

# Zeitschrift für angewandte Chemie

I. Band, Seite 25—40

Aufsatzteil

20. Januar 1914

## Über die industrielle Verwertbarkeit der bis heute vorhandenen Verfahren und Systeme der Messung und Benennung von Farbtönen.

Von Dr. PAUL KRAIS, Tübingen.

(Eingeg. 1./12. 1913.)

### A. Einleitung.

Wer die Sinnestätigkeit und -empfindlichkeit des Menschen im allgemeinen betrachtet, kommt zu dem Schluß, daß bei verschiedenen Rassen, Völkern, Geschlechtern und Altersstufen so große Verschiedenheiten vorhanden sind, daß man beinahe sagen kann, es seien unendlich viele verschiedene Aufnahmeorgane und verschiedene Grade und Arten der Empfindlichkeit, der Reaktionsfähigkeit objektiv vorhanden — ganz abgesehen von der subjektiv verschiedenen Weise, in der die Menschen einander ihre Sinneseindrücke mitteilen.

Wie äußerst verschieden die Eindrücke des Tastgefühls, des Geschmacks, Geruchs und Gehörs aufgefaßt und empfunden werden, bedarf hier keiner Ausführung. Könnte der Gesichtssinn nur zwischen Hell und Dunkel und deren Zwischenstufen unterscheiden, und wären alle etwa noch dazukommenden feineren Differenzierungen und Kombinationen eine Frage der Ausbildung und Verfeinerung, so wäre er ungefähr auf eine gleiche Stufe mit dem Gehör zu setzen. Das Gesicht ist aber durch den Besitz des Farbensinnes mit einer allen normalen Menschen angeborenen, untrüglichen und feinen Unterscheidungsfähigkeit ausgestattet, die den anderen Sinnesorganen fehlt. Früher hat man wohl angenommen (G l a d s t o n e u. a.), daß der Farbensinn ebenso erst durch Kultur und Erziehung ausgebildet und verfeinert worden sei, wie andere Sinne, aber eingehende Untersuchungen haben längst, schon vor 30 Jahren, bewiesen, daß auch die im Urzustand lebenden Volksstämme einen durchaus dem der höchsten Kulturmenschen entsprechend ausgebildeten Farbensinn, eine feine Unterscheidungskraft für Farbtöne haben. Selbstverständlich kann es sich bei dem, was ich ausführen will, nur um den Gesichts- und Farbensinn des ausgewachsenen normalen Menschen handeln.

Wenn wir überlegen, welch feines Instrument der Mensch für die Farbenunterscheidung besitzt, müssen wir uns fragen, ob er wohl auch den bestmöglichen Gebrauch davon macht, es auch ausnutzt, so gut er kann? Diese Frage muß wohl mit ungenügend beantwortet werden.

Wir wissen viel davon, wie stark die Farbenempfindungen im Leben der Tiere und Pflanzen, ihrem Suchen und Finden, ihrem Bekämpfen und Vermeiden mitspielen. Die Rolle, die der Farbensinn beim Menschen spielt, ist verhältnismäßig viel kleiner. Ja, könnten wir wie das Chamäleon unsere Empfindungen und Ansichten in Farben ausdrücken, so brauchten wir am Ende keine Sprache, einer könnte den anderen in Farben „überschreien“. Immerhin, blasses Lippen, ein Erröten sagen auch oft mehr als Worte. Warum versteht es doch der Mensch nicht, mit diesem feinen Sinn, dem Farbensinn, noch viel mehr anzufangen, als er es tut?

Die Antwort, soweit wir sie heute formulieren können, ist wohl die, daß das Farbenreich unendlich vielfältiger ist, als unsere sprachliche Mitteilungsfähigkeit. Wir sehen uns deswegen darauf angewiesen, unsere Eindrücke nur beispielhaft zu registrieren und auszudrücken, denn wir kommen in Verlegenheit, sobald wir Farbtöne genauer benennen wollen. Die Benennungen, die wir heute gebrauchen, sind zum größten Teil ein wirres Gemisch von Übertragungen. Sobald wir das einfache Wort Farbe (colour, couleur) verlassen, sprechen wir von schreienden (engl. loud), warmen, kalten, scharfen und stumpfen Farben, von

Knallrot, Blitzblau, von Farbtönen (engl. shade = Schatten, franz. nuance v. nue [nubes]) usw.

Wenn wir Grundfarben benennen wollen, so haben wir nur wenige eigene Wörter: weiß, grau, schwarz, gelb, grün, blau, rot und braun, andere, ganz landläufige Farbentonbezeichnungen sind aus fremden Begriffsgebieten entlehnt und meist obendrein Fremdwörter, wie rosa, lila, orange, violett. Für die feineren Unterscheidungen müssen wir uns gar mit gänzlich ungenügenden Zusammensetzungen behelfen, wie rotbraun, blaugrün, hellblau, dunkelrot usw., wenn wir es nicht vorziehen, bestimmtere Vorstellungen durch Vergleiche auszudrücken, wie schneeweiß, eisgrau, himmelblau, meergrün, feuerrot, kreideweiß, schwefelgelb, goldgelb, silberweiß, kupferrot, schlehweiß, grasgrün, erbsengelb, citronengelb, olivgrün, veilchenblau, kastanienbraun, taubengrau, pfaulblau, rehbraun, rabenschwarz, flachsgrün.

Genauer, bestimmter und eindeutiger sind die Farbentonbegriffe, die der Maler mit den ihm gebräuchlichen Farbmaterien verbindet. Kobaltblau, Cadmiumgelb, Zinnüberrot usw. sind ziemlich feste, bestimmte Nuancen. Auch die Industrie der Teerfarben versucht, die Nuancenunterschiede in übersichtlicher Weise zu gruppieren; so werden z. B. beim Methylviolett, das in einer großen Anzahl von Handelsmarken gebraucht wird, die Übergänge vom Rotviolett zum Blauviolett durch die Bezeichnungen 3R—2R bis R, B—6B unterschieden.

Ein Versuch, die Farben möglichst eindeutig zu bezeichnen, ist von der Garnfärberei Dollfus, Mieg & Co. in Mülhausen i. E. gemacht worden. Sie hat ihre 500 Nuancen in 5 Tiefen (sehr dunkel, dunkel, mittel, hell, sehr hell) eingeteilt und gibt zu jeder Grundfarbe eine Charakterbenennung, so hat sie z. B. allein 25 verschiedene Graus von je 5 Tiefen, also 125 Graunuancen. Auch lesen sich die Namen ganz poetisch, z. B. die 15 Rots: Rouge-Aurore, -Bordeaux, -Cardinal, -Cerise, -Cornouille, -Ecarlate, -étrusque, -Framboise, -Géranium, -Grenat, -Groseille, -Mandarine, -Maroquin, -Turc, -Vermillon. Aber etwas bestimmtes kann man sich doch nur bei den wenigsten dieser Bezeichnungen vorstellen.

Daß in den Konfektionsgeschäften und ähnlichen Kaufhäusern, wo viel mit Farben zu tun ist, ungeheure Verweise gemacht werden, die Farbenunterschiede und besonders die zeitweilig herrschenden Modefarben in lockender Weise zu bezeichnen, liegt auf der Hand. Am schlimmsten sind aber wohl die Gärtnerei und Blumenzüchter daran, in deren Katalogen man oft die kühnsten Phantasiebezeichnungen für Farbtöne findet. Diese Leute sind tatsächlich in großer Not, für die vielen Farben, die sie jährlich neu herausbringen, ihrem Enthusiasmus auch nur einigermaßen entsprechende Benennungen zu erfinden; da kommt es dann zu Ausdrücken, wie „orangelachsrosa“ oder „kirschsamrot“.

In vielen Industriezweigen hilft man sich einfach mit numerierten Musterkarten, und zwar naturgemäß am liebsten mit solchen, bei denen die Farben auf dem gleichen Material stehen, um dessen Färbung es sich handelt, sei dies nun Holz, Papier, Textilien oder was sonst. Damit ist die wichtige Aufgabe möglichst genauer Bemusterung am leichtesten gelöst. Die Anzahl der Muster kann beliebig vermehrt oder vermindert werden, eine Nummer gibt gewöhnlich eindeutig die gewünschte Nuance an. Dieses Verständigungsmittel genügt auch vollständig, wenn es sich um den Verkehr einer Farbenfabrik mit ihrer Kundschaft oder eines Tuchfabrikanten mit seinem Färber — kurz um feste, dauernde Geschäftsverbindungen handelt. Weiter hilft es aber nicht, sondern es bildet geradezu einen Hemmschuh für die freie Konkurrenz und damit für den Fortschritt in der Qualitätsleistung.

Aus allen diesen Ursachen sind immer wieder und aus-

den verschiedensten industriellen, kunstgewerblichen und künstlerischen Kreisen heraus Rufe nach einer internationalen Farbentonbenennung laut geworden.

Im nachfolgenden bespreche ich den jetzigen Stand dieser Frage an einer Reihe von Beispielen. Vorher aber sollen zwei wichtige Momente untersucht werden, nämlich:

1. Welche Schwierigkeiten stehen einer allgemeinen und internationalen Farbenbenennung entgegen?

2. Ist eine solche überhaupt denkbar ohne eine einwandfreie Methode der Farbmessung (Colorimetrie)?

Vorausschickend möchte ich betonen, daß es sich bei meinen Untersuchungen im Prinzip nicht um die Frage handelt, ob der Farbensinn auch wissenschaftlich genügend erforscht, benutzt und ausgebeutet wird, denn daß ich als Chemiker die große Anzahl wertvoller Farbenreaktionen und colorimetrischen Methoden kenne und hochschätze, bedarf keiner Erwähnung. Auch kann es nicht meine Aufgabe sein, die fast unzähligen und so vielfach nuancierten Farbentheorien zu besprechen, an denen Newton, Goethe, Young, Helmholz, Donders, Aubert, Hering und so viele andere gearbeitet haben. Die Richtung meiner Arbeit führt mich vielmehr zu dem Wunsche, gewissermaßen „den wissenschaftlichen und den praktischen Farbensinn näher zusammenzuführen.“ Wenn sie diesen auch nur einigermaßen erfüllt, ist ihr Zweck erreicht.

### 1.

Wenn man die erste der obigen zwei Fragen obenhin beantworten wollte, könnte man sagen, daß es gewiß möglich ist, eine international brauchbare, etwa aus Buchstaben und Zahlen bestehende Nomenklatur aufzustellen. Daß viele Vorschläge dafür vorliegen, geht aus dem Nachfolgenden hervor. Daß es aber viel, zu viele sind, ist der beste Beweis dafür, daß das Problem noch nicht gelöst ist.

Wir müssen, obwohl Weiß und Schwarz nicht „Farben“ im eigentlichen Sinne sind und oft als solche überhaupt nicht anerkannt werden, mit ihnen rechnen, wenn wir mit der Farbenfrage zureckkommen wollen. Wir müssen dann aber zunächst ausgehen, nicht von den Begriffen heller und dunkler, sondern von den Begriffen mehr weiß und mehr schwarz, also gewissermaßen annehmen, daß Weiß, Grau und Schwarz ebensogut Farben sind, wie z. B. Rosa, Scharlach und Purpur.

Einer allgemein brauchbaren Nomenklatur stehen aber, wenigstens heute noch, große Schwierigkeiten im Wege. Vor allem die, daß wir keine „spektralreinen“ Farbstoffe und Färbungen haben, die nur Licht von einerlei oder doch nahezu einerlei Wellenlänge reflektieren oder durchlassen<sup>1)</sup>. Von vornherein wäre es ja gleichgültig, ob wir die Farben im reflektierten oder im durchfallenden Lichte beobachten und vergleichen, wenn wir ein einwandfreies coloristisches Schema aufstellen wollen. Sobald wir es versuchen, finden wir aber, daß schon der Unterschied zwischen Lichtfarben<sup>2)</sup> einerseits, Lasur- und Deck- oder Körperfarben andererseits eine große Schwierigkeit bei der Farbenbenennung bildet, die sich nicht nur auf Farbkörper oder auf die Unterschiede zwischen gefirnierten und ungefirnierten Farbenaufstrichen bezieht, die schon groß genug sind, sondern die ins Unendliche zu gehen scheint, sobald es sich nicht um Farbkörper selbst, sondern um gefärbte Körper, wie z. B. Textilien handelt, um Fasermaterial von verschiedener Stärke und Art des Glanzes (Kunstseide, Seide, Glanzbaumwolle, Mohair, Wolle, Leinen, Baumwolle, Jute) oder gar um Gewebe, deren Bindungsart eine und dieselbe Faser in verschiedener Glanzwirkung zum Anblick bringt.

Bei der Textilfärberei kommt noch eine weitere, besondere Schwierigkeit hinzu, die geradezu unüberwindlich erscheint, und die es in vielen Fällen absolut notwendig macht, daß die Mustervorlage aus dem gleichen Stoff besteht, wie das danach zu färbende Material, ja sogar, daß sie eine zum mindesten ähnliche Webart hat. Dies ist die

<sup>1)</sup> Hätten wir z. B. noch mehr solche untrügliche und homogene Farbenquellen wie das Natriumlicht, so wären wir wahrscheinlich schon viel weiter gekommen.

<sup>2)</sup> Lichtfarben sehen wir z. B. durch farbige Gläser, also im durchfallenden Licht, während die anderen Farben im auffallenden Licht gesehen werden.

Frage der Berücksichtigung der sog. Übersichtsfarbe. Es wird nämlich beim Bemustern z. B. eines wollenen Kleiderstoffes nicht nur verlangt, daß der Farbton in der Draufsicht getroffen sei, sondern er muß auch in der Übersicht stimmen. Es gibt Wollstoffe, die tiefschwarz sind und eine bläuliche Übersichtsfarbe haben müssen; ist diese aber grünlich oder rötlich, so ist der Stoff nicht zu brauchen. Dann gibt es Brauns, die eine gelbe, andere, die eine rötliche, wieder andere, die eine braune Übersicht haben müssen. Für all dies läßt sich selbstverständlich der Aufstrich einer Erdfarbe oder gar ein lithographischer Druck nicht als Mustervorlage gebrauchen.

