; doch sprechen gute Gründe dafür, in Rot und Grün einerseits, Gelb und Blau andererseits die Hauptrepräsentanten der beiden anderen natürlichen Dimensionen des Farbenraumes zu sehen. Die Variabilität in den drei Dimensionen weist auf ebenso viele Farbelemente hin, deren jedes als zwischen einem uncharakteristischen Indifferenz- oder Mittelwerte und charakteristischen Extremwerten variabel zu vermuten ist. Auf das Zusammentreffen von Werten letzterer Art, die übrigens natürlich verschiedenen Dimensionen angehören müssen, dürfte der Schein zurückzuführen sein, als ob die Hauptfarben sich „psychologisch“ zu Nebenfalten mischten.

6. Weil die Helligkeit eine Dimension ist, ist sie nicht mit Weißlichkeit identisch, und eben darum ist nicht nur die Weiß-Schwarz-Linie nach Helligkeit bestimmt, sondern nicht minder die Gelb-Blau- und die Rot-Grün-Linie. Alle sechs HERINGSchen Grundempfindungen müssen also wie nach den beiden anderen Dimensionen so auch der Helligkeit nach als bestimmt angenommen werden. Es ist darum auch gegen eine Spezifikation dieser Helligkeiten kein vorgängiger Einwand zu erheben, und auch den Tatsachen gegenüber scheint sich die Annahme der „spezifischen Helligkeit“ zu bewähren.

Zweiter Abschnitt.

Von der Farbenmischung.

§ 11. Das Mischungsgesetz in erstem Entwurfe.

Dafs die Psychologie um den Farbenkörper weiß, hat sie sicher in erster Linie dem Interesse zu danken, das die Tatsache der Farbenmischung nebst ihren Gesetzmäßigkeiten schon seit so langer Zeit auf sich gezogen hat.¹ Es wäre nichts als ein

¹ Vgl. ZINDLER a. a. O., *diese Zeitschrift* 20, S. 230 ff., 249 f.

weiterer Beleg für die natürliche Zusammengehörigkeit dieser Dinge, wenn nun umgekehrt der Farbenkörper die Grundlage für die natürlichste Formulierung der Mischungsgesetze darbieten sollte. Als solche Grundlage scheint er sich in der Tat zu bewähren, wenn man die beiden nachstehenden Grundgesetze für alle Farbenmischung aufstellen darf, die sich, wie kaum ausdrücklich bemerkt zu werden braucht, auf Farbenmischung im ganz gewöhnlichen Wortsinne beziehen und nicht etwa auf jene kaum den eigentlichen Mischungen mehr zuzuzählenden Fälle, für die oben vorübergehend der Ausdruck „psychologische Mischung“ verwendet worden ist, auf den wir erst gegen Ende dieser Ausführungen noch einmal zurückzukommen haben werden. Die beiden Gesetze, die genau genommen nur als ein einziges anzusehen sind, da sub II eigentlich nur determiniert wird, was sub I unbestimmt gelassen bleibt, können etwa so formuliert werden:

- I. Treffen zwei Reize R_a und R_b , die dadurch definiert seien, daß sie unter günstigen Umständen die Farbenempfindungen a und b hervorrufen, in geeigneter Weise zusammen, so kommt die Tatsache der Mischung im Entstehen einer Empfindung m zur Geltung, deren Ort in der Geraden liegt, welche die Orte von a und b im psychologischen Farbenkörper verbindet.
- II. Die Stellung des Punktes m zwischen den Punkten a und b bestimmt sich genauer nach dem Quantitätsverhältnis der Reize, indem die Mischfarbe einer Komponentenfarte um so ähnlicher ausfallen muß, je ausgiebiger der betreffende Reiz vertreten ist. Verändert sich Ähnlichkeit entgegengesetzt wie die Unähnlichkeit und fällt diese mit Distanz zusammen, so heißt dies: Zwei Farben mischen sich so, daß ihre Abstände von der Mischfarbe sich umgekehrt verhalten wie die Quantitäten der zugehörigen Reize.

Vielleicht hält man dieser Formulierung des Mischungsgesetzes den Einwand entgegen, daß daran gerade das, worauf hier besonderes Gewicht gelegt wird, die Zugrundelegung des psychologischen Farbenkörpers, willkürlich sei. Das scheint einfachst aus der Tatsache zu erhellen, daß dem Mischungsgesetze auch eine Farbentafel wie etwa die MAXWELLSche Genüge leistet,

der K. ZINDLER¹ den Charakter einer psychologischen Farbens-
tafel aberkennt, da sie nur als physiologische Farbens-
tafel in Anspruch zu nehmen sei. Dem habe ich vor allem entgegen-
zuhalten, daß, soweit zu gleichen und ähnlichen psychischen
Geschehnissen gleiche resp. ähnliche physische, genauer physio-
logische gehören, eine räumliche Abbildung der physischen
Korrelate der gegenständlich differenzierten Farbenempfindungen
auch wohl eine Abbildung dieser Empfindungen wird sein müssen.
Sollten wir also eine Farbens-
tafel in diesem Sinne ebenso-
wohl physiologisch als psychologisch nennen dürfen, so wird die
letzte Bezeichnung unter gewöhnlichen Umständen den Vor-
zug verdienen, weil uns das abgebildete Psychische hier durch
direkte Empirie bekannt, das etwa zugleich mitabgebildete
Physische dagegen zunächst bloß darauf hin vermutet ist. In-
sofern ist also auch die MAXWELLSche Farbens-
tafel eine psychologische, nur wegen der Willkürlichkeit der Ausgangspunkte darin²
eine noch sehr unvollkommene, indem diese Willkürlichkeit den
Fehler fast unvermeidlich macht, daß verschieden distanten
Farben gleiche Raumdistanzen zugeordnet werden. Wer sich
nur um die im Mischungsgesetze enthaltenen Relationen kümmern
will, findet sich dadurch freilich nicht gestört und mag darum
Anstand nehmen, von einem „Fehler“ zu reden: das ist im
gegenwärtigen Zusammenhange aber auch ganz unwesentlich.
Entscheidend ist dagegen, wenn ich recht sehe, daß jede auch
noch so ausschließlich den Mischungstatsachen zugewandte
Farbenkonstruktion doch jedenfalls auf Mischlinien zurückgeht,
denen eine verständliche Beziehung auf die Farben nur dann
beizulegen ist, wenn mindestens jede für sich einem psycho-
logischen Farbenkörper angehörend gedacht werden könnte. Die
Willkürlichkeit in der Lokalisation der Ausgangsfarben hat dabei
eben nur zur Folge, daß verschiedene dieser Linien zu räum-
lichen Abbildungen von verschiedener Größe, insofern zu ver-
schiedenen Farbenkörpern gehören, und eben darum nicht „zu-
einander passen“.

Daß sich nun unter Voraussetzung der obigen Formu-
lierungen so ziemlich alles verstehen läßt, was an allgemeinen
Farbenmischungstatsachen zu interessieren pflegt, ist nun leicht

¹ a. a. O. S. 240 ff.

² a. a. O. S. 235 ff.

zu erkennen. Die Natur des Farbkörpers bringt es vor allem mit sich, daß jeder Farbe, genauer jedem Farbenton darin ein und nur ein Farbenton zugeordnet ist, dessen Verbindungslinie mit dem ersten die Weiß-Schwarz-Achse schneidet. Die Mischung solcher Farben kann im Sinne des Obigen nur entweder eine der beiden Farben oder Grau ergeben: es sind eben Komplementärfarben. Ebenso müssen die Mischungsergebnisse bei vorkomplementären Farben, wenn man so sagen darf, dem Tone wie der Sättigung nach zwischen diesen Farben liegen. Weil ferner in den Grundgesetzen über die Beschaffenheit der Reize und Empfindungen nichts vorausgesetzt ist, im besonderen also auch nichts über Gemischtheit und Ungemischtheit, indem die Reize nur nach ihrem „Aussehen“ definiert wurden, so kann man von der Mischung aus zwei Komponenten ohne weiteres auf die aus drei Komponenten übergehen, indem man davon zuerst zwei mischt, das Mischungsergebnis aber dann mit der dritten zusammenbringt. So gelangt man auf Farbendreiecke und durch Einbeziehung einer vierten Farbe auf Farbengleichungen, deren Inkonstanz im Falle extremer Reizwerte den Mischungsgesetzen nicht beizumessen ist, da bei extremer Steigerung oder Herabsetzung die Reize ihr Aussehen (auch dem Farbenton nach) ändern, so daß, was bei Aufstellung der Farbengleichung ein a -Reiz gewesen ist, sich in einen a' -Reiz umgewandelt hat, auf den die Farbengleichung sich ja von Haus aus gar nicht bezieht.

Bemerkenswerter noch als ihre Konsequenzen dürfte aber die erkenntnistheoretische Natur der Thesen I und II sein. Was an ihnen sofort auffällt, ist die eigentümliche innere Vernünftigkeit, jene Einsichtigkeit, vermöge deren sie der mathematischen Erkenntnisweise näher verwandt scheinen als derjenigen, auf welche die Erfahrungswissenschaften in der Regel angewiesen sind. Daß, wenn zwei Reize R_a und R_b einander sozusagen durchdringen, ohne ihre Beschaffenheit aufzugeben, ein Empfindungsergebnis zum Vorschein kommen muß, welches dem a wie dem b verwandt, zwischen ihnen beiden gelegen ist, und daß die Verwandtschaft um so größer sein muß, je größer der Anteil ist, der der betreffenden Komponente an der Mischung zukommt, das müssen wir uns nicht von der Erfahrung sozusagen aufdrängen lassen, wie etwa die Tatsache, daß Öl auf Wasser schwimmt, Quecksilber aber nicht, — vielmehr spüren wir sofort etwas von

der inneren Natürlichkeit und Selbstverständlichkeit jenes Sachverhaltes, ähnlich wie wir die Gleichheit der Diagonalen im Quadrate oder Rechtecke nicht als ein uns bloß äußerlich sich Darbietendes, sondern als ein in sich Natürliches und uns darum Verständliches zur Kenntnis nehmen. Darauf hin kurzweg von „psychophysischen Axiomen“ zu reden, wie G. E. MÜLLER tut¹, ist vielleicht gleichwohl nicht ohne Wagnis; und die in den obigen Sätzen I und II gegebenen Formulierungen, die der Empfindung nicht die „psychophysische Erregung“, sondern den ihr um so vieles ferner stehenden Reiz gegenüberstellen, werden darum vollends nicht als axiomatisch, auch nicht als apriorisch ohne Vorbehalt in Anspruch zu nehmen sein. Dafs aber auch hier dem zweifellos vorliegenden empirischen Momente ein nicht in bloßer Erfahrungsgemäfsheit, sondern in der Natur der Sache gelegenes, also apriorisches Moment zur Seite steht, scheint ebenso deutlich wie bei gewissen vielumstrittenen Prinzipien der theoretischen Mechanik, sollte es auch hier gleich schwer sein wie dort, das Apriorische vom Empirischen reinlich loszulösen.

Dem Dargelegten ist es völlig gemäß, dafs auch die oben angedeuteten Konsequenzen aus den beiden Grundgesetzen die berührte innere Vernünftigkeit nicht vermissen lassen. Eine Ausnahme machen bloß die Komplementärfarben, deren Verhalten zueinander und zum Grau resp. Weiß so wenig Selbstverständlichkeit an sich hat, dafs hier das Staunen und das begründete Interesse des Laien immer wieder zum Ausdrucke gelangt. Auch die Mischungsergebnisse vorkomplementärer Farben sind innerhalb leicht zu ziehender Grenzen nicht ganz frei von solchem Staunen. Aber der Evidenzmangel, der sich hierin verrät, ist schwerlich auf Rechnung der betreffenden Mischungsgesetze zu setzen. Entscheidend wird hier vielmehr der Umstand sein, dafs es sich um jene Regionen oder genauer Relationen des Farbenkörpers handelt, von denen schon oben² zu sagen war, dafs die für die Konstruktion desselben maßgebende Evidenz, die unmittelbare wenigstens, sich bei ihnen nicht recht einstellen will. Darf der Farbenkörper einmal zur Voraussetzung gemacht werden, dann ist aus seiner Natur auf

¹ „Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen.“ *Diese Zeitschr.* 10 S. 1 ff.

² Vgl. S. 6 ff.

Grund der Gesetze I und II auch die Tatsache der Komplementärfarben ohne Appell an neue Erfahrungen einzusehen.¹

Es soll an dieser Stelle, obwohl es streng genommen nicht in den gegenwärtigen Zusammenhang gehört, nicht unerwähnt bleiben, daß die eben dargelegte Auffassung des Komplementarismus, falls sie sich bewährt, für einige Grundfragen der Farbentheorie nicht ohne wichtige Folgen sein möchte. Ist das Mischungsergebnis der Komplementärfarben ebenso durch deren Natur gefordert, nur etwa unserer Einsicht minder leicht zugänglich als das Mischungsergebnis von Rot und Gelb, dann ist, um das Verhalten der Komplementärfarben zueinander verständlich zu machen, die Annahme antagonistischer Erregungen ebenso entbehrlich als eine besondere Annahme etwa zur Erklärung der Tatsache, daß zwei rechte Winkel zusammen einen gestreckten ausmachen. Durch den Wegfall des Antagonismus aber könnte die HERINGSche Theorie vielleicht nach zwei Seiten hin entlastet werden. Einmal entfiele der Übelstand, den die Andersbehandlung des Gegensatzes von Schwarz und Weiß gegenüber den beiden chromatischen Gegensätzlichkeiten mit sich führt.² Denn Grau ergibt sich aus der Mischung von Schwarz und Weiß ganz in derselben Weise und aus ganz demselben Grunde, wie aus der Mischung von Gelb und Blau oder von Rot und Grün: im Grau enthalten im Sinne „psychologischer Farbmischung“ sind darin die einen Komponenten so wenig wie die anderen. Daß in dieser Hinsicht gleichwohl ein Schein bestehen könnte, der Weiß und Schwarz bevorzugt, haben wir oben³ aus der Natur der „Farbenelemente“, die daran beteiligt sein dürften, nicht zu verstehen vermocht: jetzt könnten wir versuchen, an die Evidenz anzuknüpfen, welche die Weiß-Schwarz-Linie ja tatsächlich vor der Gelb-Blau- und der Rot-Grün-Linie voraus hat. Als ein zweiter Gewinn aber böte sich die Möglichkeit, die schon oben berührten⁴ Helligkeitsschwankungen, die

¹ Schon H. GRASSMANN versucht, den Satz, daß es „zu jeder Farbe eine andere homogene Farbe“ gibt, „welche mit ihr vermischt farbloses Licht liefert“, „mit mathematischer Evidenz“ abzuleiten (*Poggendorfs Annalen* 89, (1853), S. 73 ff.): doch ist es nicht leicht, über alle Schritte dieses Beweises zu befriedigender Klarheit zu gelangen.