Von allgemeiner Bedeutung sind ferner die Schwierigkeiten, die sich durch die Verschiedenheit der Beleuchtung und der Lichtquellen herausstellen. Nicht nur ist das Tageslicht vom klaren Himmel, wenn es von verschiedenen Himmelsrichtungen her oder zu verschiedenen Tageszeiten benutzt wird, verschieden, es ist auch in südlichen Ländern anders als in nördlichen, an der See anders als im Hochgebirge, und es ist bei verschiedenen starker Bewölkung des Himmels verschieden. Noch viel größer aber sind bekanntlich die Verschiedenheiten bei künstlichen Lichtquellen. Für die englischen Färbereien z. B., in denen im Winter oft wochenlang bei künstlichem Lichte abgemustert werden muß, ist dieses geradezu eine Kalamität, und man sieht den geplagten Meister gar oft am Tage aus seiner dunstigen Farbküche auf die Mitte der Straße laufen, um wenigstens einen Schimmer Himmelslicht für seine Arbeit zu erhaschen. Große Verbesserungen sind in dieser Hinsicht gemacht worden, zuerst durch das in Bradford erfundene Dufton-Gardnerlicht, eine elektrische Bogenlampe, vor die anfangs eine zwischen zwei Glasplatten eingeschlossene Kupferlösung gebracht wurde, während jetzt durch Kupferblau gefärbtes Glas, auch bei den sog. „Tageslichtbogenlampen“ angewandt wird. Diese Lampen haben sich nicht nur in Färbereien und Farbenfabriken, sondern auch in Konfektions- und Möbelstoffgeschäften gut eingeführt.

Eine epochemachende Erfindung auf diesem Gebiete dürfte das Moorelicht sein, das mittels elektrischer Entladungen durch evakuierte und mit Spuren eines bestimmten Gasgemisches gefüllte Quarzglasröhren erzeugt wird. Doch scheint dieser Neuerung, abgesehen von ihrer Kostspieligkeit, noch manche Betriebsunsicherheit anzuhafte. So war z. B. die Moorelichtanlage, die ich vor ungefähr einem Jahre in dem Musterzimmer einer Farbenfabrik zu sehen bekam, nicht einwandfrei: das Licht war zu schwach, nicht ganz stetig, und außerdem machte der Betrieb ein ziemlich starkes Geräusch<sup>3)</sup>. Während diese Anlage, in einem großen Raum an der Decke angebracht, ein meines Erachtens zu schwaches Licht liefert, habe ich neuerdings eine Moorelichtanlage in einem Färbereilaboratorium in einem niedrigen kleineren Raum gesehen, die viel heller wirkte und das Licht eines wolkenlosen Tages sehr gut wiedergab. Auch hier ist das Licht nicht ganz stetig, so daß das Arbeiten sehr anstrengend ist und nach Möglichkeit bei Tageslicht abgemustert wird. Neuerdings sollen sich aber die Schweizer Seidenfärbereien dahin geeinigt haben, das Abmustern nur bei Moorelicht vorzunehmen, um Gleichmäßigkeit zu erzielen.

Meine eigenen Erfahrungen gehen dahin, daß man, wenn keine Tageslichtbogenlampe oder Moorelichtanlage zur Hand ist, mit Nernstlicht noch am besten arbeiten kann. (S. Nachträge, 3.)

Die großen Verschiedenheiten, die eine und dieselbe Färbung unter verschiedener Beleuchtung aufweisen kann, führt die verantwortlichen Coloristen der Färbereien und Farbenfabriken zu einem Standpunkte, der auf den ersten Anblick extrem erscheint; sie sagen: nicht nur bei gleichem Licht müssen die Farbtöne gemustert werden, sondern Muster und Ware müssen auch mit den gleichen Farbstoffen hergestellt sein, sonst ist ein getreues Bemustern unmöglich. Es ist nicht nur die oben erwähnte Übersichtsfarbe, die sie dazu bringt, sondern auch die Tatsache, daß es vorkommen kann, daß zwei Färbungen, die, bei Tageslicht verglichen, ganz genau übereinstimmen, bei künstlichem Licht voll-

<sup>3)</sup> Die Anlage ist inzwischen verbessert worden.

ständig auseinanderfallen, so daß z. B. von zwei Graufärbungen, die bei Tageslicht gleich sind, bei Gaslicht die eine rötlich, die andere grünlich erscheint. Sehr oft kann man dies ja bei grauen Damen kostümen beobachten; da stimmen der Wollstoff und die seidene Garnitur bei Tage sehr gut zusammen, bei künstlichem Licht aber geht die Seide ins Rötliche, die Wolle nach Blau, und dadurch wird die Harmonie zerstört.

## 2.

Benennung, wenn sie aus dem Rohesten heraus will, bedarf der mit ihr Hand in Hand gehenden Bemessung, und so finden wir auch auf dem Farbengebiet meist, daß mehr oder weniger wissenschaftlich korrekte und einwandfreie Methoden der Bemessung oder wenigstens der Festlegung von Farbtönen mit der Nomenklatur zusammen herausgebracht werden. Sei es nun die additive oder subtraktive Methode der Farbenbetrachtung, seien es Mikrometerschraubendrehungszahlen, seien es quantitative Mischungsverhältnisse bestimmter Farbkörper — heute werden wir immer zu dem Schluß kommen müssen, daß die Frage einer für alle Fälle anwendbaren Colorimetrie eine unlösbar, weil falsch gestellte ist, wie so viele andere. Eine Colorimetrie, die auf Lichtfarben beruht (wie die von Arons, Kallab, Lovibond, s. unten), kann ebensowenig Anspruch auf allgemeinste Anwendbarkeit machen, wie eine auf reflektierte Farben eingestellte (Mayer, Baumann, s. unten). Wir müssen uns also fragen, mit welchem Kompromiß wir am weitesten kommen, und werden wohl einer Nomenklatur und Colorimetrie im großen und ganzen die Palme geben müssen, die am leichtesten verständlich, am sichersten und billigsten ausführbar ist und den relativ weitesten Bezirk der Gebrauchsmöglichkeit besitzt.

Die anderen, so gut sie sein mögen, selbst wenn sie wissenschaftlich korrekter und feiner sind, müssen wir in die Spezialgebiete verweisen, in denen sie nützlich, ja unentbehrlich sein können. Außerdem aber müssen wir darauf hinarbeiten, daß diese Spezialmethoden, wenn es irgend möglich ist, in Korrelation mit der praktisch einführbaren gebracht werden, indem die Nomenklatur auf letztere eingestellt wird.

Bis heute haben wir keinen Ausdruck oder Maßstab für eine höchste Farbenintensität. Wir können nicht sagen: diese z. B. Lichtfarbe einer Wellenlänge, wie sie durch die und die Mittel hergestellt wird, ist der höchstmögliche Effekt. Noch weniger können wir eine solche Grenze bei den reflektierten Farben festsetzen, weil uns die wissenschaftlichen Mittel fehlen, um eine scharfe Trennung zwischen reflektierter Farbe und reflektiertem Licht, also „Weiß“ durchzuführen.

Deshalb stehen die colorimetrischen Methoden, wenigstens vorderhand, noch auf schwachen Füßen. Auch der Versuch Mayers, auf den ich später zu sprechen komme, die höchste Farbintensität dadurch zu definieren, daß ein Aufstrich z. B. von Rhodaminlösung auf Papier, wenn man ihn in einer bestimmten Konzentration aufträgt, das Maximum an Rot darstelle, scheint mir nicht recht ausreichend. Er sagt, wenn man diese (oder eine weniger konzentrierte) Lösung nochmals aufstreiche, so werde die Rotwirkung dann nicht mehr stärker. Es wird also höchstens noch Verdunklung hinzukommen, wenn die angewandte Farbe keine Lasurfarbe ist. Damit erledigt er aber nur einen speziellen Fall, der durch den Malgrund und die Stärke des auffallenden und durchgelassenen Lichts in verschiedenster Weise beeinflußt werden kann.

Es ist verwunderlich, daß noch keine Versuche gemacht worden sind, spektral einheitliche Farben in größtmöglicher Intensität zu erzeugen, um zu beurteilen, wie weit das Auge diese Eindrücke mitmachen kann. Solche Versuche könnten freilich für den Beobachter große Gefahren mit sich bringen, aber sie könnten auch Aufschlüsse über die Natur des Farbensinnes zeitigen, die anders nicht erhältlich sind. (Vgl. Abschnitt D, 4.)

Heute noch kann die ganze Colorimetrie, solange sie keine dynamische Begrenzung und Sicherheit hat und auf Lichtquellen verschiedenster Art aufgebaut ist, keinerlei Anspruch auf internationales Durchdringen machen, sondern

wird nur einzelnen Bedürfnissen gerecht, und auch dies in unvollkommener Weise, weil die Objektivität der Beobachtungen äußerst beschränkt ist.

## B. Aus der Literatur.

Eine sehr klare und einleuchtende Definition der Farbenwahrnehmung entnehme ich dem in Nagels Handbuch der Physiologie (Vieweg, 1905) von J. v. Kries geschriebenen Kapitel über die Gesichtsempfindungen (Bd. III, S. 139):

„Die Gesamtheit der optischen Empfindungen kann man als eine Mannigfaltigkeit beschreiben, die erstlich vom Dunkel zum Hell, vom tiefsten Schwarz zum hellsten Weiß führende Abstufung aufweist, außerdem aber zwei Modifikationen zuläßt, deren jede, von der farblosen Beschaffenheit ausgehend, in entgegengesetzten Richtungen statthaben kann, gegen Rot oder Grün, gegen Gelb oder Blau. — Jede einzelne Empfindung würde sich hiernach durch ihren Helligkeits- oder Dunkelheitsgrad, durch ihren Rot- (oder Grün-), endlich ihren Gelb- (oder Blau-)wert bezeichnen lassen. — Es ist nur eine leichte Modifikation der Darstellung, wenn wir die Empfindungen durch Helligkeit, Farbenton und Sättigung bestimmt sein lassen. In allen Fällen kommt, wie sich von selbst versteht, die dreifache Bestimmtheit der Empfindungen, ihre Darstellbarkeit durch drei Veränderliche in klarer Weise zum Ausdruck.“

Dies klingt so verlockend, daß man enttäuscht ist, auf S. 261 lesen zu müssen: „Genauere Ermittlungen über die Messung und Erkennung der Sättigungsgrade eines konstanten Farbtones liegen nicht vor.“

Rosenstiehl hat (nach Fortschr. d. Physik 1909, II, 484) „einen Farbenkreisel von 24 Farben zusammengestellt, von denen zwei einander diametral gegenüberliegende genau komplementär sind und gleiche Farbstärke besitzen, so daß eine Scheibe, deren Hälften mit je einer solchen Farbe gefärbt sind, bei der Rotation ein farbloses Grau gibt, und daß das bei der Rotation aller 12 Paare erhaltene Grau dasselbe ist. Das Grau entspricht dem eines weißen Sektors von  $50^\circ$ , so daß seine Intensität  $\frac{5}{12}$  der theoretisch möglichen höchstens beträgt“

Hier finden wir also doch eine Andeutung über den Sättigungsgrad, der höchste Sättigungsgrad einer Farbe wäre demnach erreicht, wenn sie, mit ihrer ebenfalls höchstsättigten Komplementärfarbe zu je der Hälfte rotiert, ein reines „100%iges“ Weiß gäbe.

Rosenstiehl gibt ferner (ebenda 1910, II, 544) folgendes Gesetz für die Farbenbenennung:

„Für quantitative Bestimmungen sind 5 Angaben nötig: Weiß, Schwarz und drei im Farbenkreis gleich weit voneinander absthende Farben. Da diese letzteren beliebig gewählt werden können, ist ihre Feststellung durch Konvention erforderlich, wenn Arbeiten verschiedener Beobachter verglichen werden sollen.“

Das neueste Werk auf dem Farbengebiet ist Rosenstiehls „Traité de la Couleur au point de vue physique, physiologique et esthétique, comprenant l'exposé de l'état actuel de la question de l'harmonie des couleurs“, Paris, Dunot et Pinat, 1913. Ein glänzend geschriebenes Buch, dessen Inhalt so bunt schillert, wie die Farben selbst. Sein Hauptzweck soll sein, dem Künstler korrekte Anschauungen über die Farbe zu vermitteln. Es will mit Irrtümern und Unklarheiten aufräumen, die bisher dem Künstler das Eingehen in die Gesetzmäßigkeiten der Farbenharmonie erschwert und ihn mit der „Colorimetrie“ oft sogar in feindlichen Gegensatz gebracht haben.

Der rote Faden, der durch dieses Buch geht, ist die Mahnung: unterscheidet zwischen Farbenempfindungen (sensations), Lichtfarben (lumières) und Körperfarben (matières colorées)!

Eine Fülle von physiologisch, physikalisch und technisch interessanten Momenten wird in diesem Werke wohl zum ersten Male klar hervorgehoben und herausgearbeitet. Nützlich für den Überblick ist der Abschluß, der aus zwei Teilen besteht:

1. Resumé et Conclusions. 2 Aphorismes relatifs aux Couleurs. Man sieht daraus, wie besorgt der Vf. ist, seinem Thema nach allen Richtungen hin Geltung zu verschaffen,

nachdem er seine Forschungen und Beobachtungen, die sich über einen Zeitraum von beinahe 40 Jahren erstrecken, „preisgegeben“ hat.

Seine Leitsätze sind außer den oben genannten prinzipiellen Unterscheidungen etwa die folgenden:

1. Man muß die Mischung der Farbkörper, der farbigen Lichter und der Farbenempfindungen trennen, denn der Farbkörper erzeugt die Farbe durch Wegnehmen eines Teiles der auffallenden Lichtstrahlen, er arbeitet subtraktiv, während die Lichter und die Farbenempfindung additiv arbeiten.

(Rosenstiehls Erklärung hierfür geht aus den nachfolgenden Leitsätzen hervor.)

2. Das Spektrum hat einen Anfang und ein Ende; die Gesamtheit der Farbenempfindungen läßt sich dagegen in einem geschlossenen Kreis anordnen.

3. Das Auge kann Farben nicht mehr unterscheiden, wenn das Licht (*l'éclairage*) zu schwach oder zu stark ist.

4. Die Empfindung Weiß ist für unser Auge Plural, denn sie kann nicht nur durch die Summe aller Strahlen des sichtbaren Spektrums erzeugt werden, sondern auch durch Addition von zwei Arten von Strahlen.

5. Die Methode der drehenden Scheibe gleicht alle Unterschiede im Farbenton, die die Natur der Oberfläche und Struktur mit sich bringen, aus.

6. Die Farbstoffe ändern nicht nur ihren Farbwert, ihre Intensität, wenn sie mit Weiß oder Schwarz vermischt werden, sondern auch ihre Nuance in gewissen Grenzen. Wenn also z. B. ein Farbkörper rein mit einer anderen Farbe komplementär ist im Sinne Rosenstiehls, so daß beide in gleicher Quantität auf der Drehscheibe verteilt ein neutrales Grau geben, ist dies nicht mehr der Fall, wenn der Farbkörper mit Weiß gemischt wird, und ein dieser Zuminischung entsprechender Sektor von Weiß neben der Vergleichs- bzw. Komplementärfarbe eingeschaltet wird.