² Vgl. EBBINGHAUS: Psychologie, I, S. 259 f.

³ Vgl. S. 26.

⁴ Vgl. S. 30.

sich bei Weiß-Gemischen aus verschiedenen Komponenten als Folge verschiedener Beleuchtung einstellen, auf die spezifische Helligkeit der Komponenten zurückzuführen. Es ist hier indes nicht der Ort, Gedanken dieser Art noch weiter nachzugehen.

§ 12. Das Mischungsgesetz in zweitem Entwurfe.

Mit der anscheinend bestens gesicherten Einsichtigkeit der beiden obigen Mischungsgesetze steht es nun in einem überraschenden Gegensatz, daß für dieselben in vielen Fällen die Verifikation seitens der direkten Erfahrung sich durchaus nicht einstellt, noch dazu gerade in denjenigen Fällen, die allgemein für die einfachsten und sozusagen paradigmatischen Mischungsfälle gehalten werden. Und zwar ist es bereits die noch so unbestimmte These I, die mit der Empirie in ganz deutlichen Konflikt tritt. Es ist eben gar nicht richtig, daß, wenn der a -Reiz und der b -Reiz zusammenwirken, jedesmal etwas empfunden wird, das zwischen a und b liegt. Wirft man etwa mittels Doppelspaltes zwei Spektre teilweise übereinander auf die Projektionsleinwand, so sind die Deckstellen auffallend heller als das Übrige. Man sieht das auf Einen Blick beim V-förmigen oder X-förmigen Spalt: instruktiver ist aber auch hier, ein Paar einander paralleler Spalte zu benutzen. Man überzeugt sich bei geeigneter Wahl der Distanz leicht, daß die Mischfarbe nicht nur dort heller wird, wo eine hellere auf eine dunklere, sondern auch dort, wo eine dunklere auf eine hellere Komponente trifft. Hat man nämlich, wie ja am natürlichsten ist¹, die beiden Spalte so nebeneinander angebracht, daß oben und unten je ein Spektrum, in der Mitte aber ein Gemisch aus beiden zu sehen ist, so hebt sich dieses nicht nur von den dunkleren, sondern auch von den hellsten Partien seiner Komponenten als ein oben und unten scharf abgegrenztes helles Feld ab. Natürlich ist nun aber die Tatsache, die hier zur Geltung kommt, ganz und gar nicht an Spektralfarben gebunden. Beleuchte ich die Projektionsleinwand, von der eben die Rede war, mit einem gewöhnlichen Bogenlicht, und lasse ich dann auch noch irgendwie blaues Licht auf sie fallen, das so schwach ist, daß von ihm allein bestrahlt die Leinwand zweifellos dunkler aussieht als

¹ Vgl. O. ZOTH: „Eine neue Methode zur Mischung objektiv dargestellter Spektralfarben.“ *Pflügers Archiv* 70, S. 2.

beim weissen Bogenlichte, so erscheint die Leinwand infolge des hinzutretenden blauen Lichtes unter günstigen Umständen sicher heller, in keinem Falle aber dunkler als ohne dieses. Gerade das Gegenteil aber wird durch unser Gesetz I gefordert: denn wäre etwa a das Aussehen der Leinwand beim starken weissen, b das Aussehen derselben beim schwachen blauen Licht, so müßte das Mischungsergebnis nicht nur dem Farbentone nach, was ja der Fall ist, sondern auch der Helligkeit nach zwischen a und b liegen, somit zwar heller sein als b , dafür aber dunkler als a : und bei den vorhin erwähnten Spektralversuchen stünde es genau ebenso.

Übrigens ist aber das zweite Beispiel auch besonders geeignet, erkennen zu lassen, daß die Tatsache, die es illustriert, eigentlich nichts als etwas in gewissem Sinne bis zur Trivialität Selbstverständliches ist, so selbstverständlich etwa, als daß zwei Lichter heller leuchten als eines, oder auch, daß das schwächste Lämpchen den hellsterleuchteten Saal höchstens heller, keinesfalls aber finsterer machen kann. Auch diese Beispiele sind ja Instanzen gegen das obige Mischungsgesetz. Nicht minder natürlich die Tatsache, daß auch die hellste Stelle eines spektralen Gelb in keiner Weise die Helligkeit des Weifs erreicht, aus dem das betreffende Spektrum gewonnen ist, — daß man seit NEWTON bei Konzeption der Farbenmischungstafeln, insbesondere bei dem auf die Spektralfarben bezogenen Mischungsdreiecke fast immer von einem Weifspunkte und nur ausnahmsweise von einem Graupunkte redet und vieles andere, das jedermann weiß, seltsamerweise ohne es, falls ich andere nach mir selbst beurteilen darf, mit den Mischungsgesetzen in nähere Verbindung zu bringen. Auch literarisch habe ich diese Verbindung, nachdem ich durch einen Zufall auf sie aufmerksam geworden war, außer in gewissem Sinne durch H. GRASSMANN¹ und neuerlich durch E. VON OPPOLZER² nur durch E. HERING ausdrücklich berücksichtigt angetroffen³, und erst während der Niederschrift dieser Zeilen finde

¹ *Poggendorffs Annalen* a. a. O. S. 82: „Am einfachsten ist es anzunehmen, daß die gesamte Lichtintensität der Mischung die Summe sei aus den Intensitäten der gemischten Lichter.“ Statt „Intensität“ ist hier, wie der sonstige Zusammenhang sicherstellt, sinngemäfs „Helligkeit“ zu setzen.

² *Diese Zeitschr.* 29, S. 201 ff.

³ HERMANN'S Handbuch III, 1, S. 596

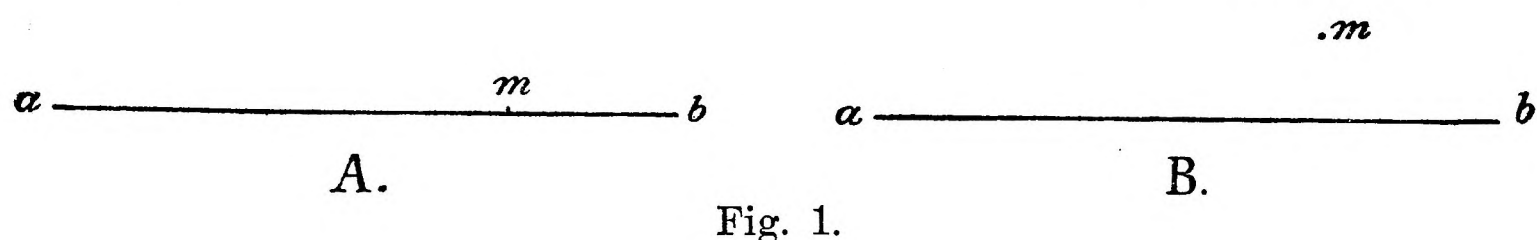
ich die Erfahrungen von der obigen Art unter Berufung auf HERING in den allgemeinen Satz zusammengefaßt: „Wenn man ein und dieselbe Stelle einer Netzhaut von zwei verschiedenfarbigen Strahlen beleuchten läßt, so wird dadurch eine Mischfarbe erzeugt, die so hell ist, wie die beiden Komponenten zusammen; es addieren sich also hier bei der Mischung die Helligkeiten.“¹ Daß Gleichheit der zwei beleuchtenden Strahlenarten hier als Grenzfall der Verschiedenheit mit einbezogen werden kann, ist praktisch unwichtig, spricht aber theoretisch gewiß zu Gunsten dieser Formulierung.²

Von hier ist der Hauptsache nach nur Ein Schritt nötig, um den eben angeführten Satz ganz förmlich in das ihm akkommodierte Mischungsgesetz einzubeziehen. Die Modifikation betrifft zunächst die Helligkeit, läßt dagegen den Farbenton unberührt. Ob die Sättigung durch die Modifikation in Mitleidschaft gezogen wird, hängt wieder einigermaßen davon ab, inwieweit Helligkeit nur Sache des chromatischen oder auch des achromatischen Momentes an der Farbenempfindung ist. Lassen wir dies für die Zwecke dieser Untersuchung in suspenso, so bleibt es doch ganz deutlich, obwohl vielleicht in der eben berührten Hinsicht nicht bestimmt genug, wenn wir den Entwurf zu dem verbesserten Mischungsgesetze etwa so zum Ausdruck bringen: Treffen der a -Reiz und der b -Reiz im Subjekte zusammen, so ergibt sich eine Empfindung, die dem Tone und vielleicht auch der Sättigung nach im Sinne der Schwerpunktskonstruktion zwischen a und b zu liegen kommt, ihrer Helligkeit nach aber in angemessener Distanz über der Linie $a-b$ steht, falls man sich den Farbenkörper so aufgestellt denkt, daß die Weiß-Schwarz-Achse desselben vertikal und mit der Weiß-Spitze nach oben zu stehen kommt. Der dadurch der Ausgangsformulierung des Mischungsgesetzes in den Thesen I und II gegenübergestellte neue Entwurf für dieselben läßt sich also

¹ F. SCHENCK: „Einiges über binokulare Farbenmischung.“ Marburg 1901. S. 11.

² Die jedenfalls verwandt intentionierte Aufstellung E. v. OPPOLZERS am eben angeführten Orte tritt nur als Deduktion aus dem WEBERSchen resp. FECHNERSchen Gesetze auf. Was ich gegen die Voraussetzungen dieser Deduktion einzuwenden habe, findet sich ausführlich dargelegt in meiner Schrift „Über die Bedeutung des WEBERSchen Gesetzes“, Hamburg und Leipzig 1896 (auch *diese Zeitschr.* 11), besonders im fünften Abschnitt.

leicht etwa durch Schema B der Figur 1 veranschaulichen, im Gegensatze zum Schema A, das die Mischfarbe m direkt in die Linie $a b$ legt. Ich will im folgenden der Kürze halber bloß vom Entwurfe A und Entwurfe B des Mischungsgesetzes reden.



Es wird nämlich nach dem Dargelegten die Aufgabe nicht abzuweisen sein, zwischen Entwurf A und Entwurf B eine Wahl zu treffen. Was für den letzteren spricht, haben wir eben gesehen. Reicht es aus, darauf hin den ersteren fallen zu lassen? Vorher muß jedenfalls auch gewürdigt werden, was dieser Entwurf für sich hat. Und da fällt ohne Zweifel vor allem das wiederholt berührte apriorische Moment daran, die einem so formulierten Mischungsgesetze zukommende innere Einsichtigkeit ins Gewicht. Es gibt viele gut beglaubigte Gesetzmäßigkeiten, denen sie fehlt. Aber ihr Vorhandensein bedeutet jederzeit eine Art Erkenntnisvorzug, ein Plus an Erkenntnisdignität, das man nur widerstrebend einem allfälligen Zwange von Seite der Erfahrung zum Opfer bringen würde.

Kann man aber auch wirklich sagen, daß die Tatsachen der Empirie einen solchen Zwang ausüben? Ist Entwurf B wirklich unter allen Umständen der erfahrungsgemäßere? Dies ist so wenig der Fall, daß es vielmehr ganze Gebiete von Mischungstatsachen gibt, die sich wenigstens ihrem unmittelbaren Aspektenach ohne weiteres der Fassung A unterordnen, und teils nur unter gewissen, wenn auch vielleicht sehr plausiblen theoretischen Voraussetzungen, teils überhaupt nicht mit der Fassung B in Einklang gebracht werden können.

§ 13. Das TALBOTSche Gesetz.

So steht es vor allem mit der praktisch so vielfach verwendbaren Farbenmischung mittels rotierender Scheiben. Wer mit ihnen experimentiert hat, weiß längst, und jedermann kann sich ad hoc immer wieder leicht genug davon überzeugen, daß auf dem Farbenkreisel das Mischungsergebnis niemals heller ausfällt als die hellere Komponente, sich vielmehr der Helligkeit wie der Sättigung und dem Farbentone nach in der Ver-

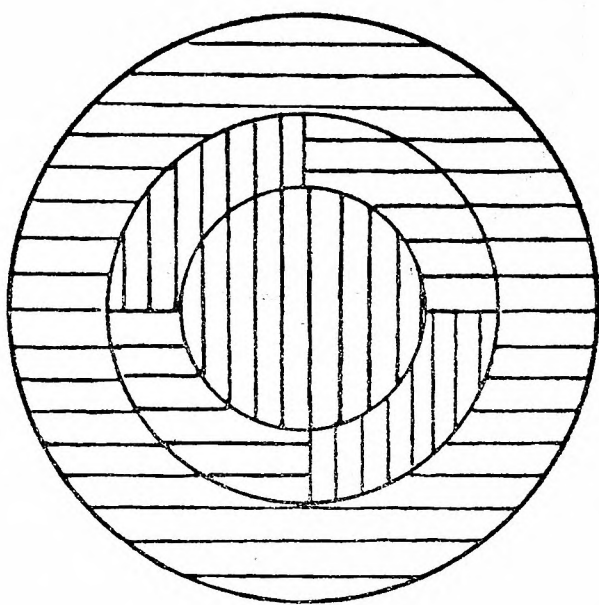
bindungslinie der Komponenten hält und jenen Ort darin einnimmt, der ihr im Sinne von Entwurf A durch das Verhältnis der Sektorenbreiten vorgezeichnet ist. Auch Schwarz macht davon keine Ausnahme: und wer von der psychologischen Positivität und qualitativen Eigenartigkeit dieser Farbe überzeugt ist, wird in dieser Parität des Schwarz mit den übrigen Farben eine Bestätigung dieser Überzeugung finden können, durch die der Entwurf A für ihn an Vertrauenswürdigkeit nur gewinnen kann. Dafs der Schwarz-Reiz dem Weiß- oder Rot-Reiz gegenüber physikalisch eine etwas ungewöhnliche Stellung einnimmt, braucht ihn dabei weiter nicht zu stören.

Inzwischen wird man hier nicht unerwogen lassen dürfen, dafs es nicht nur möglich ist, die Mischung am Farbenkreisel auch dem Entwurfe B zu subsumieren, sondern dafs eine solche Subsumtion der sonst nächstliegenden Auffassung dieser Mischungstatsachen weitaus besser zu entsprechen scheint. Diese Auffassung findet ihren Ausdruck in dem TALBOT-PLATEAUSchen Satze, dem zufolge ein periodisch wirkender Reiz unter den bekannten günstigen Umständen eine Empfindung hervorruft, die identisch ist „mit derjenigen Empfindung, welche entstehen würde, wenn das während einer jeden Periode wirkende Licht gleichmäfsig über die Dauer der ganzen Periode verteilt wäre“.¹ Wechselt nämlich z. B. der a -Reiz mit dem b -Reize in gleichen Zeitintervallen ab, so kommt dem Gesagten zufolge jeder der beiden Reize nur nach seiner halben Stärke in Betracht: handelte es sich also etwa um Mischung von Gelb und Grün, so wäre an dieser nicht der in den betreffenden Pigmenten gegebene Gelb- und Grün-Reiz beteiligt, sondern der halb so starke, dem also ein viel dunkleres Gelb und Grün entspricht als das in den Pigmenten vorgegebene. Zieht man jetzt dieses dunkle Gelb und dieses dunkle Grün in Rechnung, dann wird man darüber nicht im Zweifel sein können, dafs das bei der Rotation resultierende Gelbgrün wesentlich heller sein mufs als jede der beiden Komponenten. Allgemein: die durch das TALBOTSche Gesetz verlangte Verteilung des Reizes auf die ganze Periode, oder auch, wenn man will, eines jeden der beteiligten Pigmente auf die ganze Fläche des Kreisels bedeutet eine

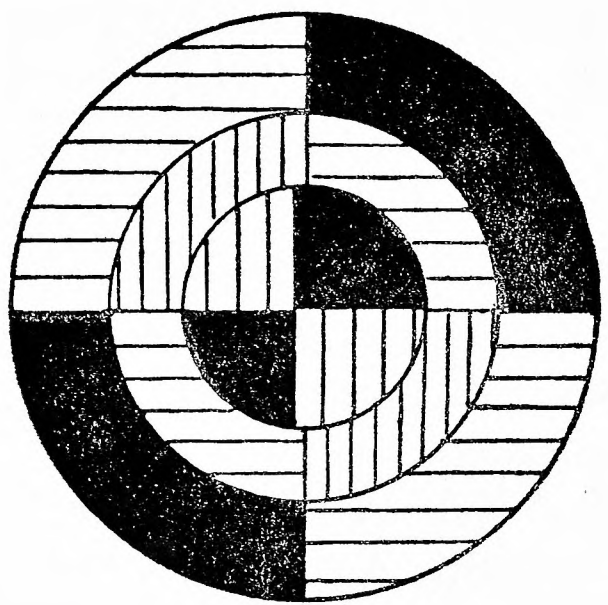
¹ K. MARBE: „Theorie des TALBOTSchen Gesetzes.“ *Philosophische Stud.* 12, S. 279.

Herabsetzung der Reizstärke, somit auch der Helligkeit der durch den Reiz erregten Empfindung. Liegt daher auch die Mischempfindung zwischen den Empfindungen, die den durch die Pigmente repräsentierten Reizen zugeordnet sind, so doch keineswegs zwischen den im Sinne des TALBOTSchen Satzes modifizierten Empfindungen; sie ist vielmehr heller als diese, womit die Forderung von Entwurf B erfüllt ist.

Man hat schon oft erfahren, daß man in experimentellen Dingen nicht wohl daran tut, der Phantasie mehr zu überlassen als gerade unentbehrlich ist, — anders ausgedrückt: daß wenig selbstverständliche Dinge so selbstverständlich sind, daß man ohne Schaden unterlassen darf, sie sich, falls es angeht, einmal wirklich anzusehen. So wird, wer sich über den Charakter der eben dargelegten Reduktion der Kreismischungen auf Entwurf B ein Urteil bilden möchte, schwerlich etwas Überflüssiges tun, wenn er den Sinn dieser Reduktion sich durch das Experiment so anschaulich als möglich vor Augen führt. Die Aufgabe ist nicht eben schwer zu lösen. Ich habe dazu zwei Farbenscheiben benutzt, deren jede, wie Fig. 2 schematisch andeutet, aus drei konzentrischen Feldern bestand, einem vollen Kreise im Zentrum und zwei Kreisringen um diesen Vollkreis herum.



A



B

Fig. 2.

Von den so an jeder Scheibe angebrachten drei Feldern war jedesmal das mittlere zur Hälfte mit einem gelben, zur anderen Hälfte mit einem grünen Sektor bedeckt. Das innerste und äußerste Feld der einen Scheibe (A) war bezüglich gelb und grün, das der anderen Scheibe (B) bezüglich halb gelb und halb schwarz, sowie halb grün und halb schwarz. In der Figur be-

deuten die Vertikalen Gelb, die Horizontalen Grün, indes die ausgefüllten Sektoren natürlich Schwarz repräsentieren. Selbstverständlich war für beide Scheiben das nämliche gelbe und grüne Papier in Verwendung, und dieses war so gewählt, daß die bezüglichen Helligkeiten für annähernd gleich gelten konnten. Darf man in dieser Versuchsanordnung das verwendete schwarze Papier für lichtlos nehmen, so erkennt man leicht in der ersten Scheibe (Fig. 2 *A*) den Entwurf A, in der zweiten Scheibe (Fig. 2 *B*) den Entwurf B repräsentiert, indem jedesmal das Mittelfeld die Mischfarbe, das Außen- und das Innenfeld jedesmal die im Sinne der einen und der anderen Auffassung an der Mischung beteiligten Komponenten darstellt. Läßt man nun die beiden Scheiben nebeneinander rotieren, so hat man einen Anblick, den Fig. 3 in *A* und *B* versinnlichen mag, wo mit den dünnen Strichen dasselbe gemeint ist wie in Fig. 3, mit den dicken aber die bezügliche dunklere Farbe, die sich infolge

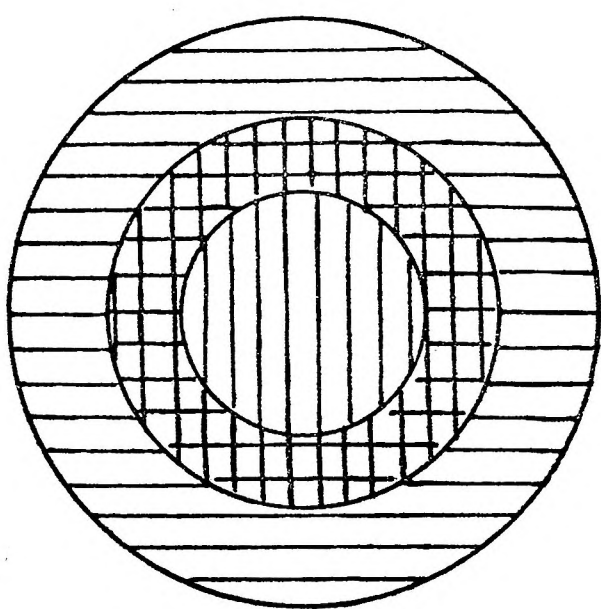
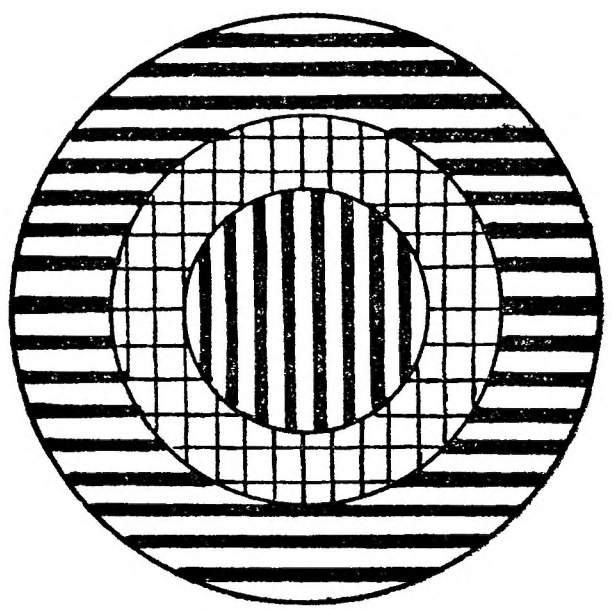
*A**B*

Fig. 3.

der Mischung mit Schwarz einstellt. Daß dabei in *A* der die Mischung aus Gelb und Grün darstellende Kreisring etwas dunkler aussieht als die benachbarten Felder, ist natürlich nichts als eine für die Hauptsache zufällige Konsequenz der hier der Einfachheit wegen gewählten graphischen Symbolik: ganz anders steht es dagegen mit dem entgegengesetzten Aussehen desselben Kreisringes in *B*, und jedenfalls berührt beim Anblick der rotierenden Scheiben das Verlangen, die relativ helle Mischfarbe aus den dunklen Komponenten in *B* statt aus den ungefähr gleich hellen in *A* gemischt zu denken, als eine handgreiflich unnatürliche Zumutung.

Übrigens ist nun auch das oben in Fig. 1 dargestellte Schema ganz geeignet, die hier vorliegende Unnatürlichkeit anschaulich zu machen. Man setzt zwei Pigmente auf den Farbenkreisel, die wie a und b aussehen, und die Mischung ergibt das zwischenliegende m . Die Auffassung B aber macht erst aus dem a ein tiefer liegendes α , aus b ein tiefer liegendes β (vgl. Fig. 4) und kann dann freilich in dem Verhältnis von α und β zu m den Entwurf B verifiziert sehen.

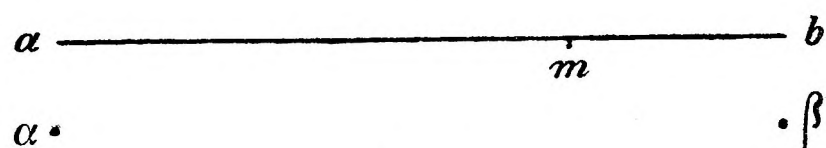


Fig. 4.

Inzwischen wird der hier durchgeführten Betrachtungsweise der Vorwurf einer gewissen Äußerlichkeit kaum zu ersparen sein, und wer der Sache etwas mehr auf den Grund zu gehen bestrebt ist, mag sich vor allem zur Frage hingedrängt finden, ob denn die bei der Formulierung des TALBOTSchen Gesetzes herangezogene Verteilung des Lichtes auf die ganze Periode wirklich nicht mehr als eine Fiktion zu bedeuten habe. Ist es denn nicht einfach Tatsache, daß, wenn Licht von bestimmter Stärke während der Hälfte der Periode wirkt, das eben genau halb so viel Licht ist, als wenn dieselbe Lichtquelle während der ganzen Zeit Licht aussendete? Soweit man hier ganz ausdrücklich die Lichtmenge ins Auge faßt, ist dies unzweifelhaft richtig; und was die Lichtmenge zu bedeuten hat, darauf soll weiter unten noch zurückgekommen werden. Hier aber ist von Lichtstärke (Amplitude) und deren Empfindungskorrelat die Rede, und daß es auch für Letzteres in der Regel gar nicht auf dasselbe hinauskommt, ob ein Reiz von bestimmter Stärke eine bestimmte Zeit lang, oder ein Reiz von halber Stärke die doppelte Zeit hindurch wirksam ist, das beweist die triviale Verschiedenheit zweier Kerzen, die Eine Minute lang brennen, von Einer Kerze, die zwei Minuten lang brennt. Nun wird man freilich sagen, daß dieser Unterschied eben verschwinde, wenn die Zeiten kurz genug sind. Auch davon wird unten, und zwar sogleich, die Rede sein. An sich bleibt herabgesetzte Reizdauer und herabgesetzte Reizstärke auch hier zweierlei: die Behauptung also, daß am Farbenkreisel Komponenten von herabgesetzter Helligkeit in die Mischung ein-

treten, kann sicher nicht als Ausdruck der vor einer bestimmten theoretischen Auffassung anzutreffenden Tatsachen gelten.