Von den 40 Aphorismen hebe ich einige heraus:

1. Absolutes Schwarz auf der Drehscheibe mit einer Farbe kombiniert trübt sie nicht, sondern vertieft sie nur, ohne ihr etwas von ihrer Lebhaftigkeit zu nehmen.

2. Die Farbenempfindung, so lebhaft sie auch sei, ist nur ein Teil der Weißempfindung, verglichen bei gleicher Stärke der Beleuchtung.

3. Die Zumischung ungefärbter Materie zu einer farbigen steigert oft die Färbung und ändert die Nuance nach Grün hin.

4. Es gibt unzählige weiße Lichteindrücke (*lumières blanches*), die physikalisch verschieden, aber physiologisch gleich sind.

5. Das farbige Licht ist nur ein „Ausschnitt“ aus dem weißen Licht.

6. Es gibt keine einfache oder regelmäßige Beziehung, die es ermöglicht, nach den Wellenlängen des Lichtes Komplementärfarben zu ermitteln (Helmholz).

Diese Auslese zeigt wohl zur Genüge, wie eingehend sich Rosenstiehl mit dem Farbenproblem beschäftigt. Im nachfolgenden denke ich, über mehrere der Rosenstiehlschen „Rätsel“ zu sprechen, und hoffe, sie einer Klärung näher zu bringen. Was Rosenstiehl These betrifft, die „Vielzahl der weißen Lichter“ betrifft, so wäre es wohl nötig, daß Physiker, denen die Apparatur zu Hand ist, hierüber Aufklärung schafften, indem sie diese verschiedenen weißen Lichter nach ihrer photographischen Wirksamkeit, spektrischen Zerlegbarkeit, und mit Physiologen, Zoologen, Botanikern nach ihrer Wirksamkeit untersuchten.

Eine klare Trennung der Momente: subjektive Empfindung gegenüber Lichtfarben einerseits und Körperfarben andererseits, wie Rosenstiehl sie durchgeführt haben möchte, ist gewiß ein für die Praxis sehr wertvolles Prinzip.

Andererseits wird man sagen müssen, daß, so gut seine coloristischen und colorimetrischen Methoden auch sein mögen, die Schwierigkeiten, die ich im vorhergehenden als der allgemeinen Einführbarkeit eines coloristischen Systems entgegenstehend bezeichnet habe, nicht behoben werden. Denn selbst, wenn ich von Verschiedenheiten der Beleuchtung absehe, bleibt die „Übersichtsfarbe“, die Rosenstiehl zwar durch rapide Drehung seiner Farben-

scheibe ebenso wie die Unterschiede zwischen Seide und Baumwolle usw. verschwinden läßt, in praxi doch vorhanden.

Die Erklärung für die etwas sanguinischen Anschauungen Rosenstiehls finde ich darin, daß er (wie auch Kallab, s. unten) Textildruckereicolorist war, als er anfing, sich mit den Farbenproblemen zu beschäftigen. Deshalb sind ihm einerseits die Farbenspiele, die ästhetischen, auch vielleicht die künstlerischen Probleme auf dem Farbengebiete zugänglicher, als dem Färber. Der Textildrucker konnte in den Jahren 1871–1877 (die Rosenstiehl erwähnt), geradezu in Farben schwelgen, während der Färber noch Mühe und Not hatte, eine Farbe zu treffen. Auf dieses Schwelgen ist aber ein Niedergang der Textildruckerei gefolgt, der mit dem reumütigen Bekennen schließt: wir haben alle Farben des Regenbogens, alle Muster und Töne der Mode erzeugt, aber sie sind auch so vergänglich wie diese! Die Textildruckerei ist so ziemlich auf dem Tiefstand angelangt, den sie gemäß ihrer einseitigen Manier und ihres Hauptzweckes: einer Materialäuschung, verdient. Denn ihr größtes Bestreben war und ist, dem Auge und meist auch dem ahnungslosen Käufer eine Buntweberei, eine Stikkerei vorzutäuschen.

Mit besonderem Interesse habe ich das 15. Kapitel des Rosenstiehlschen Buches: „Des Moyens divers de produire la sensation colorée“, studiert. Er geht aus von dem Satz: „die Farbenempfindung ist nichts als eine Fraktion der Weißempfindung“, und stellt einen „Weißtyp“, das Blanc fixe (gefälltes Bariumsulfat) auf, auf das er die Farbenempfindungen bezieht. Damit sagt er wieder nichts über die Grenzen und Grade der Farbenempfindungen. Ferner vermisste ich Angaben über den sog. Metallglanz, den viele Körper besitzen (Indigo, Berlinerblau), was um so auffallender ist, als im Beginn des Werkes gleich hinter der Beschreibung der Farben der Metalle eine Studie über die Veränderung der Nuance verschiedener Farben durch die Zumischung von Weiß kommt. Meiner Überzeugung nach hat die durch die Zumischung von Weiß bzw. durch die dadurch hervorgebrachte Ablreibung und Verkleinerung der Oberflächen der Farbpunkeln eine Aufhebung des Metallglanzes und damit eine entsprechende Verschiebung der Nuance zur Folge. (Vgl. Nachträge, I.)

Anschließend hieran sei das Handbuch der physiologischen Optik von Helmholz (II. Band, 3. Aufl. 1911 von Gullstrand, v. Kries und Nagel herausgegeben) hervorgehoben, in dem die meisten von Rosenstiehl aufgestellten Prinzipien zu finden sind. Das Buch ist für den Laien in Physiologie und Mathematik schwer zu lesen, was auch mit seiner Entstehung zusammenhängt (vgl. das Vorwort von v. Kries). Es enthält einen für meine Ausführungen wichtigen Passus über die Farbenintensität, auf den ich später zu sprechen komme. Im übrigen würde jahrelanges Quellenstudium dazu gehören, um alles, was für mein Thema wichtig sein könnte, aus diesem Werk und seinen Literaturverweisungen herauszusuchen, und selbst dann möchte ich bezweifeln, daß viel dabei herauskommt, weil die praktischen Zwecke, auf die ich hinaus will, wenig berücksichtigt sind, sondern der Hauptzweck des Werkes die physiologisch-optische Forschung ist, die aber offenbar bis jetzt noch keine nach allen Richtungen hin befriedigende Theorie über das Sehorgan gezeitigt hat.

#### C. Die bekanntesten Apparate und Methoden der Farbenton-bemessung und -benennung.

1. Rad des internationale Farbenskalae wurde in den 70er Jahren in Hamburg vom Verlag „der Stenochromatischen Anstalt von Otto Radde“ herausgegeben<sup>4)</sup>.

Sie besteht aus 14 Kartons, die auf 42 „Gammens“ etwa 900 Töne enthalten, und zwar 10 reine „Kardinaltöne“ mit je zwei „Übergängen“, also z. B.: 1. Zinnober, 2. erster, 3. zweiter Übergang nach Orange usw. in der Reihenfolge der Spektralfarben, mit „Purpur“ als Überleitung vom Violett nach Rot, wodurch der Farbenkreis geschlossen

<sup>4)</sup> Noch viel älter ist das im Deutschen Museum befindliche „Wiener Farbenkabinett“, ein „vollständiges Musterbuch aller Farben“, Wien 1794.

wird. Die Kardinaltöne sind Carmin, Zinnober, Orange, Gelb, Grasgrün, Blaugrün, Blau, Violett, Purpur.

Ferner werden 12 Mischtöne ebenfalls als „Kardinaltöne“ bezeichnet, und zwar Neutralgrau, Braun und obige Kardinaltöne + Grau (also z. B. „Purpurgrau“). Jeder dieser 10 Kardinal-, 20 Übergangs- und 12 Mischtöne ist nun in 21 von a—v benannten Schattierungen von Schwarz über das Farbmaximum nach Weiß durchgeführt, wobei das Farbmaximum ungefähr bei i oder k steht. Diese mit lithographischem Druck hergestellten 882 Töne sind mit einem schräg schraffierten Firnis überdruckt. Das Weiß ist im Laufe der Jahre stark vergilbt, und viele Mischtöne sehen unegal aus, so daß man die einzelnen Komponenten nebeneinander zu sehen glaubt. Diese Beobachtungen habe ich an dem in der Bibliothek der K. Zentralstelle für Gewerbe und Handel in Stuttgart vorhandenen Exemplar gemacht.

## 2. Das Corlexikon.

Prof. Langhein in Otterndorf a. d. Elbe ist seit Jahren bemüht, ein ihm anvertrautes Farbenlexikon, das, kurz gesagt, eine auf reproduktionstechnisch sicherer Grundlage herstellbare und wegen ihrer Handlichkeit und Übersichtlichkeit international einführbare Farbentonkarte sein bzw. werden soll, in die Öffentlichkeit zu bringen. Bis heute ist ihm dies nicht gelungen. Das Corlexikon ist ein Nachläufer der Raddeschen Farbenskala. Meine Prüfungen und Beobachtungen mit den Corfarben sind wenig günstig ausgefallen. Radde hat alle Töne gefirnißt, Cor setzt mit dem Firnis beliebig ein, wenn die Töne nicht mehr satt genug ausfallen. Ich glaube nicht, daß das Corlexikon, selbst wenn es erscheinen sollte, viel Gutes wirken, viel Glück haben wird. Es steht praktisch auf der Stufe von Radde's Skala, und es haften ihm fast alle Mängel dieser Skala an, besonders die zwei: 1. schwacher Farbeneindruck auf das Auge, 2. heterogenes Aussehen der Mischtöne.

## 3. Karl Mayer.

Ein kürzlich verstorbener Wiener Colorist, der Chemiker Karl Mayer, hat im Jahre 1911 bei Jul. Springer, Berlin, eine „Farbenmischungslehre und ihre praktische Anwendung“ veröffentlicht; er fußt auf dem Dreifarbensystem und geht durch dick und dünn damit, stellt eine Nomenklatur auf und benutzt in einem von ihm vorgeschlagenen Schnellverfahren (Lehnes Färberzeitung 1912, 25), die Farbstoffe Rhodamin, Methylenblau und Thioflavin in konz. Lösungen als drei Grundfarben. Seine Nomenklatur beruht auf dem einfachen Schema: mit Rot, Gelb, Blau, kürzer R, G, B, werden die Farbtöne erzeugt, jede Farbe bedeutet deren höchsten Sättigungsgrad. Er sagt (S. 40 seines Buches): „Ich ging von dem Gedanken aus, daß die Bemessung der coloristischen Funktion der Materie in ähnlicher Weise erfolgen könnte, wie beispielsweise die Bemessung der Temperaturen durch das Thermometer. Ich stellte mir vor, daß, wenn zwei Fixpunkte gegeben seien, die Zwischensteilung sich in einfacher Weise ergeben würde.“ Und weiter: „Da die sog. Farbe Weiß keinerlei Körperfarben in sich enthält, so kann sie als der Nullpunkt der coloristischen Funktion der Materie angesehen werden. Andererseits ist uns bekannt, daß die Körperfarben nur bis zu einem bestimmten Sättigungsgrad imstande sind, auf das menschliche Auge Farbenwirkungen hervorzubringen; wird diese Sättigungsgrenze überschritten, so nimmt die Intensität der Farbenwirkung nicht weiter zu.“ Er vergleicht dann ziemlich naiv die beiden „Fixpunkte“ mit dem Gefrierpunkt und Siedepunkt.

Was den Nullpunkt betrifft, so ist dessen Festlegung leichter faßlich, aber Mayers Siedepunkt der Farbe, der höchste Sättigungsgrad, ist viel schwieriger festzustellen. Ein Blick auf seine Tafel III, wo er die gesättigten drei Farben vorführt, genügt, um zu zeigen, daß man wohl ein bläuliches Rot, ein schmutziges Gelb und beinahe schwarzes Blau hinschaffen kann, aber man wird niemand davon überzeugen können, daß dies die siedenden Farben seien! Auf den ersten Anblick sind die Färbeversuche, die Mayer auf seinen Tafeln IV—VI vorführt, bestechend, aber bei näherer Betrachtung findet man, daß sie sich auf sehr helle Töne beschränken, und nur für solche wird seine Methode einzigen Wert haben. Mir scheint seine zwangsläufige

Übertragung des Dreifarbandruckverfahrens auf die Färberei mehr vielleicht von dem unsicheren Gefühl diktiert zu sein, das der Chemikercolorist dem Färbermeister gegenüber meist hat, der seine „Rezepte nicht hergibt“, weil er keine hat, sondern mit seinem Gedächtnis und nach dem Gefühl arbeitet, was für den Chemiker im Betrieb oft recht lästig, für den kaufmännischen Fortgang aber meist notwendig ist. Der Färbermeister, der nach der rule-of-thumb-method arbeitet, ist eine Macht, die in der Färbereiindustrie noch heute gilt und meistens den Unternehmer auf ihrer Seite hat.

Mit den drei Farbstofflösungen Mayers habe ich eine Reihe von Versuchen gemacht, bei denen hauptsächlich auffiel, daß das Rhodamin durch seine im Vergleich zum Methylenblau und Thioflavin viel größere Diffusionsgeschwindigkeit bei satteren Tönen Streiche spielt, indem es auf den Versuchspapieren oberflächlich auftrocknet. Ein reines Schwarz herzustellen, ist mit diesen drei Lösungen nicht möglich, immer wiegt das Rot vor.

Andererseits darf zum Lob des Mayerschen Verfahrens gesagt werden, daß man mittlere und helle Nuancen rasch und sicher finden und herstellen kann, und daß man gewissermaßen „spielend“ Abtönungen von Nuancen in großer Anzahl dauernd präparieren kann, die ein Beweis dafür sind, wie feine Gradunterschiede der Farbensinn des Menschen zu unterscheiden vermag, wenn sie nebeneinander vorliegen.

Als Versuchsmaterial zur Schulung des Auges, also z. B. für Färbereischulen und Malerschulen, wird daher meines Erachtens die Mayersche Schnellmethode immerhin nützlich sein können, aber weiter hat sie wohl keinen Wert.

## 4. Kallab.

F. V. Kallab, der Nestor der deutschen Textilcoloristen, hat einen Farbenmeß- und -bestimmungsapparat konstruiert, durch Patente geschützt und verschiedentlich vorgeführt und beschrieben (z. B. Z. f. allg. Chem. 1908, 1637).

Kallabs auf Celluloidscheiben mit äußerster Sorgfalt aufgetragene Farbenabstufungen sind aber ebensowenig spektralrein wie die Normallösungen Mayers. Dazu benutzt er noch eine Grauskala, die aber kein Grau, sondern ein Violettgrau ist, also zu lauter verschobenen Farbtönen führen muß. Ferner sind die Farbbilder so klein, daß es kaum möglich ist, ein Gefühl der Sicherheit beim Abschätzen zu bekommen, vollends, da Kallab im vollen Tageslicht arbeitet. Kallab hat einige Modifikationen seines Apparates für den Unterricht in der Farbenlehre konstruiert, die ganz nützlich sein mögen. Ich habe mit bestem Willen versucht, mit dem Apparat zu arbeiten, es war mir aber trotz mehrfacher Korrespondenz mit Kallab nicht möglich, auch nur eine Annäherung an das Gefühl der Sicherheit zu erlangen<sup>5)</sup>.

## 5. Arons Chromoskop.

Die größten Hoffnungen auf eine wissenschaftlich einwandfreie Methode der Farbenmessung und Farbentonbenennung haben sich an das Aronsche Chromoskop geknüpft, das neuerdings (Ann. d. Phys. [4] 39, 545 [1912]) näher von ihm beschrieben worden ist.

Der Einführung dieses Farbenweisers scheinen aber zwei große Schwierigkeiten im Wege zu stehen: erstens der hohe Preis des Apparates, zweitens die Unmöglichkeit, Mischtöne, z. B. Braun, ohne sehr komplizierte optische Kombinationen zu erzeugen, wodurch die Berechnung schwierig und die Kosten des Apparates unverhältnismäßig groß werden, abgesehen von den äußerst peinlichen Konstruktionsfragen, die dann wahrscheinlich die Anwendung des Apparates auf speziellste wissenschaftliche Gebiete beschränken. Immerhin wird man abwarten müssen, ob es dem Erfinder nicht doch noch gelingt, einen relativ einfachen Apparat zu schaffen.

## 6. Ralph v. Klemperers Chromoskop.

Vor zwei Jahren brachte v. Klemperer ein Chromoskop öffentlich zur Vorführung (Z. f. allg. Chem. 1912, 1191),

<sup>5)</sup> Der Apparat befindet sich im Deutschen Museum in München.

das wegen seiner Einfachheit und Handlichkeit verlockend erschien. Die Firma Zeiß in Jena hat den Bau des Apparates übernommen und ist noch heute mit dessen Verbesserung beschäftigt, so daß er noch nicht im Handel ist. Die denkbar einfachste Lösung der Frage, zwei Farben miteinander zu vergleichen, schien hier gegeben. Als Vergleichsfarben sollten die *K a l l a b s c h e n* gefärbten Celluloidskalen dienen, als Lichtquelle wurde Moorelicht empfohlen. Meine Versuche mit der Nernstlampe als Lichtquelle haben mich überzeugt, daß man mit v. *K l e m p e r e r s* Chromoskop rasch und sicher arbeiten kann, daß seine Anwendung aber vorläufig auf helle, lichtstarke Töne beschränkt ist<sup>6)</sup>.

### 7. Lovibonds Tintometer.

Seit dem Jahre 1886 hat J. W. Lovibond in Salisbury (England) an einem Farbmesser gearbeitet, den er sich zunächst für den eigenen Gebrauch in der Bierbrauerei konstruierte, dem er aber allmählich immer weitere Verwendungsgebiete erschloß. Sein Apparat ist auf dem Drei-farbensystem aufgebaut unter der Voraussetzung, daß gleich starke Töne von Rot, Gelb und Blau in der Durchsicht ein neutrales Grau bis Schwarz geben, wenn sie übereinander gelegt werden.

Er hat die Töne von Rot, Gelb und Blau, die dieser Bedingung entsprechen sollen, dadurch zu finden geglaubt, daß er die Wellenlängenskala des Diffraktionsspektrums in gleiche Sektoren einteilte. Jede der so gefundenen drei Grundfarben gibt er in 155 Stärken heraus, die von 0,006 bis 20 graduiert sind. Im ganzen sind es also 465 gefärbte Gläser, mit denen Lovibond behauptet, alle Farbnuancen herstellen zu können. Der Apparat kann für Flüssigkeiten, gefärbte oder farbige feste Materialien gleich gut benutzt werden und wird in Spezialausführungen für eine Reihe von Zwecken empfohlen; der Prospekt der Fabrik: „The Tintometer, Ltd., Salisbury“, gibt an, daß der Lovibondsche Farbmesser jetzt „allgemein“ im Gebrauch sei bei:

Seide-, Woll- und Baumwollfärbern, -druckern- und-fabrikanten, Papierfabrikanten und -färbern, Malern, Farbenfabrikanten, Stahlerzeugern, Metallurgen, Mälzern und Brauern, Ölraffineuren, Seifen- und Lichterfabrikanten, Weinkellereien und -handlungen, Zuckerfabriken, Caramel-fabriken, analytischen Chemikern, Müllern und Mehlpäckern, Bäckern, Gerbern; ferner für die Prüfung auf Farbenblindheit und für pathologische (insbesondere Blut-) Forschung.

Als Belege führt er an, daß seine Gläser als Standard angenommen sind:

1. von der Interstate Cotton Seed Crushers' Association, New Orleans, U. S. A. für die prima gelben Sommerbaumwollöle,

2. von der International Association of Leather Trades Chemists für die Bestimmung des Farbstoffgehaltes von Gerbextrakten.

Lovibond hat ferner nach gleichem Prinzip ein Farbenpyrometer, einen Rauchdichtemesser, einen Apparat zur Bestimmung der Qualität von Mehlen u. a. m. ausgebildet, vertreibt auch einen „Farbenerzieher“ zum Studium der Farbenlehre, der nur 21 M kostet. Seine anderen Apparate kosten zwischen 50 und 200 M, der volle Satz gefärbter Gläser kostet etwa 1000 M, jedes einzelne 3 M. Da ich den Apparat schon vor 8 Jahren in England in der Ausbildung für Brauereien (also nur braungelbliche Gläser) gesehen und mich von seiner Einfachheit und Handlichkeit überzeugt habe, gebe ich gern zu, daß Lovibond rastlos gearbeitet und seine Idee in der mannigfachsten Weise in der Praxis verwertet hat. Jedenfalls dürfte sein Tintometer von allen derartigen Apparaten der am weitesten verbreitete sein, und es fällt geradezu auf, daß er bisher nur einen englischen und französischen, nicht aber einen deutschen Prospekt herausgibt.

### Beobachtungen über Lovibonds Tintometergläser.

In der Annahme, daß bei den Lovibondschen Glä-

<sup>6)</sup> Ich erfahre, daß die Firma Zeiss mit der Verbesserung des v. Klemperschen Apparates beschäftigt ist und ihn demnächst in den Handel bringen will.

sern die Nummer 20 der größten Farbintensität entspricht, ließ ich mir, nach der Art der Zusammenstellung eines Gewichtssatzes, von jeder Farbe die Nummer 10, 5,  $2 \times 2$ , 1, 0,5,  $2 \times 0,2$ , 0,1 kommen und habe gefunden, daß nicht viel von dem gehalten wird, was im Prospekt versprochen wird.

Erstens geben die drei gleichwertigen Farben kein neutrales Grau in Summa. Wenn man z. B. 10 Blau + 10 Rot + 10 Gelb übereinanderlegt und eine weiße Fläche betrachtet, so sieht man bei Tageslicht, Nernstlicht, Gasglühlicht, elektrischem Glühlicht ein stark rötliches Grau, das durchaus nicht als „neutral“ bezeichnet werden kann.

Neutrale Graus, die dem Ton eines stark und gleichmäßig bedeckten Regenhimmels entsprachen, erhielt ich durch:

$$\begin{array}{r} 10 \text{ Blau} + 10 \text{ Rot} + 10 \text{ Gelb mit } 2 \text{ Blau} \\ 5 \text{ " } + 5 \text{ " } + 5 \text{ " } \quad 1 \text{ " } \\ 2 \text{ " } + 2 \text{ " } + 2 \text{ " } \quad 0,7 \text{ " } \\ 1 \text{ " } + 1 \text{ " } + 1 \text{ " } \quad 0,5 \text{ " } \end{array}$$

Auch die Summen stimmen nicht genau; wenn man z. B. 5 + 2 + 2 + 1 Blau gegen 10 Blau betrachtet, so ist die Kombination der 4 Gläser dunkler (etwa 10,0 + 0,9 Blau entsprechend) und auch nicht so klar, weil das Glas selbst nicht ganz farblos ist. Bei Rot brauchte ich für gleiche Farbstärke

$$5 + 2 + 2 + 1 : 10 + 0,5 + 0,2 + 0,1 \\ \text{also } 10 : 10,8 .$$

10 Gelb läßt sich überhaupt nicht durch übereinandergelegte Gläser kombinieren, weil der Ton viel zu stumpf wird, sobald man mehr als zwei Gläser nimmt.

Man müßte also mindestens eine Korrektur dadurch einschalten, daß man immer eine gleiche Anzahl ungefärbter Gläser derselben Art einschaltet. Dadurch wird es aber unmöglich, klare Nuancen zu erhalten.

Ferner sind die Farben nichts weniger als spektralrein, sondern lassen selbst beim Farbwert 20 noch große Anteile anderer Farben durch.

Dies führt zu dem Schluß, daß das Lovibondsche Tintometer für manche technische Bestimmungen unter Benutzung der mit den Gläsern verbundenen Nomenklatur wohl praktischen Wert haben kann, mehr aber ist kaum zu erwarten.

### 8. Baumanns Farbentonkarte.

Mit bewundernswertem Eifer und Geschick und mit viel Geduld und Arbeit hat Paul Baumann in Aue eine von ihm zuerst nur für den praktischen Gebrauch der Tüncher und Zimmermaler bestimmte, von Mischrezepten begleitete Zusammenstellung von aufgestrichenen Wasserfarbtönen (Deckfarben) zu einem gut abgerundeten System ausgebildet. Die neue „Farbentonkarte System Prase“ ist, durch Gebrauchsmuster geschützt, im Verlag von P. Baumann, Aue i. S., 1912, erschienen, und ihr gebührt m. E. größte Beachtung unter allen Bestrebungen, die bisher zur Lösung der Frage einer allgemein brauchbaren und allgemein verständlichen Farbentonbenennung und -bezeichnung gemacht worden sind.

Baumann geht rein induktiv vor, er hat zuerst nur praktische Fälle im Auge, und so hängt seinem „Farbenkreis“, der das erste Blatt seiner Karte bildet, ein gewisser Zwang an, ein gewisses „reim dich oder ich freß dich“, was zu manchen etwas zu schroffen Übergängen führt, z. B. vom Orange ins Gelb, vom Blau ins Violett aber für ihn ist der praktische Gebrauch die Hauptsache. Die Unebenheiten kommen daher, daß er in erster Linie lichte Farbstoffe verwendet und die — meist klareren — lichtunechten nur, wenn er sich gar nicht anders helfen kann.

Interessant ist ein Vergleich eines Farbenkreises, den er der Musterkarte beilegt, und der lithographisch gedruckt ist, mit einem aus Streichfarben hergestellten, den er mir auf besondere Bitte geschickt hat. Der Lithograph hat seine Abtönungen sehr gut gemacht, aber es fehlt durchaus das Leben, die Eindringlichkeit der Streichfarben, die Druckfarben sind in dieser Beziehung ebenso unbefriedigend wie die Raddesche Skala und das Corlexikon.

Das Nomenklaturprinzip Baumanns ist folgendes:

Gelb = C, Orange = O, Rot = R, Purpur = P, Violett = V, Blau = B, Grün = G, außerdem Weiß = W, Schwarz = X.

Die 14 Grade von Weiß bis Schwarz werden mit W — 1 x — 13 x — X benannt, die Abstufungen der Hauptfarben nach ihren Nachbarn werden durch kleine Buchstaben ausgedrückt, die, wenn nötig, gehäuft werden, also z. B. Cg (Gelb nach Grün), Cgg (Gelb nach zweimal Grün). Vor der Farbbenenntung kommt bei den Mischfarben die Angabe des Weiß- oder Schwarzanteils — es entsteht eine recht kniffliche Nomenklatur, die aber mit großer Sicherheit durchgeführt ist und dem, der sich in sie einzuarbeiten versucht, recht vor Augen führt, wie schwer es ist, sich im Labyrinth der Farben zurechtzufinden.

Immerhin möchte ich die eminent praktische und offene Art betonen, mit der Baumann seine Farbentonkarte herausgibt. Er nennt die vier Firmen, die ihm die Farbstoffe liefern, er nennt die Farbstoffe, die er verwendet, und deren Mischungsverhältnisse.

Ich habe mich durch Proben überzeugt, daß man mit Baumanns Karte überraschend leicht Abmusterungen von Farbtönen vornehmen kann. In meiner Wohnung herumgehend, habe ich innerhalb 10 Minuten 20 Farbtöne auf Tapeten, Stoffen, Möbeln, Bildern spielend leicht gefunden, so daß, wenn Baumanns Karte eingeführt wäre, die Bezeichnungen für praktische Bedürfnisse genügen dürften, freilich nur unter Ausschluß eingangs genannter Hindernisse.

Der große praktische Vorteil, den die Baumannsche Karte gegenüber den für (feststehende Objekte ganz unbrauchbaren) Leporellokarten und den (für raschen Gebrauch umständlichen) Blätterkollektionen durch ihre gebrauchsmustergeschützten Schlitztafeln bietet, ist als ein großer Fortschritt hervorzuheben.

Erwähnt sei noch, daß Baumann auch eine handliche Tabelle herausgegeben hat, mittels der man Farbkombinationen durch die Phasen des Regenbogens verfolgen kann. Die heutige Technik in der Tapetenfabrikation, der Buntweberei, der Graphik, der Malerei verlangt, daß ein „Thema“ nicht nur in einer, sondern in möglichst vielen Farbenharmonien bei gleicher Zeichnung bemustert werden kann. Ein gutes „Thema“ ist verhältnismäßig teuer, also muß man es möglichst vielseitig verwerten können.

#### 9. Die Rosenstiehlschen und Dosneschen Scheibenapparate.

Diese Apparate sind in Kap. 4 und 15 des Rosenstiehlschen Buches (S. 11) genau beschrieben. Sie beruhen auf der Anwendung von rasch drehbaren Scheiben, um beliebige Mischungen von Farbenempfindungen erzeugen zu können. Das Prinzip ist alt, wie der „Farbenkreisel“. Bei etwa 20 Drehungen der Scheibe in der Sekunde hört die Möglichkeit auf, die verschieden gefärbten Sektoren der Scheibe zu unterscheiden. Die Apparate von Dosne und Rosenstiehl sind etwas verschieden gebaut. Dosne betreibt den seinen elektrisch, Rosenstiehl mit der Hand; beide aber werden es möglich machen, ziemlich genaue Analysen von im reflektierten Licht gesehenen Farben vorzunehmen, ihre Anteile an Weiß bzw. Schwarz zu bestimmen und ihre Komplementärfarben zu finden.