Schwerer fällt schon ein anderer Umstand ins Gewicht. Die bis zu mathematischer Eleganz ausgebildete¹ Anwendung des Gedankens vom An- und Abklingen, die ja eben darauf aus ist, zu einem Verständnis der wirklichen Vorgänge in der Netzhaut unter der Einwirkung der rotierenden Farbenscheibe zu gelangen, führt faktisch auf die Annahme gerade jener Herabsetzung der Reizstärke, welche unserem Schema B charakteristisch ist. Das Wesentliche des Vorganges soll ja dies sein, daß die Empfindung nicht bis zur ganzen Höhe der dem Reize unter normalen Umständen zugeordneten Reaktion anklingen kann, durch die Langsamkeit des Abklingens aber ungefähr auf dieser unternormalen Höhe erhalten bleibt. Das besagt doch nur soviel, daß der Reiz, der unter gewöhnlichen Verhältnissen wie α „aussieht“, es diesmal nur bis zum Aussehen α bringt, unter diesen Umständen also streng genommen kein α -Reiz, sondern nur ein α -Reiz ist. Ebenso ist der in die Zeitlücke eintretende sonstige b -Reiz diesmal nur ein β -Reiz: kommt dann durch Mischung beider gleichwohl m zu stande, so ist eben der im Entwurfe B vorgesehene Fall verwirklicht.

Sieht man aber nun einmal etwas näher zu, wie die Gesichtspunkte beschaffen sind, unter denen diese Auffassung eine so vielseitige Zustimmung gefunden hat, so zeigt sich vor allem, daß die einschlägigen Erwägungen natürlichst von dem Falle ausgehen, daß die eine der intermittierenden Farben Schwarz ist, z. B. so, daß Weiß und Schwarz miteinander abwechseln, was sich von der physikalischen Seite her als Alternieren von Reiz und Nicht-Reiz darstellt. Die sozusagen reizfreie Zeit kann dann auch durch einen zweiten Reiz, etwa rotes Licht, ausgefüllt sein, der dann, indem man zunächst vom ersten Reize absieht, nun ganz so wie dieser für sich einen Wechsel von Reiz und Nicht-Reiz repräsentiert: der Wechsel von Weiß und Rot kann dann als passendes Ineinandergreifen der fiktiven Elementarfälle Weiß-Schwarz und Rot-Schwarz betrachtet und aus den für diese Elementarfälle gewonnenen Gesetzen deduziert werden. Darauf, wie man diese Elementarfälle sich zurecht legt, kommt also alles an. Denkt man sich etwa

¹ Vgl. A. FICK in HERMANN'S Handbuch Bd. III, 1, S. 212 ff.

beim Wechsel von Weiß und Schwarz die Sache so, daß der Zeit einer Weiß-Erregung einfach eine Zeit der Nicht-Erregung folgt, dann kann die Weiß-Reizung ihrem Effekte nach freilich nicht erheblich über das hinaus anwachsen, was die Erfahrung beim Anblicke des Kreisels zeigt, das mittlere Grau. Aber dem liegt, wie kaum zu verkennen, eigentlich doch stillschweigend die Voraussetzung zu Grunde, daß Schwarz ungefähr so viel als nichts ist. Steht dagegen der Weiß-Erregung eine Schwarz-Erregung als ein nicht minder Positives gegenüber, dann kann die Weiß-Erregung innerhalb des ihr zukommenden Abschnittes der Periode ohne weiteres die ganze der Natur des Weiß-Reizes angemessene Stärke erreichen oder behaupten: gilt auch von der Schwarz-Erregung das nämliche, so ist es dann nur noch eben Sache der Mischung, das phänomenal gegebene Grau herzustellen. Was aber so für Weiß und Schwarz recht ist, wird etwa für Rot und Schwarz nicht weniger als billig sein können. Und was die ausschließlich chromatischen Kombinationen, z. B. Gelb und Grün anlangt, so gestatten sie dann genau die nämliche Behandlung, die zugleich den Einfachheitsvorzug aufweist, des Umwegs über zweimalige Fiktion einer Schwarz-Komponente entraten zu können. Grün wie Gelb kommen dann eben in ihrer vollen Helligkeit zur Geltung und das Gelbgrün, das entsteht, entspricht dem Entwurfe A.

Vielleicht hängt es mit dem eben Dargelegten zusammen, daß von den beiden letzten mir bekannt gewordenen Bearbeitungen des TALBOTSchen Gesetzes die eine sich zu der herkömmlichen, von A. FICK und S. EXNER begründeten Auffassung desselben in direkte Opposition setzt¹, die andere von einem näheren Eingehen auf dieselbe mindestens absieht.² Gleichwohl kann ich mir nicht verhehlen, daß auch diese Bearbeitungen nicht dem Entwurfe A, sondern ganz zweifellos dem Entwurfe B günstig sind.

Beide gehen, wohl unabhängig voneinander, von der Tatsache aus, daß bei Bestrahlung eines lichtempfindlichen Stoffes, der keine Regeneration erfährt, der photochemische Gesamteffekt gleich ist der Summe der in die Bestrahlungszeit fallenden photochemischen Einzeleffekte. Bei der lebenden Netzhaut ist dies

¹ K. MARBE a. a. O. S. 283 Anm. 1.

² Vgl. G. E. MÜLLER a. a. O., *diese Zeitschr.* 10, S. 385.

wegen der „nutritiven“ Vorgänge in ihr im allgemeinen nicht der Fall, wohl aber innerhalb ausreichend kurzer Zeitstrecken, indem es dann auf dasselbe hinauskommt, ob innerhalb der in Betracht kommenden sehr kurzen Zeit ein Licht von der Intensität i während des Zeitabschnittes t oder ein Licht von der Intensität $n \cdot i$ während der Zeit $\frac{t}{n}$ wirkt, wobei über den Wert von n nichts vorbestimmt ist.¹ Wäre also etwa T die Zeitstrecke, die abgelaufen sein muß, ehe die Regeneration sich eben geltend zu machen beginnt, so ist vor allem klar, daß von einem a -Reiz oder b -Reiz im Sinne dieser Auffassung eigentlich immer nur unter der Voraussetzung die Rede sein kann, daß der psychische Erfolg der Reizung erst von dem Momente an, da die Einwirkungszeit des betreffenden Lichtes den Betrag T überschritten hat, in Betracht gezogen wird. Ehe die Zeit T abgelaufen ist, ist der sogenannte a -Reiz streng genommen noch kein a -Reiz, vielmehr hat er, wenn z. B. die Hälfte von T verstrichen ist, nur eine solche photochemische Leistung zu stande gebracht, daß diese, um einen ihr gleichen Betrag vermehrt, also kurz verdoppelt erst zu jener Höhe angewachsen sein würde, die zum Zustandekommen der Empfindung a erforderlich ist. Es kann also in der halben Zeit T photochemisch nicht mehr ausgerichtet sein, als während der ganzen Zeit T durch einen halb so starken Reiz ausgerichtet wäre: die Empfindung, die zu stande kommt, ist also keine a -Empfindung, sondern eine α -Empfindung im Sinne der oben verwendeten Ausdrucksweise. Ergibt also die Mischung eines gelben und grünen Pigmentes auf dem Farbenkreisel ein Gelbgrün von ungefähr der Helligkeit, welche die Komponenten zeigen, so entspricht der Sachverhalt dem Entwurfe A nur äußerlich, denn im Grunde kommen an den Komponenten nicht die Helligkeiten in Frage, welche die beiden Pigmente bei gewöhnlicher, d. h. die Zeit T meist erheblich überdauernder Betrachtung aufweisen, sondern weit geringere: das Mischungsergebnis zeigt gleichwohl eine Helligkeit, welche jener Normalhelligkeit der Komponenten, wie man vielleicht ganz verständlich sagen könnte, gleich ist. Der von mir oben als unnatürlich bezeichnete Umweg würde sonach

¹ MÜLLER a. a. O. S. 384f.

von der Wirklichkeit am Ende doch eingeschlagen, und der Entwurf B behält Recht.

Wie man sieht, findet man sich einigermaßen vor die Wahl gestellt, die Vorgänge an den rotierenden Scheiben entweder im Sinne von Entwurf A oder im Sinne des Regenerationsgedankens aufzufassen: und im Hinblick auf die natürlichen Vorzüge des letzteren, vermöge deren er auch das An- und Abklingen ohne weiteres als Spezialfälle in sich begreift, wird die Entscheidung wohl zu seinen Gunsten ausfallen müssen. Ganz kann ich mich dabei freilich des Gefühls nicht entschlagen, als würde damit in Betreff der Farbenmischung an die Natur die Zumutung eines Verfahrens gestellt nicht unähnlich dem des Rechners, der trotz eines begangenen Fehlers zum richtigen Resultate gelangt, indem er noch einen zweiten Fehler macht: und sollte es sich einmal als möglich herausstellen, dem Regenerationsgedanken eine Wendung zu geben, oder ihn durch eine Auffassung zu ersetzen, der gegenüber Entwurf A seine Geltung behaupten könnte, so würde ich darin einen zweifellosen theoretischen Gewinn sehen. Für jeden Fall muß indes anerkannt sein, daß das obige Gleichnis von den zwei Rechenfehlern ohne Zweifel grau in grau malt: es soll unten gezeigt werden, daß es weder für die rotierenden Scheiben noch für die übereinander fallenden Lichter an einem Gesichtspunkte fehlt, unter dem sich einer Helligkeitssteigerung als Mischungserfolg ein gewisses Verständnis abgewinnen läßt.

§ 14. Binokulare Farbenmischung. Mischung von Nachbarfarben.

Die eben durchgeführten Untersuchungen haben dargetan, daß dasjenige Tatsachengebiet, das auf den ersten Blick und noch über diesen hinaus in ganz unverkennbarer Weise den Entwurf A des Mischungsgesetzes zu verifizieren scheint, dies doch nur sozusagen von außen besehen tut, indes genauere Erwägung der eigentümlichen Vorgänge beim Anblicke rotierender Scheiben auch den Widerstrebenden auf den Entwurf B hindrängt. Damit wäre nun in der Tat zugleich dargetan, daß dieser Entwurf das allenthalben ausschließlich geltende Mischungsgesetz darstellt, träten Farbenmischungen nicht noch in einer immerhin einigermaßen ungewöhnlichen, gleichwohl aber völlig

normalen Gestalt auf, der gegenüber sich Entwurf A, so viel ich sehe, unter allen Umständen behauptet. Ich meine die Tatsachen der binokularen Farbenmischung. Die in dieser Hinsicht etwa noch schwebende Kontroverse scheint mir durch die schlagenden Briefmarkenversuche F. SCHENCKS¹ und die darauf gegründeten statistischen Aufnahmen A. LOHMANNs² endgültig zu Gunsten der Positionen HERINGS³ entschieden, und dies gilt insbesondere von der nun auch an den Briefmarken erprobten Beobachtung, daß die bei binokularer Mischung resultierende Farbe niemals heller ist als die Komponentenfarben und der nämliche Effekt unokular, wenn die Umstände sonst günstig sind, nur durch Halbierung der Reizintensitäten mittels Doppelspat zu erzielen ist.⁴

Immerhin könnte hier gerade das letzterwähnte Verfahren vorübergehend den Gedanken wachrufen, ob nicht auch bei der binokularen Mischung die beiden Reize aus irgend einem Grunde nur mit einem Teile ihrer Stärke zur Geltung kommen, womit dann auch hier die Reduktion auf Entwurf B angebahnt wäre. Näher wäre etwa daran zu denken, daß der Wettstreit zwischen den beiden gleich zu lokalisierenden Qualitäten, wenn er nicht zur vollen Verdrängung der einen führt, doch einen solchen Helligkeitsverlust bei den Komponenten zur Folge haben könnte, daß im Mischungsergebnis auch nach Entwurf B eine Helligkeitssteigerung im Vergleich mit den gleichsam unbehindert wirksam gedachten Komponenten nicht zu stande käme. Im ganzen aber hätte eine solche Vermutung zur Zeit doch den Charakter einer völlig willkürlichen Konstruktion, so daß daraus der Gültigkeit des Entwurfes A für die Tatsachen der binokularen Farbenmischung nicht wohl ein Bedenken erwachsen kann.

Übrigens möchte ich auch nicht unerwähnt lassen, daß unmittelbar vor dem Abschlufs der gegenwärtigen Arbeit mich die interessanten Versuche H. PIPERS⁵ darüber belehren, daß auf

¹ „Einiges über binokulare Farbenmischung“, Marburg 1901. Die Versuche sind im Grazer psychologischen Laboratorium unter Verwendung österreichischer Marken wiederholt worden und haben zu durchaus übereinstimmenden Ergebnissen geführt.

² „Über binokulare Farbenmischung“, Marburger Dissertation 1902.

³ HERMANNs Handb. III, 1, S. 591 ff.

⁴ Vgl. SCHENCK a. a. O. S. 11 ff.

⁵ „Über Dunkeladaptation.“ *Diese Zeitschr.* 31, S. 200 ff.

dem in Rede stehenden Tatsachengebiete dem Entwurfe B von ganz unerwarteter Seite her Hilfen erwachsen könnten. Es hat sich nämlich herausgestellt, „daß die Empfindlichkeit beider Augen zusammen bei vorgeschrittener Dunkeladaptation einen sehr viel höheren Wert hat als die jedes einzelnen Auges, und zwar beträgt der binokulare Empfindlichkeitswert stets annähernd das Doppelte des monokularen. Bei Beobachtung mit beiden Augen im Zustande vorgeschrittener Dunkeladaptation summieren sich also die beiden jedes einzelne Auge treffenden Lichtreize“, wobei aber ausdrücklich zu betonen ist, „daß diese Erscheinung erst nach etwa 15 Minuten dauerndem Dunkel-aufenthalt hervortritt, daß also der Satz der binokularen Reiz-addition für das helladaptierte Auge nicht gilt“.¹ Trotz dieses Beisatzes ist die Eventualität, Entwurf A könnte einmal auch noch aus dem Gebiete der binokularen Farbenmischung durch Entwurf B verdrängt werden, für denjenigen am wenigsten vorgängig von der Hand zu weisen, der etwas Ähnliches bei den Mischungen an rotierenden Scheiben gewissermaßen an sich selbst erlebt hat. Diese Eventualität aber für die weiteren Untersuchungen ausdrücklich in Rechnung zu ziehen, wäre jedenfalls mindestens verfrüht: ich glaube an den hier folgenden Darlegungen um so weniger ändern zu sollen, als das Wesentliche derselben, soviel ich sehe, auch der im angedeuteten Sinne abgeänderten theoretischen Sachlage leicht anzupassen wäre.

Schon der Vollständigkeit wegen sollte nun hier auch noch von der vierten Gestalt gehandelt werden, in der die Tatsache der Farbenmischung auftritt. Sie stellt insofern eine Art Seitenstück zur Mischung des Successiven dar, als dem durch den Farbenkreisel widerlegten Vorurteil, daß nur Gleichzeitiges sich mischen könne, die Vormeinung entspricht, als ob Farben, die sich mischen sollen, mit den gleichen subjektiven Ortsbestimmungen versehen sein müßten. Diese Ortsgleichheit findet sich verwirklicht bei den aufeinanderfallenden Lichtern und unter besonderem Hervortreten des subjektiven Momentes bei der binokularen Farbenmischung: sie fehlt bei der zunächst unokularen Mischung räumlich ausreichend nahe lokalisierter Farben, wie sie bekanntlich manchen Webe- und Maltechniken

¹ a. a. O. S. 201 f.

zu Grunde liegt, übrigens aber bereits in der freien Natur, etwa roten Früchten (z. B. Ebereschen) in grünem Laube schön beobachtet werden kann, an denen bei geeigneten Distanzen die verschiedensten Töne in Orange, Gelb und Gelbgrün anzutreffen sind. Die Eigenartigkeit solcher Fälle ist nun freilich eine mehr äußerliche, falls hier durch Berufung auf Irradiation alles Wesentliche getroffen ist: es könnte ja nicht viel verschlagen, ob die als Komponenten auftretenden Lichter schon außer dem Auge oder erst auf der Netzhaut zusammentreffen. Indes wird man schwerlich an diese Auffassung als einzig mögliche gebunden sein. Vor allem legt die eben berührte Analogie zu den Tatsachen am Farbenkreisel nahe, unter Übertragung des an der Zeit Bewährten auf den Raum für die Normalbetätigung eines Lichtreizes nicht nur ein zeitliches, sondern auch ein räumliches Minimum vorauszusetzen. Was bisher über die Abhängigkeit des Reizwertes von der Winkelgröße des leuchtenden Objektes beobachtet worden ist¹, wäre keineswegs ungeeignet, eine solche Vermutung zu bekräftigen. Zieht man überdies in Rechnung, daß ja auch an der binokularen Farbenmischung zentralen Vorgängen offenbar ein Anteil am Zustandekommen von Mischeffekten nicht wohl abzusprechen ist, so wird sicher die Möglichkeit nicht unerwogen bleiben dürfen, auch unokular mit ausreichend benachbarten Ortsbestimmungen Gegebenes könnte erst zentral zu einer Gesamtwirkung zusammentreten, für welche dann die Irradiation gar nicht unerläßlich zu sein brauchte. In Betreff des Ergebnisses solcher Mischungen, bezüglich dessen mir genauere Untersuchungen nicht bekannt geworden sind, scheint einstweilen ziemlich sicher, daß von einer Helligkeitssteigerung gegenüber den Komponenten nichts zu merken ist. Äußerlich spräche das wieder für Entwurf A: aber irradiierende Lichter werden sicher nicht in ihrer vollen Stärke aufeinander treffen, so daß für den Entwurf B auch hier die Wege zu ebnen wären, falls natürlich nicht etwa durch Zurückverlegung ins Zentrum mit der Analogie zur binokularen Farbenmischung auch der Entwurf A in den Vordergrund tritt. So ist einstweilen hier schon in Betreff der Tatsachen, noch mehr aber in Betreff ihrer Deutung die Unsicherheit für mich noch eine so große, daß es mir angemessen scheint, bei der Weiterführung

¹ Vgl. H. PIPER: „Über Dunkeladaptation“, *diese Zeitschr.* 31, S. 168, 204.

der gegenwärtigen Untersuchung von diesem vierten Mischungsfalle in der Hauptsache lieber abzusehen.

§ 15. Das reine und das modifizierte Mischungsgesetz.

Dagegen ist es unerläßlich, nunmehr aus den im obigen etwas näher betrachteten drei Hauptfällen bezüglich der beiden Entwürfe A und B die Summe zu ziehen. Die Mischung aufeinanderfallender Lichter folgt dem Entwurfe B, die an rotierenden Scheiben äußerlich dem Entwurfe A, innerlich wahrscheinlich gleichfalls dem Entwurfe B, indes sich die binokulare Farbenmischung ohne Gewaltsamkeit nur im Sinne von Entwurf A auffassen zu lassen scheint. Daraus erwächst natürlich das Problem, wie wir uns eigentlich das Verhältnis der beiden Entwürfe zueinander zu denken haben.

Die nächste und in gewissem Sinne jedenfalls zutreffende Antwort ist die, daß die beiden Gesetzmäßigkeiten A und B, wie wir nun statt Entwurf A und B billig sagen dürfen, in ihren Sphären nebeneinander zu Recht bestehen. Insofern gibt es ohne Zweifel Farbenmischung nach zweierlei Gesetzen, deren eines in allen seinen Details eine gewisse innere Einsichtigkeit an sich trägt, indes das andere in Betreff des Helligkeits- eventuell auch des Sättigungsmomentes eine Modifikation ins Irrationelle erkennen läßt. Daß die beiden Gesetze, die ja zum mindesten in Betreff des Farbentons durchaus miteinander übereinstimmen, gar nichts Näheres miteinander zu tun haben sollten, darf natürlich unter solchen Umständen und im Hinblick auf die natürliche Zusammengehörigkeit aller Mischungstatsachen für ausgeschlossen gelten. Um so näher liegt die Vermutung, eine der beiden Gesetzmäßigkeiten möchte ihrer Natur nach als eine Modifikation der anderen zu betrachten sein, die im Hinzutreten irgend welcher störenden Umstände ihren Grund hat. Versucht man darauf hin, sich darüber eine Meinung zu bilden, welche der beiden Gesetzmäßigkeiten das Präjudiz der Ursprünglichkeit oder vielleicht besser der Unentstelltheit für sich haben möchte, so mag am nächsten liegen, sich an denjenigen Tatbestand zu halten, der seiner Verbreitung nach darauf Anspruch erheben darf, für die Regel zu gelten. Damit hätte man sich ohne Frage für Formulierung B entschieden;

nun führen aber ein paar nahe liegende Erwägungen doch zum entgegengesetzten Ziele.

Sie stützen sich auf die wiederholt hervorgehobene Tatsache, daß Formulierung A zwar nicht kurzweg apriorische Erkenntnisdignität, aber doch ein gutes Stück innerer Einsichtigkeit an sich hat, die das Zutrauen motiviert, daß diese Formulierung einen in besonderem Maße „natürlichen“ Sachverhalt wiedergibt. Daß gleichwohl dieses Natürliche doch das relativ selten Verwirklichte ist, wird sogleich weniger befremden, wenn man in Rechnung zieht, daß auch die dem Gesetze B unterstehenden Thatsachen nur zum Teile, genauer in Einer bestimmten Richtung, nämlich der Helligkeit nach, sich der Forderung jener Natürlichkeit sozusagen widersetzen, in anderen Richtungen dagegen, zunächst dem Farbentone, in gewissen Einschränkungen wohl auch der Sättigung nach sich ganz und gar im Sinne des Gesetzes A verhalten, das sich vom Gesetze B ja eben nur mit Bezug auf die Helligkeit unterscheidet. Man kann also näher besehen gar nicht sagen, daß das, was man den Sinn des Gesetzes A nennen könnte, etwa nur eben so selten verwirklicht ist wie die binokulare Farbmischung: bis zu gewissem Grade findet es sich vielmehr in allen Mischungsfällen ohne Ausnahme realisiert, und die B-Fälle sind also gegenüber den A-Fällen nicht nur darin sozusagen im Nachteil, daß ihnen im ganzen die Einsichtigkeit fehlt, die den A-Fällen zukommt, sondern auch noch vermöge einer Art innerer Inkonsequenz, indem sie sich in einem Teile ihrer Bestimmungen jener Einsichtigkeit doch gemäß verhalten, in einem anderen Teile dagegen nicht.

Die hier vorliegende Anomalie läßt sich noch unter einem allgemeineren Gesichtspunkte auffassen. Gesetzt, zwei Totalursachen¹ U und U' , die untereinander verträglich sind, und denen bezüglich die Wirkungen W und W' zugehören, seien zugleich gegeben. Sind auch W und W' untereinander verträglich, so werden daraufhin auch sie gleichzeitig auftreten. Sind sie dagegen unverträglich, so resultiert Verschiedenes, jenachdem W und W' Qualitäten oder Quantitäten sind: ersteren Falles

¹ Über den Gegensatz der Gesamtursache zu den Teilursachen vgl. meine *Hume-Studien* 2, S. 118ff., auch HÖFLERS Logik („Philosophische Propädeutik“ Bd. I) S. 65.

wird entweder eine der beiden Wirkungen zeitweilig oder endgültig die andere gleichsam verdrängen, oder es entsteht etwas das weder W noch W' ist, sondern zwischen beiden in der Mitte liegt; im anderen Falle dagegen summieren sich die Quanta, falls sie summierbar sind. Greifen z. B. an demselben materiellen Punkte zwei Kräfte von verschiedener Richtung an, so bewegt sich der Punkt im Sinne der Regel vom Kräfteparallelogramm: greifen zwei Kräfte an, die qualitativ, nämlich der Richtung nach, gleich sind, so daß die Unverträglichkeit der einen Einzelwirkung mit der anderen nur in der GröÙe der Wirkung (einschließlich des Grenzfalles, daß die GröÙen gleich sind) zur Geltung kommt, so summieren sich die Wirkungen. Auf den Spezialfall der Lichter und ihrer Empfindungswirkungen übertragen, bedeutet dies: Lichter, die für sich zur a -Empfindung resp. b -Empfindung führen, sind zunächst Ursachen qualitativ differenzierter Wirkungen, die untereinander unverträglich sind. Demgemäß ergibt ihr Zusammenwirken unter Umständen Wettstreit, unter Umständen Mischung, sofern eine Empfindung entsteht, die zwischen a und b liegt, wie Gesetz A es verlangt. Untersteht das Ergebnis aber dem Gesetze B, so fügt sich dasselbe der allgemeinen Norm zwar in Betreff des Farbentones, nicht aber in Betreff der Helligkeit, die der allgemeinen Regel so gut unterworfen sein sollte wie der Farbenton, da sie Qualität ist wie dieser und nicht etwa Intensität, so daß die sie betreffende Abweichung des Gesetzes B von der Norm nicht etwa als Summierungsfall betrachtet und in diesem Sinne der Norm doch untergeordnet werden könnte.

Unter solchen Umständen haben wir also vor allem jedenfalls Grund, in der Formulierung A den Ausdruck der eigentlichen, sozusagen reinen Mischungsgesetzmäßigkeit zu vermuten, und diese Vermutung erhält eine weitere, nicht unbeträchtliche Stütze, wenn sich in Betreff dessen etwas Näheres angeben läßt, was innerhalb des Anwendungsgebietes der Formulierung B jene Gesetzmäßigkeit stört resp. verdunkelt. Das Bemühen in dieser Hinsicht erhält aber ganz bestimmte Richtung durch den Umstand, daß es gerade die Helligkeit ist, die aus der allgemeinen Gesetzmäßigkeit hervorzutreten scheint.

§ 16. Die Sonderstellung der Helligkeit.

Greifen wir zunächst noch einmal auf die oben schon berührte triviale Tatsache zurück, daß eine weiße Wand, wenn weißes Licht aus Einer Lichtquelle auf sie fällt, minder hell aussieht, als wenn sie auch noch aus einer zweiten ausreichend ausgiebigen Quelle solches Licht empfängt. Hier zweifelt niemand, wie die größere Helligkeit im zweiten Falle zu verstehen sei: was sich zuträgt, ist nichts als eine Art Summierung der als Reize fungierenden physikalischen Vorgänge, vermöge deren das Licht, das hier die Augen des Beschauers trifft, größere Intensität, d. h. eine Amplitude aufweist, die durch Superposition der Amplituden der beiden von der Wand reflektierten Lichter zu stande gekommen ist. Daß mit der gesteigerten Reizstärke gesteigerte Helligkeit zusammengeht, ist ja selbstverständlich. Ersetzen wir nun das eine der beiden weißen Lichter durch ein blaues, so tritt, wie ebenfalls schon erwähnt, gegenüber der Beleuchtung bloß durch das eine weiße Licht ebenfalls Helligkeitssteigerung ein. Was liegt näher, als hier ebenfalls Superposition der Reizwellen und daher Steigerung der Amplituden zu vermuten? Und wenn nun statt weißen und blauen Lichtes rotes und blaues unsere Wand bestrahlt, allenfalls auch rotes und blaues Licht von spektraler Einfachheit, und wieder der Erfolg der Helligkeitssteigerung eintritt, werden wir Bedenken zu tragen haben, den Superpositionsgedanken auch hier in Anwendung zu bringen? Nun spielt freilich die Schwingungsform in der physikalischen Optik nicht dieselbe Rolle wie in der physikalischen Akustik, und dies hat, so viel ich sehe, darin seinen Grund, daß man Anstand nimmt, den der Empirie an den Luftwellen entnommenen oder wenigstens zunächst an ihnen verifizierten Superpositionsgedanken kurzweg auf den Lichtäther zu übertragen, ehe die Erfahrung es ausdrücklich verlangt. Von einem Gesichtspunkte aber, der diese Übertragung an sich verböte, ist mir nichts bekannt. Nun scheint mir in der herkömmlichen Auffassung der durch zwei qualitativ gleiche Lichter bewirkten Helligkeitssteigerung diese Übertragung tatsächlich bereits vollzogen zu sein, und ich könnte nicht absehen, warum die weitere Übertragung auch auf den Fall der qualitativ verschiedenen Lichter bedenklicher sein sollte. Umgekehrt scheint mir vielmehr in der Übereinstimmung, die sich beim Zusammentreffen

qualitativ verschiedener Lichter im Vergleich mit dem Zusammentreffen qualitativ gleicher Lichter bezüglich der hier wie dort eintretenden Helligkeitssteigerung einstellt, eine Instanz dafür zu liegen, daß die Auffassung des physikalischen Sachverhaltes durchaus im Rechte ist, wenn sie hier wie dort mit der Superposition der Lichtwellen rechnet. Natürlich käme eine solche Superposition nicht nur in den gesteigerten Amplituden, sondern auch in abgeänderten Schwingungsformen zur Geltung: doch wäre nach akustischen Analogien zu erwarten, daß in letzteren die durch die Wellenlängen repräsentierten qualitativen Eigentümlichkeiten der Komponenten in einer sozusagen analysierbarer Weise konserviert blieben, als bei den resultierenden Amplituden gegenüber den sie zusammensetzenden möglich wäre.