Diese Apparate müssen also als wertvoll bezeichnet werden und werden voraussichtlich noch größere Bedeutung erlangen, wenn es möglich wird, mit einheitlichen Lichtquellen und unter Zugrundelegung einer Anzahl von Typfarben zu arbeiten, die in ähnlicher Weise festgelegt werden müßten, wie Weiß und Schwarz jetzt schon von Rosenstiehl als „Blanc-fixe-Weiß“ und „Sammetschwarz“ festgelegt sind.

Im nachfolgenden sind einige Versuche und Beobachtungen mit einem ähnlichen Apparat beschrieben.

#### D. Weitere Beobachtungen und Versuche.

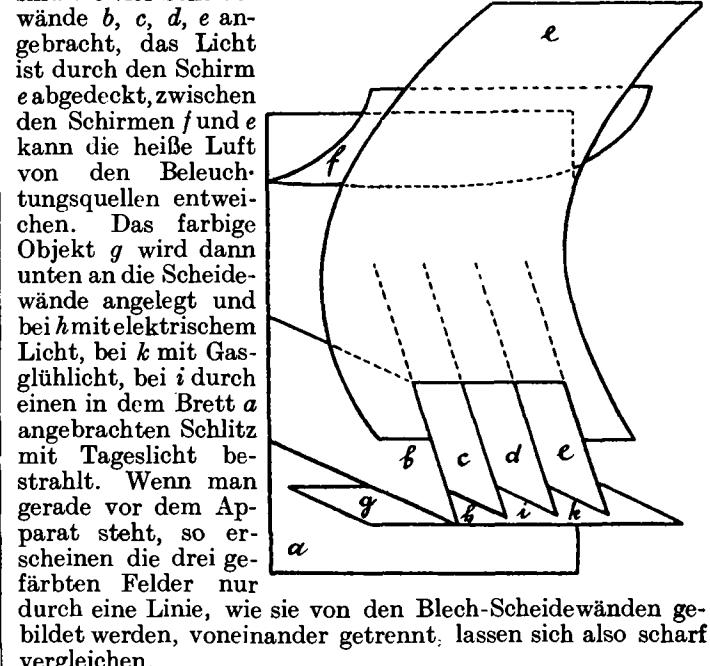
##### 1. Versuche mit verschiedenen Lichtquellen.

Bei Gelegenheit der Prüfung einer großen Anzahl von Malerfarben auf ihre Lichtechtheit (Angew. Chem. 25, 2193 [1912]; 26, 74 [1913]) habe ich diese auch auf ihre Ver-

schiedenheit des Farbtons unter Beleuchtung durch verschiedene Quellen untersucht. Diese Beobachtungen habe ich bisher nicht veröffentlicht, weil der Hinweis der Produzenten und Konsumenten auf die wichtigsten Qualitäten der Farben und Färbungen (Licht-, Wetter-, Waschechtheit) durch Hervorhebung neuer Schwierigkeiten an Kraft verloren hätte.

Bei unseren heutigen Beleuchtungsverhältnissen kommen neben Tageslicht in erster Linie Gasglühlampen und elektrisches Glühlicht in Betracht; um rasch größere Serien von Objekten prüfen zu können, habe ich einen einfachen Apparat konstruiert, bei dem die drei Lichtquellen, durch geschwärzte Wände getrennt, in einer Dunkelkammer auf das Objekt strömten, während das Auge vor ihrer Lichtwirkung möglichst geschützt war.

Der Apparat besteht aus einem Brett *a*, das in das Fenster der Dunkelkammer eingepaßt ist. Auf dem Brett sind die vier Scheide-



wände *b*, *c*, *d*, *e* angebracht, das Licht ist durch den Schirm *e* abgedeckt, zwischen den Schirmen *f* und *e* kann die heiße Luft von den Beleuchtungsquellen entweichen. Das farbige Objekt *g* wird dann unten an die Scheidewände angelegt und bei *h* mit elektrischem Licht, bei *k* mit Gasglühlicht, bei *i* durch einen in dem Brett *a* angebrachten Schlitz mit Tageslicht bestrahlt. Wenn man gerade vor dem Apparat steht, so erscheinen die drei gefärbten Felder nur durch eine Linie, wie sie von den Blech-Scheidewänden gebildet werden, voneinander getrennt, lassen sich also scharf vergleichen.

Mit diesem Apparat habe ich 350 Farbtöne untersucht, Aufstriche von Pigmenten auf Papier als Wasserfarben und auf Holz als Ölfarben. Am auffallendsten waren die auf S. 32 wiedergegebenen Unterschiede.

Im Vergleich zum Tageslicht hat das Gasglühlicht mehr grünlichgelbe bis gelbe, das elektrische Glühlicht mehr gelbe bis orange Anteile, woraus sich beim letzteren das Feurigerwerden der gelben und roten, das Stumpferwerden der grünen und blauen Töne erklärt. Am meisten fallen die dem neutralen Grau sich nähernden Töne auseinander.

Bedeutend geringer sind die Unterschiede zwischen Tageslicht und Nernstlicht. Ein weißes Papier erscheint allerdings viel gelber bei Nernst- als bei Tageslicht, aber in den Farben gelb, orange und rot, auch noch im Grün sind die Unterschiede nicht groß, erst im Blau und Violett werden sie sehr deutlich.

Immerhin war also das Nernstlicht noch die tageslichtähnlichste Lichtquelle, die mir zur Verfügung stand, und deshalb habe ich es bei meinen im folgenden beschriebenen Versuchen benutzt. Zwischenschaltung eines mit Kupfersilikat schwach blau gefärbten Glases, wie es für die „Tageslichtbogenlampen“ in Gebrauch ist, ergab ein Licht, das viel blauer ist, als das zerstreute Tageslicht.

Eine besonders krass illustrierte Illustration des Einflusses der Lichtquellen bietet eine Musterkarte von Wollfärbungen, die ich den Farbenfabriken vorm. F. Bayer & Co. in Leverkusen verdanke. Auf ihr sind vier Töne dargestellt, ein Violett, Hellbraun, Grün und Grau in je zwei Färbungen, die bei Tageslicht identisch erscheinen, aber mit je verschiedenen Farbstoffen gefärbt sind. Bei künstlichem Licht (auch bei Nernstlicht) fallen diese Paare vollständig auseinander: von den Violetts wird das eine rotviolett, das andere ein fast neutrales Grau, das eine Braun wird röt-

## Wasserfarben:

	Tag	elektr.	Gas
Rotlack 10	bordeauxrot	feuriger	stumpf
Pigmentrot B 5%ig mit Blanc fixe	blaßrosa	gelblichrosa	gelblichrosa
Hansarot G, rein, 5%ig	bläulichrot	gelbrot	gelbrot
" mit Blanc fixe	bläulichrot rosa	salmrosa	blaß gelblichrosa
Hansagelb G, rein, 5%ig	hochgelb	orange	feuriggelb
Hansagelb 5 G 5%ig mit Blanc fixe	weißlichgelb	mattorange	grünlichgelb
Helioechtgelb, 6 GL	grünlichgelb	gelborange	reingelb
Hansagrün G, 3%ig + Blanc fixe	blaugrün	reingrün	blaugrün
Helioechtgelb RL (99%), Algolblau 3 R 1%	helloliv	rötter	gelber
Helioechtgelb blau BL	dunkelblau	stumpfer	grüner, klarer
Säurealizarinblau 2 B 12%ig mit Blanc fixe	rötlich blaugrau	violettblau	blaugrau
Indanthrenviolett RR extra	grauviolett	rötter	= Tag
Helindonyviolett R, 5%ig + Blanc fixe	blauviolett	rotviolett	rötlichviolett
Orthocyanin 6 G	blaugrau	violettblau	grünlichgrau

## Ölfarben:

	Tag	elektr.	Gas
Algolrot 5 G	rot	fast gleich	fast gleich
" + Bleiweiß	hellrot	feuriger	feuriger
Tuscalinorange GN : Tg.	rotorange	rot	rotorange
Helioechtgelb RL, Algolblau 3 R.	gelbbraun	rotbraun	orangebraun
Tuscalinorange GL	hochgelb	rötlich orange	gelblichorange
" 6 GL	grünlichgelb	orange	hochgelb
Naphthgrün B Tonderlack	blaualichgrün	gelbgrün (stumpf)	gelbgrün (klar)
Galloviolett D, Tonderlack	dunkelblau	schwarz	schwarz
" + Bleiweiß	blaublaul	rötlich stumpf	grau stumpf
Helioechtviolett	blauviolett	rotviolett	matt grauviolett

ich, das andere grünlich, das eine Grün wird grau, das andere intensiv grün, das eine Grau wird rötlich, das andere grünlich. Kein Wunder also, wenn manche Coloristen sagen, nicht nur müsse die Abmusterung bei gleichem Licht geschehen, sondern die Nachfärbung müsse auch mit den gleichen Farbstoffen gemacht werden, wenn sie ganz genau und zuverlässig sein soll.

## 2. Beobachtungen bei Betrachtung von Farbenskalen und -kreisen.

Es ist bekannt, daß eine der vielen optischen Täuschungen, denen unsere Farbenempfindung ausgesetzt ist, darin besteht, daß beim Anblick zweier verschieden gefärbter Flächen, die sich berühren, die Farbempfindung nach der Berührungsline zu in ihrem Kontrast gesteigert wird (multianer Kontrast). Hierüber möchte ich einige Beobachtungen beschreiben, die zu einer Nutzanwendung führen.

1. Beim Vergleichen von zweierlei Grau spielt sich die Kontrastwirkung in der Weise ab, daß das hellere Grau nach der Berührungsline zu noch heller, das dunklere noch dunkler wird, die Gegensätze werden also verschärft.

2. Nimmt man zwei gegensätzliche Farben, also z. B. ein klares volles Gelbgrün und ein ebenfalls klares bläuliches Rot, so werden die Gegensätze durch größere Brillanz dem Auge erkennbar, eine Leuchtwirkung, die dem Auge geradezu wehtun kann.

3. Nimmt man aber Farbtöne, die einander nahestehen, so spielt sich der Gegensatz als Farbwirkung aus, z. B. wenn ein gelbliches und ein rötliches Orange sich berühren, erscheint an der Grenze das gelbliche noch gelber, das rötliche noch röter.

4. Betrachten wir endlich einen Farbenkreis, so können wir die Täuschung an jedem Sektor beobachten, also gewissermaßen eine und dieselbe Täuschung in lauter verschiedenen Farben vielfach nebeneinander erleben. Voraussetzung ist, daß die Farben auch wirklich nahe genug verwandt sind, und daher ist die Nutzanwendung, die ich aus diesem Fehler, den das Auge macht, ziehen möchte, die folgende:

Ein Farbenkreis ist nur dann harmonisch und koloristisch richtig, wenn von jedem Sektor zum nächsten eine Farbenkontrastwirkung eintritt, wenn man einige Sekunden darauf blickt.

Bedingung ist, daß die Ränder sich ohne Zwischenraum berühren. Wenn ich z. B. die beiden Farbenkreise beobachte, die mir von Baumann (s. oben) vorliegen, so finde ich, daß der mit Ölfarben gedruckte, mit Ausnahme

des Übergangs von Blauviolett über Blau nach Blaugrün (wo die Sprünge zu groß sind) korrekt ist. Ähnlich der mit Wasserfarben hergestellte Kreis, bei dem das Phänomen sehr stark ist, wenn die Übergänge gut getroffen sind (so durchweg im Orangegelb bis Blaugrün und im Violettblau bis Orangerötlich, während im Orange und im Blau das Phänomen entweder schwach wird oder ganz ausbleibt).

Es scheint demnach nicht ausgeschlossen, daß man dieses Phänomen als führende Hand durch den ganzen Farbenkreis benutzen und so einen durchweg harmonischen Kreis herstellen könnte. Dabei müßte dann berücksichtigt werden, daß auch die Quantität der Täuschung bzw. des Phänomens durchweg möglichst gleich sein muß. (Vgl. hierzu Nachträge, 2.)

## 3. Versuche über spektraleinheitliche Farben.

Wie ich schon oben (Fußnote 1) erwähnte: hätten wir noch einige kräftige Quellen homogenen Lichtes, wie das Natriumlicht, die etwa im Rot, Grün, Blau und Violett verteilt wären, so wären wir mit den Farbenstudien gewiß schon viel weiter.

Im Jahre 1906 habe ich auf Wunsch des verstorbenen Physiologen Th. W. Engelmann Versuche gemacht, ein Blaufilter herzustellen, das möglichst nur blaue und blaugrüne Farben durchläßt. Zuerst schienen meine Versuche nicht zum Ziel führen zu sollen, denn obwohl ich Gelb, Orange und Violett leicht auslöschen konnte, gelang es mir doch nicht, das Rot ganz auszulöschen, immer blieb im äußersten Rot ein Teil sichtbar. Endlich fand ich, daß das Berlinerblau geeignet ist, dieses Rot vollends auszulöschen. So erhielt ich durch Kombination einer Färbung von Türkisblau G (Bayer) und von Berlinerblau auf Gelatineplatten ein Filter, das in einem Engelmannschen Mikrospektralphotometer nur Strahlen von 0,45–0,52 durchließ, wenn die Spaltöffnung 40 (also 0,4 mm) betrug, und der Apparat ohne Objektiv gebraucht und durch eine Nernstlampe von etwa 45 Kerzenstärken beleuchtet wurde. Die Skala war mit Natriumlicht auf 0,588 eingestellt, und die Beobachtungen wurden an einem Apparat gemacht, der noch die älteren Glasprismen enthält und in der Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie 1888 beschrieben ist. (Der neuere Apparat mit Gitterspektrum ist in den Sitzungsberichten der Berl. Akad. der Wiss. phys.-math. Klasse 1902, 32 u. 706 beschrieben.)

Das Licht wurde durch den Spiegel eines Leitzschen Mikroskops auf die Spalte geworfen, die Entfernung des Lichtes vom Spiegel betrug etwa 16 cm, die des Spiegels von der Spalte 30 cm. Man erhält so ein sehr starkes,

leuchtendes Spektrum, das von	Diff.
0,40—0,44 Violett . . . . .	0,04
0,44—0,49 Blau . . . . .	0,05
0,49—0,55 Grün . . . . .	0,06
0,55—0,58 Gelb . . . . .	0,03
0,58—0,60 Orange . . . . .	0,02
0,60—0,72 Rot . . . . .	0,12

erstrahlt.

Zur Herstellung des Filters wurden gewöhnliche unexponierte Agfa - 9 × 12-Trockenplatten in der Dunkelkammer mit Fixiernatronlösung behandelt, bis sie ganz durchsichtig waren, dann gut ausgewaschen und getrocknet. Man erhält ein vollständig farbloses Glas und kann nur durch Anhauchen bemerken, auf welcher Seite die Gelatine liegt, da die Glasseite den Hauch annimmt, die Gelatineseite nicht.