Übrigens liegt, diese physikalische Konsequenz sozusagen endgültig zu ziehen, natürlich völlig außerhalb meiner Kompetenz. Es wird aber sicher nicht zu wenig Zurückhaltung in sich schließen, wenn ich sage: fallen zwei oder natürlich auch mehr physikalische Lichter zur selben Zeit auf denselben Ort, so verlaufen die Tatsachen so, als ob Superposition und sonach Amplitudensteigerung einträte. Wir dürfen also die Sachlage so beurteilen, als ob die Partialreize sich zu einem Totalreize vereinigten, dem größere Intensität zukommt, als den Partialreizen, falls man nicht geradezu sagen kann, daß seine Intensität durch die Summe aus den Intensitäten der Partialreize repräsentiert ist. Kürzer ausgedrückt: Reize, die in dem hier nicht wohl mißzuverstehenden Sinne räumlich und zeitlich zusammentreffen, summieren sich zu einem neuen Reize, in dem die Qualitäten *cum grano salis* ihre Eigenartigkeit bewahren, indes an Stelle der vorgegebenen Partialintensitäten eine neue gesteigerte Intensität tritt. Einem Reize von gesteigerter Intensität steht aber auch hier im Sinne der innerhalb so weiter Grenzen beglaubigten Gesetzmäßigkeit eine gesteigerte Helligkeitsempfindung zur Seite.

Unter Bezugnahme auf das obige Schema von den beiden zusammentreffenden Totalursachen U und U' läßt sich der in Rede stehende Sachverhalt mithin so charakterisieren: die beiden Ursachen U und U' kommen hier nicht jede für sich zur Geltung, sondern vereinigen sich bereits selbst im Sinne der oben bloß auf die Wirkungen angewendeten Regel, mindestens kommen für die Empfindung nicht zwei Lichtstärken, sondern nur eine Lichtstärke in Betracht, die jener Regel gemäß die Summe der

beiden vorgegebenen Lichtstärken repräsentiert. Übrigens aber versteht sich von selbst, daß der hiermit gewonnene Gesichtspunkt doch keineswegs für das ganze Anwendungsgebiet des Mischungsgesetzes B vorhält, falls diesem wirklich, wie ja oben wahrscheinlich geworden ist, auch die Mischungen am Rotationsapparate unterzuordnen sind. Inzwischen hat gerade in der Farbentheorie schon so oft das physiologische Mittelglied für das aufkommen müssen, was das physikalische Anfangs- und das psychologische Endglied für sich zu leisten außer stande waren, daß es im gegenwärtigen Falle sicher nicht sonderlich gewagt sein wird, von demselben Auskunftsmittel Gebrauch zu machen. Lichter, die zu verschiedenen Zeiten auf die Netzhaut fallen, superponieren oder summieren sich gewiß nicht; um so leichter können es die Erregungen tun, solange die Regeneration nicht hindernd in den Weg tritt. Freilich stünde dann nichts im Wege, diese Auffassung auch auf die eben zuvor erörterte Mischung aufeinanderfallender Lichter auszudehnen. Dort scheint aber doch die in der Physik anerkannte Superposition qualitativ gleicher Lichter den näheren resp. minder hypothetischen Anschluß zu bieten.

Warum ähnliche Gedanken, falls man nicht etwa von der Peripherie ins Zentrum zurückgeht, bei binokularer Farbmischung ausgeschlossen sind, ja warum bereits von vorn herein jeder Anlaß zu solchen Gedanken fehlt, solange es bei der zur Zeit einzig in Betracht kommenden Auffassung dieser Mischungstatsachen bleibt, bedarf keiner Ausführung. So kann darüber, daß die Stellung, die durch die Formulierung B der Helligkeit zugewiesen wird, eine Ausnahmestellung, Formulierung B selbst daher in dem von A abweichenden Teile eine Ausnahmebestimmung sei, um so weniger Zweifel obwalten, je sicherer wir den Grund anzugeben im stande sind, warum es gerade die Helligkeit ist, die sich in dieser Stellung befindet. Der Grund ist natürlich kein anderer als der, daß die Helligkeit diejenige Bestimmung an den Farbenempfindungen ist, die in ihren Veränderungen zu den Veränderungen der Licht- oder doch Erregungsstärke in den nächsten Beziehungen steht, — der Umstand also, der so oft dazu Anlaß gegeben hat, den Unterschied von Hell und Dunkel im allgemeinen, Weiß und Schwarz im besonderen als Quantitätsunterschied zu behandeln.

Sollte die oben vorübergehend ins Auge gefasste Möglichkeit sich verwirklichen, daß Erweiterung und Vertiefung unserer Kenntnis der binokularen Farbenmischung dazu führt, auch sie dem Gesetze B zu subsummieren, dann könnte natürlich von einer Ausnahmestellung der Helligkeit in den B-Fällen nicht mehr die Rede sein, da es ja dann andere Mischungsfälle als B-Fälle wohl überhaupt nicht gäbe. In Sonderstellung bliebe aber die Helligkeit auch dann gegenüber Farbenton resp. (cum grano salis) Sättigung, und es wäre immer noch keineswegs willkürlich, gerade ihr die Position außer der Regel zuzuschreiben. Denn man dürfte auch dann behaupten, daß das reine Mischungsgesetz in der Formulierung A eigentlich die Helligkeit sozusagen in sich befassen sollte, und nur die Eigenart der der Helligkeit zugeordneten Reize resp. Erregungen hier die Abänderung im Sinne des Gesetzes B mit sich führt.

§ 17. Zur Präzisierung des Quantitätsmomentes.

Darf durch das Gesagte im allgemeinen für dargetan gelten, daß es zuletzt nur ein und dasselbe Mischungsgesetz ist, das in der Gestalt A sozusagen rein, in der Gestalt B einigermaßen entstellt zur Geltung kommt, so verlangt nun noch ein Punkt ausdrückliche Erwägung, der zwar, falls den Mischungen am Rotationsapparat durch die obigen Untersuchungen die richtige Stelle angewiesen worden ist, nicht mehr die Übereinstimmung von A und B betrifft, dafür aber eine Unklarheit zunächst, obwohl kaum ausschließlic, innerhalb des Bereiches des Gesetzes B, in der sich unter Umständen geradezu etwas wie ein innerer Widerspruch zu verraten scheint. Ich meine das quantitative Moment, das eine unerläßliche Voraussetzung der Schwerpunktskonstruktion ausmacht und oben in der ersten Formulierung des Mischungsgesetzes durch Satz II seinen Ausdruck gefunden hat.

Vergleicht man nämlich erstens die Mischungen am Farbkreis und die Mischungen durch gleichzeitige Bestrahlung derselben Stelle daraufhin miteinander, so bietet sich im ersten Falle als das quantitativ Ausschlaggebende die Sektorenbreite oder auch die Einwirkungszeit des betreffenden Lichtes, im zweiten Falle dagegen die Lichtstärke (Amplitude) dar, wie sie in der Regel, freilich nicht mit jederzeit voraussetzungsloser Genauigkeit, in den den zu mischenden Lichtern zugewiesenen

Spaltbreiten zur Geltung kommt. Lichtstärke und Lichtdauer aber sind, wie oben schon einmal zu erwähnen Gelegenheit war, ganz verschiedene Dinge, und es scheint nicht wohl ein und dasselbe Mischungsgesetz sein zu können, das einmal auf das eine, ein andermal auf das andere Quantitätsdatum Bezug nimmt.

Es kommt nun zweitens noch hinzu, daß das Einbeziehen der Lichtstärken mit dem Grundcharakter des Mischungsgesetzes gar nicht vereinbar scheint. Dieses Gesetz handelt ja von zwei Reizen, von denen einer der Farbenempfindung a , der andere der Farbenempfindung b entspricht: es gibt an, was aus der Mischung je nach dem quantitativen Verhalten der beiden Reize resultiert. Darin liegt die quantitative Variabilität jedes der beiden Reize prinzipiell impliziert, und man macht von dieser ganz ausdrücklich Anwendung, wenn man etwa daraus resp. aus der Schwerpunktskonstruktion die Konsequenz zieht, daß der Ort der Mischfarbe m je nach dem Verhältnisse der Reizquantitäten in jeden Punkt der Linie ab fallen kann. Und dies hat auf dem Farbenkreisel auch gar keine Schwierigkeiten: es steht ja bei mir, welche Sektorenbreite ich einer Farbenscheibe von bestimmtem Grün, bestimmtem Blau u. s. f. erteilen will. Was soll aber dieselbe Forderung im Hinblick auf Lichtstärken, da doch mit der Stärke des Reizes sich normalerweise auch die Qualität, zunächst die Helligkeit, der Empfindung ändert? Was soll ein Gesetz über die Bedeutung der quantitativen Veränderung des a -Reizes und des b -Reizes, wenn bei jeder quantitativen Veränderung der betreffende Reiz einfach aufhört, ein a -Reiz oder ein b -Reiz zu sein? An das Vorliegen einer wirklichen Ungereimtheit in der hier in Frage kommenden Anwendung des Mischungsgesetzes wird schwerlich jemand glauben: um so deutlicher fühlt jeder, daß der in gewissem Sinne so bekannte Sachverhalt offenbar an irgend einer Stelle immer noch nicht ausreichend durchsichtig ist.

Ich beginne mit der zweiten Schwierigkeit. Sie erledigt sich, wenn man sich daran erinnert, daß es sich hier um Mischungsfälle handelt, in denen infolge der Superposition der Reize das Mischungsgesetz in Betreff der Helligkeit durch ein Summationsgesetz ersetzt ist. Das Mischungsgesetz gilt hier also, wenn wir die Sättigung außer Betracht lassen, nur von Farbentönen, indem es aussagt, daß wenn ein Reiz vom Farbentone a mit einem Reiz vom Farbentone b gemischt wird, eine Mischung

vom Farbentone m zum Vorschein kommt. Hier bedeuten also a , b und m nicht die Farben sozusagen in ihrer Totalität, sondern nur im Hinblick auf Eine Bestimmung, die man unter dem Namen des Farbentons von den übrigen Bestimmungen aussondert. Das läßt sich übrigens nicht nur aus den hier durchgeführten Untersuchungen ableiten, sondern findet auch seine ganz direkte Verifikation an der Intention, in der man Mischungsfragen zumeist aufwirft und beantwortet. Das Mischungsgesetz soll darüber Aufschluß geben, was herauskommt, wenn man etwa Rot mit Gelbgrün, oder Blau mit Gelbgrün mischt. Die Farbennamen der Sprache sind schon selbst in der Regel Farbentonnamen. Auch der Begriff der Komplementärfarben betrifft nur den Farbenton; und wenn man sich etwa die Aufgabe stellt, über die Mischung von Spektralfarben Genaueres festzustellen, so arbeitet man freilich mit ganz bestimmten Farben, aber das Interesse ist dabei zweifellos zunächst dem Farbentone zugewandt. Haben wir also die Symbole a , b und m bisher dazu verwendet, sozusagen die ganzen, genauer die bestimmten Farben durch sie zu bezeichnen, so mag es deutlicher sein, durch eine Abänderung dieser Symbole die Fälle auszuzeichnen, wo von den Farben nur mit Rücksicht auf ihren Ton die Rede sein soll. Bezeichnen wir also etwa den in a , b und m gegebenen Farbenton bezüglich mit a' , b' und m' , so können wir, was in einem der in Rede stehenden Fälle dem eigentlichen, unentstellten Mischungsgesetze folgt, an einer Linie symbolisieren, die a' und b' verbindet und die nun auch wieder den Ort des m' in sich enthält. Die Lage dieser Punkte auf dem Farbenkörper ist insofern unbestimmt, als zu einem bestimmten Farbenton und einer bestimmten Sättigung, wenn die Helligkeit unbestimmt bleibt, allemal eine ganze, zur Weiß-Schwarz-Achse parallele Linie gehört, im Falle unbestimmter Sättigung sogar eine Ebene, diejenige nämlich, die man sich durch die erwähnte Linie und die Weiß-Schwarz-Achse gelegt denken kann. Praktisch wird man am einfachsten verfahren, wenn man die für a' , b' und daher auch m' zu wählende Linie in die Region maximaler Sättigung, also in die Grundfläche des Farbenkörpers legt.