Eine solche Platte wurde behandelt: 1. 15 Minuten bei etwa 16° in einer Lösung von 1 g käuflichem Eisenchlorid mit 5 ccm 10%iger Salzsäure in 100 ccm Wasser. 2. Dann, ohne zu spülen,  $\frac{1}{2}$  Stunde in eine Lösung von 5 g Ferrocyanikalium in 100 ccm Wasser eingelegt, abgespült und getrocknet.

Eine andere Platte wurde bei gewöhnlicher Temperatur in 100 ccm einer Lösung eingelegt, die 1 g Türkisblau G (Bayer) und etwas Essigsäure im Liter enthält, nach  $\frac{1}{2}$  Stunde herausgenommen, die Ränder mit Fließpapier abgesaugt und dann die Platte wagerecht liegend, Schicht nach oben, staubfrei getrocknet.

Die Lektüre des E. König'schen Buches über die Farbenphotographie (3. Auf., Berlin 1912) hat mich inzwischen überzeugt, daß das Gelatinegießverfahren schneller, exakter und zuverlässiger ist, als das Färbeverfahren. In der Tat ist es hiernach außerordentlich einfach, auf beliebigen Glasplatten durch Gelatineguß allerhand Färbungen zu erzeugen, die man jederzeit wiederholen und auch innerhalb sehr weiter Grenzen variieren kann. So erhielt ich eine sehr schöne Blauplatte durch Aufgießen einer Mischung von 5 ccm einer Lösung 1 : 1000 von Türkisblau G (Bayer) mit 10 ccm 6%iger Lösung von „Spezialgelatine für Lichtfilter“ (Höchst) auf eine 9 × 12-Platte.

Diese gibt, mit einer Berlinerblauplatte kombiniert, ohne weiteres ein gutes Blaugrünfilter.

Ferner erhielt ich ein gutes Rotfilter durch Mischung einer alkoholischen kalt gesättigten Lösung von Acridinscharlach 3 R (Farbwerk Mühlheim) mit obiger Gelatinelösung. Das Filter erscheint allerdings trüb, wird durch Einreiben mit Vaseline etwas durchsichtiger und läßt dann nur Strahlen von 0,600—0,700 durch.

Jetzt war ich also so weit, daß ich die Partien 0,45—0,52 und 0,600—0,700 isolieren konnte. Die größten Schwierigkeiten zeigten sich, als ich an die Auffindung des Gelbfilters ging, und es dürfte angebracht sein, diese genauer zu beschreiben.

Die Farben von 0,52—0,60 gehen sehr rasch ineinander über: Grüngelb, Gelbgrün, Gelb, Orangegelb, Orange, Rotorange. Man hat also eine größere Anzahl verschieden auf das Auge wirkender Farbtöne auf kleinem Spektralraum als beim Blau oder beim Rot.

Eine mit einem unserer schönsten gelben Farbstoffen, dem Tartrazin, sehr intensiv gefärbte Platte läßt die Strahlen von 0,50—0,71 durch, obwohl sie dem Auge als ein intensives, reines Gelb erscheint. Selbst wenn man acht solche Platten aufeinanderlegt (für das Auge hat man dann ein trübes Hellbraun) sind noch alle Strahlen von 0,52—0,69 da. Ebenso unbefriedigend wirkt z. B. das gelbbraune Glas einer Dunkelkammerlampe. Ein „Gelbfilter für Chromosolierplatten und Planfilms“ der A.-G. für Anilinfabrikation, auch in vierfacher Schicht, war nicht besser. Starke Lösungen von gelben Farbstoffen, wie Thioflavin T (Cassella), zeigten dieselbe Erscheinung: wurden die Schichten zu dick, so wurden die Farben wohl schwächer, aber ausgelöscht wurden sie nicht. Eine intensiv gelb gefärbte Gelatinefolie (Gelatinefabriken Offenbach a. M.) ließ selbst in 36 facher Schicht (wo man, durchblickend, ein Braun sieht und keine Gegenstände mehr unterscheiden kann) noch alle Strahlen von 0,52 an durch. Auch die Verminderung der Lichtstärke durch Verengerung des Spalts änderten

nichts an diesen Resultaten. Selbst die Zwischenschaltung trüber Medien (Ölpapier, Milchglas, Seifenlösung), die eine überraschend starke Verminderung des Lichtes hervorrufen, war ohne die von mir gewünschte Wirkung.

Dies führt zu den Schlüssen: 1. Daß die gebräuchlichen Gels im Dreifarbandruck und in der Photographie alle „falsch“ sind, d. h. den Namen GelbfILTER nur verdienen, weil sie gelb aussehen, nicht weil sie nur Gelb durchlassen.

2. Daß mit den heute vorhandenen Mitteln kein System der Lichtfiltration genau arbeiten kann, das die Komponente Gelb enthält.

3. Daß das Gelb und die ihm nach Rot und Grün hin benachbarten Farben eine Sonderstellung einnehmen.

Mit der so gewonnenen Erkenntnis von der

#### S o n d e r s t e l l u n g d e s G e l b s ,

die sich mir ganz unerwarteterweise im Verlauf dieser Untersuchungen ergab, habe ich versucht, aus der Literatur herauszufinden, ob und wie weit diese Sonderstellung bekannt sei.

Das erste, was mir in die Hände fiel, war eine Stelle in Karl Vierordts „Anwendung des Spektralapparats zur Messung und Vergleichung der Stärke des farbigen Lichtes“ (Tübingen 1871, S. 45), eine Anführung Newtons: „observandum est, colorum prismate exhibitorum clarissimos esse et fulgentissimos flavum et aureum“. Das heißt kurz: von den Spektralfarben sind Gelb und Gold die klarsten und glänzendsten“. Dies wurde im Jahre 1740 ausgesprochen.

Im gleichen Werk S. 53 steht:

„Demnach steigt die Lichtstärke von A<sup>7</sup>) an, anfangs langsam, später zunehmend rascher, um bei D (Natriumlicht) das Maximum zu erreichen und sodann, wiederum anfangs rasch, später zunehmend langsamer zu fallen.“

Diese Lichtstärkenverhältnisse hat Vierordt rechnerisch untersucht und seine Resultate graphisch festgelegt.

In Wilhelm v. Bezold's „Farbenlehre“ (Braunschweig 1874) findet sich auf S. 45 unter anderen die Abbildung eines Spektrums des Cadmiumgelbs, einer der schönsten und reinsten Farben, die wir kennen. Die Aufnahme verzeichnet fast volle Lichtstärke in Rot, Orange, Gelb und Grün.

Interessant vom ästhetisch-künstlerischen Standpunkt sind die Ausführungen auf S. 160—161 des gleichen Werkes, die sich besonders auf das Gelb beziehen, und warum es „als Grundfarbe gestrichen und das Grün dafür eingesetzt ist“.

H. W. Vogel sagt in seiner „Praktischen Spektralanalyse irdischer Stoffe“ (Nördlingen 1877) S. 205: „Gelbe Gläser verschlucken das Blau und lassen nur etwas Grün, ferner Gelb und Rot durch.“ Damit soll selbstverständlich gesagt sein, daß auch das Orange durchgelassen wird, diese Bemerkung kommt daher auf das Gleiche hinaus, wie die oben erwähnte Abbildung in dem Buch v. Bezold's.

In seinem Hauptwerk: „Das Licht im Dienste der Photographie“, sagt H. W. Vogel (II. Teil, Berlin 1894, S. 207) bei Gelegenheit der gelben Strahlenfilter: „Vf. fand als besten Farbstoff Aurantia<sup>8)</sup> der in Kollodium gelöst und auf Glas getragen eine Schicht liefert, die sogar die besten (gelben, über die er vorher absprechend urteilt, d. V.) Gläser in Wirkung erheblich übertrifft, indem sie das Grün, Gelb und Rot viel besser durchläßt, als diese. Es ist für Unkundige in hohem Grade überraschend, daß die farbigen Gläser selbst das ihrer Farbe entsprechende Licht nur in sehr geschwächtem Grade hindurchlassen.“ In diesem Fall handelt es sich darum, die blauen und violetten Strahlen, für die die photographische Platte besonders empfindlich ist, auszuschalten, denn Rot, Grün und Orange sind dem Photographen willkommen, aber schwer zugänglich.

In den Werken von Eder (Ausführliches Handbuch der Photographie) und von Eder und Valentia (Beiträge zur Photochemie 1904) habe ich keine besondere Hervorhebung der Sonderstellung des Gelb gefunden, wohl

<sup>7)</sup> Die Buchstaben bedeuten Fraunhofersche Linien.

<sup>8)</sup> Aurantia (Kaisergelb) ist ein Hexanitrodiphenylaminsalz.

aber in der interessanten Arbeit N a g e l s: „Über flüssige Strahlenfilter“ (Biologisches Zentralblatt 18, 649 [1898]). Es heißt da bei Orange: „Eine Flüssigkeit einheitlicher Art, welche nur Orange durchläßt, ist nicht bekannt.“ Durch Kombination von Safraninlösung mit Kupferacetatlösung kann man mittels 1 cm dicker Schicht alles außer 690—600 auslöschen. „Gelb ist deshalb ganz besonders schwierig, weil es von allen Farben weitaus den kleinsten Bezirk im Spektrum einnimmt und sogleich in Orange und Gelbgrün übergeht.“

„Es ist bis jetzt unmöglich, eine Kombination zu finden, die das Gelb annähernd rein und doch in seiner Intensität wenig abgeschwächt gibt. Will man dagegen einen schmalen orangefebenen und ebensolchen grüngelben Saum mitnehmen, also etwa die Region 620—570  $\mu\mu$ , so ist ein derartiges Strahlenfilter herzustellen, indem man durch gesättigte saure Kupferacetatlösung das Rot und Rotorange löscht, alsdann durch Einträufeln gesättigter wässriger (mit Essigsäure versetzter) Lösung von Orange G (von D. G r ü b l e r) die ganze stärker brechbare Seite bis auf einen Rest des Gelbgrüns. Die Lösung ist braun und nicht lange haltbar.“ Ich habe vorstehendes Zitat etwas gekürzt, ohne es im wesentlichen zu ändern. Über die Verminderung der Intensität sagt N a g e l nichts, sie muß aber erheblich sein, wenn die Lösung „braun“ ist, und jedenfalls ist zugegeben, daß auch mit all diesen gewiß sehr geschickten Kombinationen kein reines Gelb erzielt werden kann.

So müssen wir das Gelb als einen Kulminationspunkt gewissermaßen als die „Wasserscheide“ der Spektralfarben betrachten, von der aus letztere einerseits nach Orange und Rot in immer langsamer werdendem, nach Grün, Blau und Violett in immer schneller werdendem Strom abfließen.

Diese Sonderstellung des Gelbs dürfte der Hauptgrund dafür sein, daß wir es bis jetzt noch zu keiner allseitig befriedigenden Farbentheorie gebracht haben.

Es wird daher auch nicht möglich sein, einer relativ so einfachen Formel für quantitative Farbenbestimmungen zu folgen, wie R o s e n s t i e h l sie aufstellt.

Zum Beweis, daß dies nicht möglich ist, führe ich zwei Beispiele an, die Farbenphotographie mit Lumièreplatten und den Dreifarbindruck.

1. Die Lumièreplatten. Wenn man eine nicht expanierte Lumièreplatte „fixiert“ und dann mit dem Mikroskop betrachtet, so findet man, daß die Körnung aus einem Gemisch von röthlichorangen, gelblichgrünen und bläulich-violetten Körnern besteht. Das Gelb ist hier also vermieden, und dadurch erklärt sich manche Verschiedenheit zwischen den Farben der Natur und der Aufnahmen; so z. B. die mangelhafte Helligkeit des Weiß, der zu blaue Schnee und das zu stumpfe Blattgrün.

2. Der Dreifarbindruck muß sich empirisch durch die ihm gestellten, sehr verschiedenen Aufgaben durchtasten. Seine Grundfarben sind Chromgelb, Alizarinlack und Berlinerblau, er sucht nach lichtechten Lasurfarben, hat sie aber bis jetzt nicht gefunden, noch weniger sind die obengenannten Stoffe „Idealfarben“ im Sinne Rosenstiehls. Nun wird, um möglichst allen Ansprüchen gerecht werden zu können, mit Lasurfarben nuanciert und probiert, und so kommt es, daß eine unserer größten Druckfarbenfabriken nicht weniger als 10 verschiedene Triaden von Normalgelb, -blau und -rot in einem Musterkatalog vorführt: Ein und dasselbe Bild kann also in 10 verschiedenen Arten ausgeführt werden, und der Drucker muß herausfinden, welche Triade für den gerade vorliegenden Fall die richtigste ist. Man bekommt aus diesem Beispiel einen Einblick in die enorme Emsigkeit der heutigen Industrie, sieht aber auch die Schranken und Hindernisse, mit denen sie zu kämpfen hat.

#### 4. Über höchste Farbintensität.

Etwas Positives über die Fragen höchster Farbintensität finde ich in R o s e n s t i e h l s Traité de la Couleur, S. 75, und zwar zitiert er H e l m h o l t z, um zu beweisen, daß das Auge befähigt ist, noch viel schönere und intensivere Farben zu sehen, als man sie mit Farbkörpern für sich hervorrufen kann. H e l m h o l t z hat (wie R o s e n-

s t i e h l ohne Literaturbeleg angibt), um die Blauempfindung in höchster Intensität zu erhalten, sein Auge für alle Farben außer Blau „blind“ gemacht, indem er mit gelber Brille eine hell beleuchtete weiße Fläche betrachtete und dann nach raschem Abnehmen der Brille eine blau gefärbte Fläche angeschaut. So erhielt er eine Blauempfindung, die so rein und stark war, daß sie mit keiner Körper- oder Lichtfarbe verglichen werden kann.

Ich habe diesen Versuch nachgemacht (mit Blau und Gelb, Grün und Rot) und die Wirkung bestätigt gefunden. Indes ist er für das Auge fast schmerhaft anstrengend. Während bei den vorgehenden Betrachtungen die von den Körperfarben ausgestrahlten Farben zugrunde lagen, finden wir, daß den Lichtfarben, deren Intensität man glauben sollte, ins Unendliche steigern zu können, dadurch Grenzen gesetzt sind (s. H e l m h o l t z, physiol. Optik, 3. Aufl., 2, 61 [1911]), daß sie sich bei gesteigerter Intensität verändern, indem sie sich dem Weiß oder Weißgelb nähern, und zwar geschieht dies beim Violett am leichtesten, beim Rot am schwersten.