Der Ersatz von a , b und m durch a' , b' und m' behebt nun ohne weiteres die hier an die Quantitätsbestimmungen sich scheinbar knüpfende Unzukömmlichkeit. Ein a -Reiz kann sich

freilich nicht in seiner Stärke ändern, ohne zugleich a mitzuändern und so den Anspruch darauf zu verlieren, immer noch ein a -Reiz zu sein. Ein a' -Reiz dagegen kann dies ohne weiteres, da a' nichts als einen Farbenton bedeutet, ein Farbenton aber unverändert bleiben kann, auch wenn sich die Helligkeit ändert. Ebenso läßt b' die Variabilität in Betreff der Helligkeit ganz und gar offen: weder a' noch b' bestimmt aber etwas in Betreff der Helligkeit der durch m' nur nach Farbenton und höchstens noch Sättigung präzisierten Mischfarbe.

Weiter wird es nun auch nicht mehr schwer fallen, der Verschiedenheit der in verschiedenen Mischungsfällen maßgebenden Quantitätsdaten einiges Verständnis abzugewinnen und damit die erste der beiden oben namhaft gemachten Schwierigkeiten zu beseitigen. Man braucht sich zu diesem Ende nur die oben schon einmal herangezogene Analogie ins Gedächtnis zu rufen, die zwischen dem Vorgange beim Sehen und dem bei einer photochemischen Einwirkung besteht und die ja ohnehin, wenn nicht alle Anzeichen trügen, weit mehr ist als bloße Analogie. Man kommt im Prinzip zum nämlichen Ziele, wenn man eine photographische Platte unter Verwendung eines lichtstarken Objektivs während kurzer Zeit oder unter Verwendung eines lichtschwachen Objektivs während langer Zeit exponiert, und hat man Zeit genug, so führt auch eine bloße Lochcamera zum Ziele. Daß es beim Sehen ganz anders zuzugehen scheint, das liegt an der relativen Flüchtigkeit unserer Gesichtseindrücke, die auch einen ganz sorgfältigen Beobachter in der Meinung bestärken kann, als reagierte unser Gesichtssinn mit der Promptheit eines Spiegels auf alles, was sich sozusagen Augenblick für Augenblick im Gesichtsfelde zuträgt. Wir wissen jetzt, daß der Flüchtigkeit der Spiegelbilder zwar die der Netzhautbilder, nicht aber die der Wirkungen dieser Bilder, sit venia verbo, an die Seite zu setzen ist, daß vielmehr die Flüchtigkeit dieser letzteren mit dem Verlaufe des organischen Stoffwechsels in engster Verbindung stehen dürfte und daher auch in der Geschwindigkeit dieses Verlaufes ihre Grenze findet. Innerhalb dieser Zeitgrenze verhält sich unser Gesicht wie die photographische Platte, so daß sich da einfach sagen läßt: die durch einen gegebenen Lichtreiz erzielte Wirkung ist um so größer, einerseits je stärker das Licht, andererseits je größer seine Einwirkungszeit ist. Bezeichnen wir also etwa mit i die Lichtstärke, mit t die Expositions-

zeit, mit w endlich die Wirkung, so besteht, immer unter der Voraussetzung, daß die Zeitgrenze, jenseits welcher die Regeneration zur Geltung kommt, nicht überschritten wird, die Gleichung:

$$w = i t.$$

Es liegt nahe, sich dabei unter der quantitativ veränderlichen Wirkung w die Erregung zu denken, mit der unter normalen Umständen die Helligkeit des empfundenen Lichtes steigt resp. abnimmt.

Nun erkennt man vor allem ohne weiteres, daß i und t die beiden Quantitätsdaten sind, deren sozusagen koordinierte Position bei verschiedenen Mischungsfällen vor allem auffallend ist. Denn daß i je nach Umständen direkt als Amplitude, bald mehr indirekt als Spaltbreite auftreten kann, wird für sich allein niemanden befremden. Das Nähere ergibt nun die Berücksichtigung der für die verschiedenen Mischungsfälle charakteristischen Sachlage, wenn man zugleich in Rechnung zieht, daß den obigen Mischungsgesetzen I und II zufolge für den Ort des m , soweit er Ergebnis der Mischung ist, nicht die absoluten, sondern nur die relativen Quantitätsdaten in Rechnung kommen.

Vielleicht ist es aber nicht überflüssig, diese Tatsache zuvor ausdrücklich dem Zweifel gegenüber sicher zu stellen, der aus der unanfechtbaren Erkenntnis hervorgehen könnte, daß doch auch die absoluten Reizquanta für den Ausfall einer Mischung das Ihre zu bedeuten haben. Wenn ich den Farbenkreisel bei ungeänderter Sektorenbreite einmal heller, einmal minder hell beleuchte, so ist natürlich auch das Mischungsergebnis nach seiner Helligkeit verschieden; ebenso, wenn ich mit Hilfe der HERINGSchen Fenstereinrichtung¹ unter Benutzung der nämlichen Spaltbreiten einmal zu Mittag, ein andermal gegen Abend, einmal bei heiterem, ein andermal bei trübem Himmel Licht einlasse. Daß gleichwohl für das Mischungsgesetz unter allen Umständen nur das Verhältnis der betreffenden quantitativen Bestimmungen in Frage kommt, hat je nach der Natur der Mischungsfälle einen verschiedenen Grund. Wo das Mischungsgesetz streng genommen nicht mit a , b und m , sondern mit a' , b' und m' zu tun hat, d. h. wo es die Helligkeit sowohl bei den

¹ Vgl. E. HERING: „Eine Vorrichtung zur Farbenmischung, zur Diagnose der Farbenblindheit und zur Untersuchung der Kontrasterscheinungen.“ *Pflügers Archiv* 42, (1888), S. 119 ff.

Komponenten als bei der Mischfarbe außer Betracht läßt, ist der Umstand maßgebend, daß die absoluten Reizquanta zunächst nur für die Helligkeit von Belang sind. Wird dagegen die Helligkeit mitberücksichtigt, so geschieht dies schon bei der Bestimmung des Ortes von a und b sowie der zugleich mit festgelegten Verbindungslinie $a b$ im Farbenkörper. Die quantitativen Data in Betreff der Reize haben nur noch die Distanz des m von a und b zu bestimmen: hierfür entscheiden aber nach der Schwerpunktskonstruktion nur relative, nicht absolute Größen. Zusammenfassend also: die absoluten Größen verschlagen entweder deshalb nichts, weil die absoluten Data durch die Örter von a und b bereits berücksichtigt sind, oder deshalb nichts, weil, was mit Helligkeiten zusammenhängt, in die Anwendung des Mischungsgesetzes gar nicht einbezogen ist.

Treten uns also am Lichtreiz im allgemeinen als quantitative Bestimmungen die Faktoren i und t (letzterer unter Voraussetzung ausreichend kleiner Zeitstrecken) entgegen, und kommen ferner für die Mischungsgesetze nicht die absoluten, sondern nur die relativen Reizquanta in Betracht, so sind die hier ausschließlich entscheidenden Größendata repräsentiert durch das Verhältnis zweier Produkte aus i und t , allgemein also durch einen Bruch von der Form $\frac{i_1 t_1}{i_2 t_2}$. Handelt es sich nun näher um einen Mischungsfall, wo die Reize im wesentlichen gleichzeitig wirksam sind, so sind die t -Werte in Zähler und Nenner gleich, so daß nur die Relation der Lichtstärken i zu berücksichtigen bleibt. Das gilt von der binokularen Farbenmischung ebenso gut wie von gleichzeitiger Bestrahlung einer Stelle durch mehrere Lichter. In beiden Fällen kommt normalerweise noch hinzu, daß die dabei in Betracht kommenden Zeiten die Grenze erheblich überschreiten, innerhalb welcher der t -Faktor die ihm im Sinne der Analogie photochemischer Vorgänge zuerkannte Rolle zu spielen vermag. Beim Farbenkreisel kann man freilich nicht umgekehrt sagen, daß etwa die i -Werte des obigen Bruches sich aufheben: die verwendeten Pigmente müssen ja durchaus nicht gleich lichtstark sein. Da aber hier die Reize vermöge ihrer Beziehung zu a und b , d. h. zu den völlig bestimmten Empfindungen in die Gesetzmäßigkeit eingehen, so ist der fragliche Intensitätsunterschied ebenfalls bereits bei der Bestimmung der Lage der Verbindungslinie $a b$ einbegriffen.

Anders ausgedrückt: der i -Faktor kann in solchen Fällen jedesmal weggelassen werden, weil hier das Mischungsgesetz erst zwischen Farben von vorgegebener Helligkeit zur Anwendung gelangt, die in der Relation des obigen Satzes II auf gleichem Fusse, insofern also, soweit es auf ihre Qualität (einschließlich Helligkeit) ankommt, beide mit Einheitswert in Rechnung gezogen werden müssen. So sind hier nur die Sektorenbreiten resp. die jeder Farbe zukommenden Zeiten t maßgebend.

Wo das quantitative Moment durch den i -Faktor vertreten ist, findet man nicht selten statt Daten über Amplituden solche über Spaltbreiten. Vorauszusetzen ist dabei, wie schon aus früherem ersichtlich, daß die Lichter, um deren Mischung es sich handelt, nicht etwa vermittelt ihres nach allen drei Dimensionen bestimmten Aussehens gegeben sind. Sollen die quantitativen Bestimmungen des Mischungsgesetzes Anwendung finden können, so muß in Betreff der Reize auch hier eine gewisse quantitative Variabilität noch offen sein, es dürfen eben nur a' - und b' -Reize, nicht aber a - und b -Reize in Betracht kommen. Weil aber derselbe Spalt Lichter der verschiedensten Helligkeit, d. h. Amplitude durchläßt, so kann die Spaltbreite doch immer nur erst unter noch spezielleren Voraussetzungen den i -Faktor ausmachen, so etwa, wenn man weiß, daß die beiden Lichter bei gleichen Spaltbreiten gleich hell aussehen, oder auch, wenn aus der Natur der Lichtquellen sich bestimmte Anhaltspunkte in dieser Hinsicht ergeben. Wir berühren damit die natürlich keineswegs seltenen Fälle, wo die Komponenten nicht psychologisch, d. h. ihrem Aussehen nach, sondern in anderer Weise bestimmt sind. Die Frage- resp. Aufgabestellung kann dadurch leicht äußerlich eine ganz andere werden, ohne daß an dem im Mischungsgesetze kodifizierten Kern etwas geändert würde. Leicht kann dann wieder eine Sachlage gegeben sein, die die Spaltbreiten zu berechtigten Repräsentanten des Quantitätsmomentes macht, so z. B. beim Mischungsdreieck genauer an der Mischungskurve der Spektralfarben, soweit es sich dabei nur darum handelt, festzulegen, in welchen Mengen die ihrer sonstigen Beschaffenheit nach eben vorgegebenen Spektrallichter genommen werden müssen, um diesen oder jenen Mischungserfolg, zumeist insbesondere, um Weiß zu ergeben.

Das eben in Betreff des i -Faktors Dargelegte bezieht sich selbstverständlich in erster Linie auf Mischung durch gleich-

zeitige Bestrahlung; indes ist in Betreff der binokularen Farbmischung nichts prinzipiell anderes zu sagen. In der Regel werden hier die zu mischenden Lichter ihrem ganzen Aussehen nach, also durch die Empfindungen a und b vorgegeben sein: diese also auch der Intensität nach bestimmten Lichter können in demselben Sinne wie durch gleiche Sektoren repräsentierten Lichter am Farbenkreisel nicht wohl anders als in gleichen Quantitäten vorliegen, so daß der Ort der Mischfarbe m hier kurzweg als die Mitte zwischen a und b zu bestimmen sein wird. Erst wenn einmal auch hier die zu mischenden Lichter anders als nach ihrem Aussehen bestimmt wären, könnte bei Anwendung des Mischungsgesetzes der i -Faktor etwa als Spaltbreite oder sonst irgendwie in Rechnung zu ziehen sein.

Im Überblick erkennt man, daß die fürs erste befremdende Verschiedenartigkeit dessen, was als Quantität in das Mischungsgesetz eingeht, sehr wohl unter einen Gesichtspunkt zu bringen ist, dem gemäß man in dieser Verschiedenheit nur das Ergebnis der jedesmaligen besonderen Sachlage vor sich hat. Überall kommt es auf Stärke und Einwirkungszeit der betreffenden Lichtreize (Schwarz als Grenzfall einbegriffen) an: aus den verschiedensten Gründen verschwindet aber bald der eine, bald der andere der beiden Faktoren aus der nur die relativen Quanta berücksichtigenden Rechnung. Besondere Beachtung verdient dabei, daß die quantitativen Bestimmungen sich nicht nur je nach der Beschaffenheit des Mischungsfalles verschieden gestalten, der gerade vorliegt, sondern auch nach dem Gesichtspunkte, unter dem die Komponenten sowie das Mischungsergebnis erfaßt werden.

§ 18. Allgemeines und Zusammenfassendes über Farbmischung.

Indem mir nunmehr nur noch erübrigt, aus den Ergebnissen der voranstehenden Untersuchungen die Summe zu ziehen, scheint es mir angemessen, dem Tatsachengebiet, das uns hier beschäftigt hat, vorher ein paar allgemeinere Erwägungen zu widmen.

Wer die Erfahrungen, die in den Farbmischungsgesetzen kodifiziert sind, dem allgemeinen Mischungsgedanken zu subsummieren versucht, bedroht damit weit mehr die diesem Ge-

danken von Natur zukommende Klarheit, als er den psychischen Geschehnissen näher tritt, um deren Erfassen ihm im Grunde doch zunächst zu tun ist. Was der Hauptsache nach vorgeht, wenn zwei Flüssigkeiten oder zwei Pulver gemischt werden, weiß jedermann, und kann auch leicht einsehen, wie aus den ihren Teilen nach sich gewissermaßen durchdringenden Komponenten neue Ganze entstehen, die einer Komponente um so ähnlicher sind, je mehr Teile von ihr sie enthalten. Das ist genau ebenso durchsichtig, als die Tatsache der Ähnlichkeit durch gleiche Teile durchsichtig ist. Und auch die Übertragung auf die Farben scheint sich, freilich zunächst am leichtesten unter Vermittlung der Farbstoffe, ohne sonderliches Hindernis zu vollziehen: denn auch die Farben, die sozusagen auf einem und demselben Raume zusammen Platz finden müssen, scheinen darauf angewiesen, sich einigermaßen zu durchdringen. Vor allem aber: das Ergebnis der Mischung steht den Komponenten in Betreff seiner Ähnlichkeit ganz ebenso gegenüber, wie man es bei gewöhnlichen Mischungen antrifft und voraussehen kann. Aber folgt aus Gleichheit von Teilen Ähnlichkeit der Ganzen, so werden nicht umgekehrt durch Ähnlichkeit gleiche Teile gewährleistet: für Farben insbesondere geht das nicht an, weil es keine Farbe gibt, genauer keine geben kann, die Farben zu Teilen hätte. Wir kommen damit auf eine bereits im ersten Abschnitte dieser Untersuchungen¹ ausführlicher abgehandelte Angelegenheit zurück, bei der darum neuerlich zu verweilen entbehrlich ist. Aus dem Mißlingen jeder Analyse können wir jetzt kurz sagen, dürfte auf das Bestehen einer Unmöglichkeit sicher nicht erkannt werden: denn was bis heute nicht gelungen ist, kann morgen gelingen, es sei denn, daß die Unmöglichkeit sich eben einsehen läßt. Diese Evidenz aber bietet sich jedem dar, der den Gedanken einer beliebig kleinen Fläche, die zugleich verschiedene Farben hätte, anschaulich zu konzipieren versucht. Der Schein, der sich bei den sogenannten Mischfarben einstellt, könnte, auch wenn es kein Mittel gäbe, ihn psychologisch zu verstehen, gegen solche Einsicht nicht aufkommen: doch ist das Zurückgehen auf die allerdings einigermaßen hypothetischen „Farbenelemente“ vielleicht nicht ungeeignet, über den Gegensatz der Haupt- und Nebenfalten einige Rechenschaft zu geben.

¹ Vgl. oben § 6.

Wie immer es indes mit dem Werte dieses Versuches bewandt sei, in keinem Falle können zwei Farben, so wie wir sie empfinden, in ein Mischungsverhältnis zueinander eintreten; als Farben sind die Mischfarben nicht minder einfach als ihre Komponenten, kurz: eine psychologische Farbenmischung im strengen Sinne gibt es nicht. Gibt es gleichwohl eine Farbenmischung, an der die Psychologie interessiert ist, so steht zu vermuten, daß darin der einfache Mischungsbegriff des täglichen Lebens in einigermaßen modifizierter Gestalt realisiert erscheint.

In der Regel besteht diese Modifikation darin, daß die Mischung, die man von den Empfindungen (genauer von deren Gegenständen) aussagt, zwar eine ganz gewöhnliche Mischung ist, aber nur zwischen den physikalischen Vorgängen sich zuträgt, die jenen Empfindungen als Reize gegenüberstehen. Sagt man also, a und b mische sich zu m , so heißt dies genau genommen nur, der a -Reiz und der b -Reiz mischen sich zu etwas was einen m -Reiz abzugeben im stande ist. Man könnte diese Mischung, obwohl an einem solchen Zusammentreten von Lichtern (der Schwarzreiz nimmt die Position des Grenzfalles ein, in der er freilich mit erstaunlicher Deutlichkeit an die alte „*causa deficiens*“ gemahnt) die Physik von ihrem Standpunkte aus kaum viel Bemerkenswerthes zu verzeichnen haben wird, billig als physikalische Farbenmischung charakterisieren im Gegensatze zu einer immerhin dem Naiven schon etwas ferner liegenden, theoretisch dafür um so fruchtbareren Betrachtungsweise, die von den Empfindungen a und b statt zu den Reizen bloß bis zu den zugehörigen Erregungen zurückgeht, und das Zusammentreffen der a -Erregung mit der b -Erregung im Hinblick auf dessen psychologische Bedeutung ins Auge faßt. Auch dieses Zusammentreffen wird man wohl ohne allzu grobe Willkürlichkeit als eine Art Mischung dieser Erregungen betrachten dürfen, die dann physiologische oder etwa auch psychophysische Farbenmischung heißen könnte, obwohl zunächst auch hier das psychische Ergebnis dieser Mischung, die Beschaffenheit der m -Empfindung, im Mittelpunkte des Interesses steht. Weil es aber um so vieles näher liegt, die Empfindung statt mit dem ihr nächstverbundenen physischen Vorgange mit dem Reize in Beziehung zu setzen, dessen natürliches Erkenntnismittel sie ist, so pflegt man auch die Gesetze physiologischer Farbenmischung, wo immer es angeht, als Relationen zwischen den Empfindungen

und den die sich mischenden Erregungen auslösenden Reizen zu formulieren, und Fälle, wo dies wegen mangels normal zugeordneter Reize nicht mehr angeht, gar nicht mehr als eigentliche Mischungsfälle anzuerkennen. Formuliert man etwa, was sich der konsequenten Durchführbarkeit wegen sehr empfiehlt, die Farbenkontrast- resp. Lichtinduktionsgesetze so, daß man sagt, man habe die Empfindung, als ob an der betreffenden Stelle des Sehfeldes oder der Netzhaut die Kontrast- oder Induktionsfarbe zugemischt wäre, so spürt jedermann sofort den fiktiven Charakter dieser Aufstellung, obwohl vom Standpunkte der Erregung eine Fiktion möglicherweise gar nicht vorliegt.¹

So ist denn das, was man unter dem Namen der Farbenmischung und der Farbenmischungsgesetze im Auge hat, nur ein Kapitel aus der Lehre von den Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung. Die Farben, von deren Mischung man spricht, sind keine subjektiven, sondern objektive Farben: die Mischung trägt sich natürlichst im Reiche dieser objektiven Farben selbst, also zwischen den affizierenden Lichtern zu; sie kann sich jedoch auch sozusagen bloß im Nachbarreiche der Erregungen zutragen. Aber nicht ob oder wie sich die Farben in diesem physikalischen oder physiologischen Sinne mischen, ist der Inhalt der Mischungsgesetze, sondern, wie diese objektiven Farben, nachdem sie sich physikalisch wirklich oder physiologisch in einem ziemlich beiläufigen Sinne des Wortes gemischt haben, „aussehen“. In diesem Sinne und innerhalb der dadurch vorgezeichneten Grenzen ist auch in den vorstehenden Untersuchungen von der Farbenmischung und deren Gesetzen die Rede gewesen. Ich fasse die Ergebnisse dieser Untersuchungen in den nachstehenden Sätzen zusammen.

1. Je nachdem die Reize sich wirklich selbst mischen oder nur eine Quasi-Mischung eingehen, indes etwas wie Mischung nur an den durch sie ausgelösten Erregungen zu statuieren ist, untersteht, was die Erfahrung an Farbenmischungen darbietet, zwei Typen, die man füglich als den Typus der physikalischen und den der physiologischen Mischung auseinanderhalten könnte. Der erstere findet sich, so viel mir bekannt, nur in dem Einen Falle realisiert, daß dieselbe Stelle der Netzhaut von mehreren

¹ Vgl. W. WIRTH: „Der FECHNER-HELMHOLTZsche Satz über negative Nachbilder und seine Analogien.“ *Philosophische Studien* 18, S. 665 ff.

Lichtern bestrahlt wird, was gewöhnlich oder mindestens bei leichtest zu übersehender Sachlage darauf zurückgeht, daß die betreffenden Lichter von demselben sie beleuchtenden Körper reflektiert werden. Der andere Typus faßt je nach der äußeren Lage der Dinge wenigstens drei Fälle unter sich, vor allem den Fall intermittierenden oder wechselnden Lichtes häufigst, doch nicht ausschließlich repräsentiert durch die Mischung an rotierenden Scheiben, dann die binokulare Farbenmischung, endlich die (gleich allen übrigen Fällen mit Ausschluss des letztgenannten im Prinzip unokulare) Mischung des räumlich Nahen, soweit sie nicht als Irradiationsfall dem ersten Typus zuzuweisen ist. Sie ist im obigen außer näherem Betracht geblieben. Den beiden Typen der physikalischen und der physiologischen Farbenmischung steht ein Typus psychologischer Farbenmischung nicht zur Seite.

2. Dagegen sind es jederzeit psychische Daten, gegenständlich resp. inhaltlich mehr oder weniger bestimmte Empfindungen, die in den Gesetzen der Farbenmischung verbunden auftreten. Diese Gesetze sind daher jederzeit als Sätze über Relationen zwischen den Punkten eines richtig konstruierten psychologischen Farbenkörpers auszusprechen.

3. Im allgemeinen liegt die Mischfarbe allemal zwischen den Komponentenfarben. Doch gilt dies mit voller Strenge nur von dem einen Falle des zweiten Typus (von der binokularen Farbenmischung), vom anderen Hauptfalle dieses Typus (der Mischung an rotierenden Scheiben) nur unter Voraussetzung einigermaßen äußerlichen Betrachtungsweise, indes beim ersten Typus die Mischung stets hellere Farben zum Ergebnis hat. Ausreichend äußerlich betrachtet entsprechen also den beiden Mischungstypen auch zweierlei Mischungsgesetze.

4. Die Distanz der Mischfarbe von ihren Komponenten bestimmt sich, abgesehen von dem sub 3 für den Typus physikalischer Mischung berührten Vorbehalte, nach der relativen Quantität der Reize im Sinne der bekannten Schwerpunktskonstruktion, aber unter dem Namen der Quantität kommt in den verschiedenen Mischungsfällen Verschiedenes in Betracht. Bei physikalischer Mischung, desgleichen bei physiologischer, wenn sie binokular ist, tritt die Lichtstärke in den Vordergrund; bei Succession der zu mischenden Lichter deren Bestrahlungszeit. Im einzelnen finden noch weiter gehende Differentiationen

statt: dies hängt außer mit den Umständen, unter denen die Mischungen sich vollziehen, noch mit dem besonderen Sinne zusammen, in dem Mischungsbehauptungen in verschiedenen Fällen aufgestellt werden, sofern diese zur Bestimmung der Farben bald außerpsychische bald psychische Momente in Anspruch nehmen und auch im letzteren Falle die Farben bald in ihrer ganzen Bestimmtheit, bald nur dem Farbentone und etwa noch der Sättigung nach ins Auge fassen.

5. Trotz derartiger Verschiedenheiten gibt es streng genommen nur Ein Mischungsgesetz für die Farben. Dasselbe steht zwar nicht auf gleicher Erkenntnisstufe mit Sätzen der Mathematik, läßt aber neben einem zweifellos vorliegenden empirischen Momente einen starken Zug zu apriorischer Einsichtigkeit nicht verkennen. Das Quantum, von dem es handelt, ist, näher besehen, ursprünglich überall das Produkt aus Lichtstärke und Bestrahlungszeit. Der Unterschied zwischen physikalischer und physiologischer Mischung in Betreff der jedesmal resultierenden Helligkeit ist aber so aufzufassen, daß das Gesetz nur bei physiologischer Mischung und auch da wahrscheinlich nur im einen Hauptfalle derselben, bei der binokularen Farbenmischung sich in voller Reinheit präsentiert. Bei physikalischer Mischung wird diese durch den Umstand getrübt, daß hier hinsichtlich der Intensität, d. h. Amplitude der zusammentreffenden Lichter gar keine eigentliche Mischung mehr vorliegt, da aus solchem Zusammentreffen sozusagen ein neuer Reiz, genauer ein Reiz mit neuer Amplitude hervorgeht, auf die dann psychisch durch eine Empfindung von gesteigerter Helligkeit reagiert wird. Wer vorzieht, die gesteigerte Amplitude mit der vermehrten Masse des Gemisches etwa zweier Flüssigkeiten in Parallele zu stellen, der müßte eben deshalb, weil das Ganze stets größer ist als seine Teile, die Reizintensität und deren psychisches Korrelat, die Helligkeit, für diese Mischungsfälle außerhalb des Gesetzes stellen, was für die Auffassung des letzteren natürlich auf dasselbe hinauskommt. Tritt Helligkeitssteigerung auch bei physiologischer Mischung auf, was für die rotierenden Scheiben bei genauerer Betrachtung der Vorgänge an denselben sehr wahrscheinlich wird, so ist statt Superposition der Reize eine Art Superposition der Erregungen zu vermuten.

Man ersieht hieraus, daß eigentlich nicht, wie man zunächst zu glauben geneigt ist, die physikalischen Farbenmischungen

die reinsten und durchsichtigsten Mischungsfälle ausmachen, sondern die physiologischen Mischungen, bei denen die Verteilung der Reize auf die beiden Augen oder (bei ausreichend äußerlicher Betrachtung) die Verteilung auf verschiedene Zeitstrecken offenbar viel weniger stört, als das Zusammentreffen der Reize bei gleichzeitiger Bestrahlung. Für die rotierenden Scheiben insbesondere ergibt sich daraus noch die Konsequenz, daß man den dabei verwendeten Pigmenten sozusagen Unrecht tut, wenn man deren geringe Leistungsfähigkeit im Vergleiche mit Spektralfarben unter anderem daran zu erkennen glaubt, daß man auf dem Farbenkreisel nie Weiß, sondern höchstens Grau erhält. Selbst wenn man im stande wäre, die leuchtendsten Spektralfarben auf eine Farbenscheibe aufzutragen, die Rotation würde im Vergleich mit der Mischung derselben Farben durch Übereinanderlegen der Spektra doch nichts anderes als ein Grau zum Ergebnis haben können, weil die für das Weiß erforderliche Helligkeitssteigerung diesmal ausbleiben müßte.

(Eingegangen Ostern 1903.)