Wir müssen also, diese Verhältnisse und Schwierigkeiten in Betracht ziehend, zugeben, daß R o s e n s t i e h l klug handelt, wenn er sich auf das von einem rein weißen Körper (Blanc fixe) reflektierte Weiß als Standard beschränkt und alle intensiveren Effekte außer Betracht läßt. Wie groß dieser Verzicht ist, ersieht man daraus, daß nach Messungen von V i e r o r d t weißes Papier nur  $\frac{1}{300}$  der auffallenden Helligkeit wiedergibt.

#### 5. Versuche mit der Drehscheibe.

Um meine Übersicht über die colorimetrischen Methoden zu vervollständigen, schien es mir notwendig, auch Erfahrungen mit der Drehscheibe zu sammeln. Ich wandte mich wegen des Bezugs an Prof. R o s e n s t i e h l, der mich in freundlichster Weise auf eine französische Firma hinwies. Von dieser erhielt ich aber erst nach längerem Zuwarten eine Auskunft, die mich nicht befriedigte<sup>9)</sup>. So machte ich mich daran, selbst eine Drehscheibe zu konstruieren, was unter sehr geschickter Hilfe und Ausführung von Seiten der Firma C. Erbe in Tübingen rasch gelang. Eine Handzentrifuge für Reagensgläser, wie sie für Blut-, Milch- usw. Untersuchungen gebräuchlich ist, wurde nach Abnahme des für die Gläser bestimmten Aufsatzes mit einer Metallscheibe von 11 cm Durchmesser versehen, deren äußerster Rand mit einer Teilung von 0—100 graviert wurde. (Es hat meines Erachtens keinen Zweck, in einem Fall, wo es sich lediglich um prozentuale Verhältnisse handelt, die Einteilung nach 360 Graden vorzunehmen, wie R o s e n s t i e h l und D o s n e e s tun.) Ferner wurde vorgesehen, daß die aufzulegenden Farbscheiben niedergehalten werden, indem ein Ring mit vier ausstrahlenden, federnden, dünnen, schwarzen Drähten auf diese gelegt wird.

Diese Zutat ist nur nötig, wenn es sich um dickere Schichten handelt, um Stoffe, die sich bei der Drehung aufwerfen könnten. Für gewöhnlich genügt ein Gummiring, um die Scheiben festzuhalten. Endlich hielt ich es für zweckmäßig, das Bild dadurch möglichst ruhig zu gestalten, daß über den Apparat noch ein schwarzer Schild geklappt wird, der nur die Drehscheibe durch einen Ausschnitt sichtbar läßt und die drehende Hand verdeckt.

Dazu kommen noch zwei Stanzen, mit denen die Farbscheiben ausgeschnitten werden. Die größere hat 9 cm, die kleinere 5,5 cm Durchmesser, beide stanzen in der Mitte der Scheibe ein rundes Loch von 1 cm Durchmesser. Durch die ausgeschnittenen Scheiben macht man einen zentralen Schnitt und kann sie dann beliebig übereinanderschieben und die Anteile an der Skala ablesen. Zum Verschieben nimmt man am besten eine Pinzette, dann werden die Scheiben möglichst wenig beschädigt.

<sup>9)</sup> Es wurde mir die Wahl gestellt zwischen einem Apparat mit Schnurantrieb für 35 Fr. und einem mit elektrischem Antrieb für 375 Fr. Einen Farbenkreisel mit Schnurantrieb und mit Scheiben kann man von der „Bibliotheca Paedagogica“ schon für 2,75 M erhalten.

Die Stanzen werden im Innern des Apparats in Samthülsen aufbewahrt<sup>10)</sup>.

Die Übertragung der Zentrifuge ist 12fach. Mit 200 Drehungen der Kurbel in der Minute, die man leicht ausführen kann, hat man also 2400 Drehungen der Scheibe, d. i. 40 in der Sekunde (nach Rosenthal genügen 20).

Die Schraubenmutter und der Ring, mit denen die Scheiben festgehalten werden, haben einen Durchmesser von 1,9 cm. Für das Auge bleiben dann zwei je 1,7 cm breite Farbringe übrig. Mit den Stanzen lassen sich die Farbscheiben auf einer festen und doch weichen Unterlage (ich fand den betonierte, mit Linoleum bekleideten Fußboden meines Laboratoriums, auf den ein Stück Pappe gelegt wurde, gut geeignet) mit einiger Übung leicht ausschlagen; man tut gut, einen kräftigen Hammer zu nehmen, besonders wenn es sich um das Ausstanzen von Stoffen handelt, die auf Papier aufgeklebt sind.

Den Vorschriften Rosenthal folgend, nahm ich schwarzen Seidensamt<sup>11)</sup>, der auf schwarzes Papier aufgeklebt wurde, für das Schwarz, und einen Aufstrich von Blanc fixe in Paste, mit farbloser Leimlösung gemischt, für das Weiß. Es wurde eine etwa 60%ige Paste mit so viel 10%iger Leimlösung verrührt, daß eben eine streichbare Farbe entsteht, diese auf holzfreies, auf ein Brett gespanntes Zeichenpapier gestrichen, mit einem „Vertreiber“pinsel ganz leicht und oberflächlich behandelt, bis keine Haarstriche mehr sichtbar waren, und dann bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet.

Auf gleiche Weise lassen sich auch alle farbigen Anstriche herstellen.

Eine prinzipielle Frage, die ich mir als wichtigste vorlegen mußte, nachdem ich mich mit dem Apparat etwas eingearbeitet hatte, war: sehen die rotierenden Objekte ebenso aus wie die in Ruhe befindlichen? Damit sind natürlich nur einheitliche Scheiben gemeint. Meine Beobachtungen gehen dahin, daß das Weiß und die klaren Farben unverändert bleiben, während das Samtschwarz um eine geringe Spur heller wird. Interessant ist, daß bei der Mischung von Weiß und Schwarz schon  $\frac{1}{2}$  Weiß das Schwarz deutlich aufhellt, während erst bei 5% Schwarz eine kaum merkliche Trübung des Weiß einsetzt. Ein mittleres Grau, wie Baumann es als Nr. 8 durch Mischen von 8 Teilen Elfenbeinschwarz mit 9 Teilen Zinkweiß darstellt, entspricht in der Tiefe ungefähr einer Mischung von 10% Weiß mit 90% Schwarz.

Die im folgenden beschriebenen Versuche mit Farben habe ich mit Baumannschen Farblättern gemacht, und zwar mit

Gelb (655,2C), Violett (1261,10V),  
Orange (416,5O), Blau grünlich (1101,8B g),  
Rot (279,8R), Grün bläulich (962,6G b),

die einander nach ihrer Stellung in Baumanns Farbkreis komplementär sein sollten. Nach meinen Versuchen auf der Drehscheibe sind sie es aber nicht, denn es tritt bei Orange und Blau ein Rosa, bei Rot und Grün ein Gelb in Erscheinung, die das bei der Rotation entstehende Grau weitab von der Neutralität lenken; bei Gelb und Violett herrscht das Gelb so vor, daß erst bei 18% Gelb und 82% Violett ein bräunliches Grau erzielt wird. Ein gutes, fast neutrales, nur schwach grünlich getöntes Grau erhielt ich aus 30% Gelb und 70% Blau.

Daß die Baumannschen Aufstriche keine Komplementärfarben im eigentlichen Sinn enthalten, war vorauszusehen.

Wie ich schon oben andeutete, ist Baumann auf die vorhandenen und gebräuchlichen Malerfarben angewiesen, es wäre also ein reiner Zufall, wenn seine im Farbkreis einander gegenüberstehenden Farben auch wirklich im optischen Sinn komplementär wären.

Weiter war zu untersuchen, wie scharf die Grenzen sind,

<sup>10)</sup> Der Apparat wird von C. Erbe in Tübingen hergestellt, er kostet ohne Farblätter ungefähr 85 M und steht unter Gebrauchsmusterschutz.

<sup>11)</sup> Wie ihn die Herrenschneider als beste Qualität führen, er kostet 27—28 M das Meter, und man muß beim Einkauf darauf achten, daß bei der Draufsicht im reflektierten Licht der Grund nicht durchscheint, und daß die Nuance rein schwarz und nicht bläulich ist.

bei denen man noch Mischungsunterschiede der Farben mit Weiß einerseits und mit Schwarz andererseits erkennen kann.

Die Versuche wurden so gemacht, daß sowohl die größere als die kleinere Scheibe mit einer Farbscheibe und einer schwarzen (bzw. einer weißen) Scheibe bestellt und dann im 1., 2. und 3. Viertel untersucht wurde, wie viele Prozente mehr oder weniger genommen werden mußten, damit man einen Unterschied erkennen kann.

Die Zahlen in der folgenden Tabelle bedeuten also Hundertstel des Kreisumfangs und besagen den Eintritt der merklichen Veränderung.

	Weiss verändert durch:	Mit Weiss:			Mit Schwarz:		
		Farbiger Anteil der Scheibe	Schwarz verändert durch:	Farbiger Anteil der Scheibe			
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
Orange . . .	4	3	3	2	$\frac{1}{2}$	3	3
Rot . . .	2	2	2	2	$\frac{1}{2}$	3	3
Violett . . .	10	2	2	2	$\frac{1}{2}$	2	10
Blau . . .	5	3	2	1	$\frac{1}{2}$	2	1
Grün . . .	5	5	3	2	$\frac{1}{2}$	1	2
Gelb . . .	2	2	2	2	$\frac{1}{2}$	2	2

Man sieht daraus, daß der Apparat recht genaue Messungen zuläßt, in den meisten Farbengebieten sind die Unterschiede innerhalb 2—3% gut bemerkbar. Nur im Violett sind die Unterschiede ziemlich undeutlich.

Das Verhalten der Farben gegeneinander geht aus folgender Zusammenstellung hervor, bei der die senkrechte Reihe die Hauptfarbe der Scheibe bezeichnet, die wagerechte die zugemischten Farben. Die Zahlen besagen die Prozente der letzteren, die zu einer merklichen Veränderung nötig waren.

	Orange	Rot	Violett	Blau	Grün	Gelb
Orange . . . .	—	8	8	2	4	2
Rot . . . . .	1	—	5	1	2	$\frac{1}{2}$
Violett . . . .	$\frac{1}{2}$	1	—	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Blau . . . .	1	2	7	—	3	1
Grün . . . .	1	2	5	1	—	1
Gelb . . . .	5	5	10	5	5	—

Man sieht hieraus, daß das Violett, seinem dunklen Charakter entsprechend, dem Schwarz an Empfindlichkeit für Beimischungen gleichsteht. Gelb und Orange sind ihrer Helligkeit wegen weniger empfindlich. Selbstverständlich ist mit der „merklichen Veränderung“ nur eine Nuancenveränderung im allgemeinsten Sinn gemeint, also sowohl die Änderung des Farbtöns (z. B. nach Orange hin, wenn Rot dem Gelb zugemischt wird) als auch Änderung der Klarheit und Feurigkeit der Nuance (die z. B. abnimmt, wenn dem Rot Grün zugemischt wird, weil dann Grau entsteht).

Das Gelb ist von den Coloristen wegen der Schwierigkeiten, die die Bestimmung seiner Farbstärke macht, gefürchtet. Meist hilft man sich so, daß, wenn zwei gelbe Farbstoffe auf ihre Stärke verglichen werden sollen, beiden Farbbädern gleiche Anteile eines möglichst klaren blauen Farbstoffs zugesetzt werden. Ich habe bei den eben beschriebenen Drehscheibeversuchen beim Gelb die Scheibe durch ein blaues Gelatineblatt betrachtet und gefunden, daß man dann in manchen Fällen die Unterschiede deutlicher sieht als mit bloßem Auge. Vielleicht ließe sich dieses Verfahren, etwa mit gefärbten Brillen, auch in der oft recht schwierigen Arbeit der Stärkebeurteilung von Färbungen nützlich verwenden.

Vom coloristischen Standpunkt erscheint mir die Empfindlichkeit des Schwarz für kleinste Farbbeimischungen besonders beachtenswert.

Vor Täuschungen durch simultanen Kontrast wird man sich hüten müssen. Zwar sind sie m. E. bei der Drehscheibe weniger stark vorhanden, als wenn man ruhige Flächen beobachtet, aber ausgeschlossen scheinen sie mir nicht zu sein.

Schließlich sei noch ein Versuch erwähnt, der vielleicht bei weiterem Verfolg noch interessante Resultate zeitigt.

Nimmt man eine Scheibe aus sogenannter Silbergelatinefolie, die wie ein Spiegel wirkt, so kann man Metallfarben erzeugen (z. B. mit 50% Schwarz ein Eisengrau, mit 50% Weiß ein schönes mattes Silberweiß), und wenn man Farben mit diesem Silberspiegel kombiniert, sehen sie bei der Rotation der Scheibe aus, wie wenn sie unter einer Glasplatte lägen oder mit einem Firnis überzogen wären.

#### Versuche, Töne der Baumannschen Farbentonkarte nachzuahmen.

Wie oben gesagt, habe ich es leicht gefunden, gegebene Vorlagen mit der Baumannschen Karte zu bestimmen.

Die nächste Frage war, ob und wieweit es möglich ist, die Baumannschen Töne in allerhand Techniken nachzuahmen, zu bemustern. Mit freundlicher Hilfe mehrerer Firmen ist es mir gelungen, ein ziemlich übersichtliches Bild von dieser Möglichkeit geben zu können.

Es wurden 10 möglichst verschiedene Töne von dunklem, mittlerem und hellem Charakter von mir ausgewählt:

1. Dunkelrotbraun	298 (11 R 3)
2. Gelbbraun	519 (7 CO—Oc 4)
3. Hochrot	304 (7 R—Ro)
4. Lachsrot	347 (2 Ro—Ov)
5. Hochgelb	525 (4 CO)
6. Gelbgrün	871 (6 Gcc 3)
7. Grau (grünlich)	98 c (5 Gc 6 $\frac{1}{2}$ )
8. Hellblau	1052 (1 Bgg)
9. Dunkelgraublau	1120 (11 Bg 3)
10. Lila	1268 (3 V—Vp)

Die Badische Anilin- und Soda-fabrik in Ludwigshafen a. Rh. und die Farbenfabriken vormals Friedr. Bayer & Co. in Leverkusen haben mir in freundlichster Weise die Bitte gewährt, diese Töne auf Baumwolle, Wolle und Seide nachfärbten zu lassen. Ich verdanke der einen Firma Färbungen auf Stoff, der andern solche auf Garn, und es ist mir eine angenehme Pflicht, diesen Firmen und zugleich deren Herren Coloristen, die sich dieser mühevollen Arbeit unterzogen haben, auch hier großen Dank und größte Bewunderung ihres farbtechnischen Geschickes auszusprechen, besonders deswegen, weil nicht nur das rein coloristische Treffen der Nuance, sondern auch die Lichtechtheit der Färbung berücksichtigt wurde, und weil sie mir die Rezepte, nach denen die Färbungen gemacht sind, anvertraut haben. Ferner habe ich zwei Mälerfirmen zu danken, die mit freundlichem Entgegenkommen und aus den ihnen sonst geläufigen Arbeiten herausgehend, sich der Mühe unterzogen haben, die 10 Töne nachzuahmen. Die Ölfarbenaufstriche stammen von der Firma Sachse und Rothmann in Stuttgart, die Wasserfarbenaufstriche von der Firma Carl Cronmüller in Tübingen.

Gern hätte ich noch die graphische Reproduktionstechnik, Baumwolldruckerei, die Tapetenfabrikation, Holzbeizerei, Lederfärberei, die Glas- und Tonindustrie u. a. m. mit in den Bereich der Untersuchung gezogen, aber das wäre nicht ohne viel Zeitverlust und Kosten möglich gewesen, auch sind Malerei und Textilfärberei die für meine Untersuchung wichtigsten Industrien, weil bei ihnen die Beimusterung von Farbtönen am häufigsten im Vordergrund steht.

So erhielt ich im ganzen 79 Nachahmungen, die ich geprüft und nach folgender Einteilung geordnet habe:

1. Der Ton ist ganz verschieden vom Muster
2. „ „ „ deutlich „ „ „
3. „ „ „ etwas „ „ „
4. „ „ „ genau genug getroffen für praktische Zwecke
5. „ „ „ ganz genau getroffen.

Die Musterung bei Tageslicht<sup>12)</sup> ergab 54 Fünfer, 13 Vierer, 4 Dreier, 8 Zweier.

Also waren 67 von den 78 Nachahmungen (über 88%) gut gelungen. Ich betrachte dies als ein über alle Erwartung günstiges, ja als ein glänzendes Resultat.

<sup>12)</sup> Ich fasse die Zahlen zusammen, um den Anschein zu vermeiden, als wolle ich die einzelnen Beimusterungen öffentlich „zentrieren“; darum kann es sich ja gar nicht handeln.

Bei elektrischem Glühlicht (Wotanlampen) ergaben sich 20 Fünfer, 24 Vierer, 11 Dreier, 11 Zweier und 13 Einser. Hier stehen 44 gut gegen 35 schlecht gelungene Nachahmungen. Auch dieses Resultat überrascht mich angehend, weil ich gar nicht auf die Berücksichtigung der Abendfarben hingewiesen hatte, als ich die betr. Firmen um die Nachahmungen bat. Immerhin geben die „13 Einser“ zu denken. (Über Vericolicht vgl. Nachträge.)

#### E. Nachträge.

##### I.

Die von Rosenstiehl erwähnte Verschiebung der Nuance von Farbstoffen bei der Verdünnung mit Weiß findet schon in der Farbenlehre Wilhelm v. Bezold's (Braunschweig 1874) eine recht einleuchtende Erklärung. Er sagt (S. 56), daß die farbigen Mittel ihre absorbierende Wirkung zunächst (d. h. in verdünntem Zustande, d. V.) auf bestimmte Lichtgattungen ausüben und sie erst allmählich auf die übrigen ausdehnen. „Stellt man z. B. Indigolösungen von verschiedenem Konzentrationsgrad dar, so besitzen sie ganz verschiedene Färbungen. Eine ganz schwache Färbung erscheint hellblau mit einem kleinen Stich ins Grüne, so daß sie leicht mit einer Lösung von Preußischblau verwechselt werden könnte, sowie sie aber etwas konzentrierter wird, geht sie durch kräftig blaue schließlich in solche Töne über, an denen eine violette Nuance nicht verkannt werden kann.“ v. Bezold gibt dann Zeichnungen der Absorptionsspektren, die diese Verhältnisse klar erkennen lassen, indem man sieht, daß das Grün immer mehr absorbiert wird, je stärker die Lösung ist. Er sagt ferner, daß man zu demselben Resultat kommt, wenn man von der schwächsten Lösung immer dicke Schichten anwendet.

Ich möchte daher zu der Ansicht neigen, daß, wenn auch die oben von mir geäußerte Vermutung in manchen Fällen der Grund der Nuancverschiebung sein dürfte, doch meistens, und insbesondere, wenn es sich um Lösungen und nicht um Mischung trockener Farbkörper handelt, die v. Bezold'sche Erklärung die richtige ist.

##### II.

Auch bezüglich meiner Ausführungen über den simultanen Kontrast finde ich in dem oben angeführten Werk v. Bezold's (I. c. S. 176) Angaben, die ich hier kurz wiedergeben möchte: Die Kontrastwirkung zweier farbiger Flächen vermindert sich, wenn eine trennende Kontur dazwischen ist, sie ist schwächer, wenn die beiden Flächen mit Farbstoffen verschiedener Beschaffenheit bemalt sind, so die eine mit einer Deckfarbe, die andere mit einer Saftfarbe<sup>13)</sup>. Ferner sagt er (S. 195), daß die einer Farbe näher stehenden Töne eine größere Änderung (Kontrastwirkung) hervorbringen, als die ferner stehenden.

##### III.

Da die Nernstlampen ziemlich schwer zu beschaffen sind, ist es erfreulich, daß die Firma Siemens & Halske neuerdings eine Glühlampe in den Handel bringt, die ein dem Tageslicht ähnliches Licht ausstrahlen soll, und zwar gleichmäßig während der ganzen Brenndauer. Dies ist die sogenannte Vericolampe von 70—75 Kerzenstärke. (Näheres siehe Lehnes Färberzeitung 1913, 223.)

Das Licht ist auf den ersten Eindruck dem Tageslicht sehr ähnlich, auch geben die oben erwähnten Bayerschen Parallelfärbungen lange nicht die großen Unterschiede zwischen Tageslicht und Vericolicht, wie zwischen Tageslicht und gewöhnlichem Wotanlicht. Daß das Vericolicht aber immer noch recht weit vom Tageslicht entfernt ist, sieht man deutlich, wenn man die beiden einander entgegenwirken läßt und durch einen Stab zwei Schatten auf weißes Papier fallen läßt. Der Schatten, den das Vericolicht wirft, ist violettblau, der des Tageslichts ein gelbgrünes Grau<sup>14)</sup>.

Bei Überprüfung der im vorgehenden Abschnitt behan-

<sup>13)</sup> Dies ist ein sehr guter deutscher Ausdruck statt Lasurfarbe.

<sup>14)</sup> Das allerneueste auf diesem Gebiet soll die von dem amerikanischen Physiker D. H. E. Ives erfundene Tageslichtlampe sein, die aus Gasglühlicht mit einem grünlichen und einem roten Lichtfilter besteht.

delten 79 Nachahmungen Baumannscher Farbtöne im Licht der Vericolampe erhielt ich 42 Fünfer, 14 Vierer, 11 Dreier, 8 Zweier und 4 Einser. Wenn man also die bei den drei Lichtquellen erhaltenen Resultate vergleicht:

	Fünfer	Vierer	Dreier	Zweier	Einser
Tageslicht . . . . .	54	13	4	8	—
Vericolampe . . . . .	42	14	11	8	4
Wotanlampe . . . . .	20	24	11	11	13

So hat man je 67, 56 und 44 gute Resultate, man kann also die Vericolampe als eine wichtige Verbesserung ansprechen, die bei Beleuchtung von Gemälden und kunstgewerblichen Erzeugnissen beachtet zu werden verdient.

#### F. Zusammenfassung.

In der Einleitung habe ich die hauptsächlichen Mängel und Schwierigkeiten geschildert, die einer allgemein brauchbaren Farbentonbenennung und -bemessung entgegenstehen, habe aber auch hervorgehoben, daß eine solche von vielen Seiten gewünscht und erstrebgt wird.

Wenn meine Beurteilung der vorgeschlagenen Verfahren und Apparate manchen, hauptsächlich vielleicht deren Urheber, als zu streng erscheint, so bitte ich, dies meinem auf die Klärung der Fragen, auf Erreichung eines Fortschritts und auf Erzielung von Einheitlichkeit gerichteten Bestreben verzeihen zu wollen.

Eine für alle Fälle und Zwecke brauchbare Methode, das geht aus dem Vorgehenden klar hervor, ist heute nicht vorhanden und kann auch bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse nicht vorhanden sein.

Aus meinen Schilderungen und Beispielen geht hervor, daß die mit Farben und Färbungen arbeitenden Industrien sich große Mühe geben, um die Schwierigkeiten zu überwinden, und daß sich viele Techniker eifrig mit den Farbenfragen beschäftigen, sowohl in den Farben- als in den Lichtindustrien.

Der Zweck meiner Arbeit ist, auch die wissenschaftlich arbeitenden Forscher auf diese Fragen aufmerksam zu machen. Ihre Hilfe ist notwendig, wenn es zu einem befriedigenden Ergebnis kommen soll. Die Wissenschaft mit ihrem internationalen Charakter wird leichter eine allgemeine Verständigung erzielen, wenn sie Vorschläge macht, als die lokalisierte Technik und Industrie oder ihre Mitarbeiter dies können.

Heute noch herrscht in den Farbenfragen große Verwirrung. Jeder Vorschlag zu einer Klärung und Vereinheitlichung muß daher zunächst auf ein Kompromiß hinauslaufen. So auch der meinige:

„Man nehme die Baumannsche Farbentonkarte und damit auch das Baumannsche Nomenklatursystem als eine Grundlage an. Sie sind noch feinerer Ausbildung fähig, genügen aber doch in ihrer jetzigen Form schon für viele industrielle Zwecke und sind daher vielseitiger Einführung fähig und würdig.“

Die Vorteile sind: Billigkeit, bequeme Handhabung, große Anzahl der Farbtöne, offene Angabe der Rezeptur, vor allem aber die nach vielen Seiten hin (im Gegensatz z. B. von Ölfarbendruck und Lichtfarben) gehende Verwendbarkeit.

Ihre Nachteile sind: Optische Ungleichmäßigkeiten infolge der Verwendung von Handelsfarbstoffen, die meist nur für die Malerei und allenfalls noch für die Graphik in Betracht kommen; ferner die etwas komplizierte Nomenklatur<sup>15)</sup>.

Nach meinen Versuchen (Bestimmung von Nuancen, Nachahmung von Farbaufstrichen, Versuche mit der Drehzscheibe) kann man mit den Baumannschen Farbtönen besser arbeiten als mit Lichtfarbenapparaten (Kallab, Arons) oder gar mit Öldruckfarben (Raddé, Cor), weil die Öldrucke für das Auge nicht klar und eindeutig genug sind,

<sup>15)</sup> Baumann hat außer dieser Nomenklatur auch noch eine Nummer für jeden Farbton; die Anwendung der Nummern dürfte für den praktischen Gebrauch genügen.

und weil die Lichtfarben insbesondere durch die Sonderstellung des Gelbs zu sehr aus der Reihe gebracht werden (ebenso wie der Dreifarbenindruck und die Farbenphotographie).

Ein Kompromiß ist mein Vorschlag auch deswegen, weil wir über Intensitätsfragen (wie ich ja mehrfach angeführt habe) so wenig Bestimmtes wissen. Ich empfehle daher, nach dem Rosenstiehlschen Vorschlag für Weiß beim Blanc fixe, für Schwarz beim Seidensamt zu bleiben, obgleich letzterer für Zumischungen viel empfindlicher ist als das Weiß. Beim Samtschwarz könnte man also wohl sagen, man habe den „Siedepunkt“ im Sinne Karl Mayers erreicht. Einen Anhalt für die Farben gibt uns das aber nicht. Hier ist die Frage der Intensität und Brillanz (wenn wir nicht zu den irreleitenden Lichtfarben greifen wollen (wie beim Weiß und Schwarz nur als Materialfrage zu behandeln und so ihrer Lösung näher zu bringen. Wir haben ja klare Farben genug, man denke nur an Ultramarin, Smalte, Schweinfurtergrün, Chromgelb, Zinnober, an die Lacke und Färbungen der Teerfarbstoffe; aber da sie nicht spektral einheitliche Farben reflektieren, können wir sie nur im Baumannschen Sinn verwenden. Auch wissen wir nicht, ob die Zukunft uns nicht noch viel reinere, brillantere Farben bringt.

Die mit Farben und Färbungen arbeitenden Industrien werden immer, wenn es sich um genaue Nachahmungen von Vorlagen handelt, mit einer Anzahl von Schwierigkeiten und Hindernissen zu rechnen haben (Beleuchtung, Oberflächenglanz, Übersichtsfarbe); wenn es sich aber darum handelt, einen Farbton auf verschiedenen Materialien zu treffen, wird die absolut matte, glanzlose Vorlage (Pigmentaufstrich) vor allen andern (Öldruck, Lichtfarbe) den Vorteil grösster Sicherheit bieten. Sie muß daher auch die praktische Grundlage für die Benennung und Bemessung der Farbtöne werden.

Wenn ein Kompromiß annehmbar erscheinen soll, ist es notwendig, sich über die Gründe klar zu sein, warum man ihn macht. Deshalb habe ich im Vorstehenden versucht, die mir bekannten und zugänglichen Anschauungen, Theorien, Verfahren und Apparate über Farbentonbenennung und -bemessung zusammenzustellen und zu beurteilen und war bestrebt, die Punkte hervorzuheben, an denen einsetzend die wissenschaftliche Forschung weitere Förderung bringen könnte.

Ich schließe mit dem Wunsche, daß auch auf diesem Gebiet, wie auf so vielen anderen, Theorie und Praxis, Wissenschaft und Industrie in rege Zusammenarbeit eintreten möchten. Die Früchte werden nicht ausbleiben.

[A. 258.]

## Über „Selbstorientierung“ von Substituenten beim Eintritt in den Benzolring<sup>1)</sup>.

Von JULIUS OBERMILLER, Basel.

(Eingeg. 8./12. 1913.)

Nach den Angaben von Limprich<sup>2)</sup> sollen bei der Nitrierung der Benzolsulfinsäure bekanntlich außer der das Hauptprodukt bildenden m-Nitrobenzolsulfinsäure zusammen noch etwa 10% o- und p-Säure entstehen und umgekehrt beim Sulfonyrieren des Nitrobenzols nur gegen 5% von den beiden letzteren Isomeren.

Diese Angaben, denen bis heute nicht widersprochen worden ist, schienen mir aus verschiedenen Gründen revisionsbedürftig zu sein, und bei genauerer Untersuchung konnte ich schließlich ganz andere Verhältnisse der ent-

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten in Basel am 29./11. 1913 vor der Chemischen Gesellschaft Basel-Freiburg-Mülhausen-Straßburg.

<sup>2)</sup> Liebigs Ann. 177, 60 (1875).