

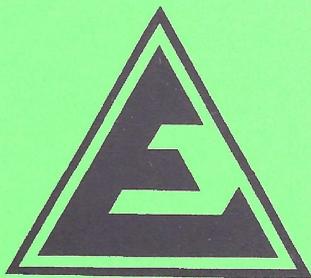
MITTEILUNGEN

der Wilhelm - Ostwald - Gesellschaft zu Großbothen e.V.

6. Jg. SONDERHEFT 12 2001

Eugen Ristenpart

**Die Ostwaldsche Farbenlehre
und ihr Nutzen**



Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.
6. Jahrgang (2001) – Sonderheft 12
ISSN 1433-3910

Eugen Ristenpart

Die Ostwaldsche Farbenlehre und ihr Nutzen

herausgegeben und bearbeitet

von

Ingeborg Mauer

ergänzt mit einer Kurzbiografie E. Ristenparts

von

Günter Marx



© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. 2001
Kommentierter Nachdruck mit Genehmigung des Originalverlages
Technischer Verlag Herbert Cram

6. Jahrgang (2001) - Sonderheft 12. ISSN 1433-3910
Nachdruck 2014

Herausgeber der „Mitteilungen“ ist der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V., verantwortlich:
Dr.-Ing. K. Hansel, Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen, Tel. (03 43 84) 7 12 83
Konto: Raiffeisenbank Grimma e.G. BLZ 860 654 83, Kontonr. 308 000 567
e-mail-Adresse: ostwaldenergie@aol.com
Internet-Adresse: www.wilhelm-ostwald.de

Der Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.

Einzelpreis pro Heft € 5,-. Dieser Beitrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer. Für die Mitglieder der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft ist das Heft kostenfrei.

Der Vorstand der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. dankt dem
Arbeitsamt Oschatz für die freundliche Unterstützung bei der
Herausgabe der „Mitteilungen“.

Einführung der Herausgeber

Die Anregung zur Herausgabe dieser Broschüre entstand während einer Exkursion ehemaliger Mitarbeiter der Staatlichen Porzellanmanufaktur Meissen in die Wilhelm-Ostwald-Gedenkstätte Großbothen. Die Besucher bemängelten, daß in den modernen Farbtheorien OSTWALDsche Wurzeln nur noch schwer erkennbar sind. Leider ist das Originalschrifttum OSTWALDs zu seiner Farbenlehre breit gestreut, kaum noch beschaffbar und wegen der häufigen Wiederholungen – „*man muß eine Idee x-mal wiederholen, damit sie in die Köpfe geht*“ – nicht leicht zu erschließen. Eine zusammenfassende Darstellung könnte Abhilfe schaffen.

OSTWALD hatte, in Übereinstimmung mit dem Anliegen des Deutschen Werkbundes von 1912/1913, mit Farbempfehlungen auf breiter Front die Qualität deutscher Handwerksprodukte zu verbessern, seine Farbenlehre in erster Linie für die praktische Anwendung geschaffen. Inwieweit dieses Ziel erreicht wurde, kann nur durch einen Praktiker beurteilt werden. Die Vereinigung beider Forderungen, Praxisnähe und Kompaktheit der Darstellung, wurde in der Schrift *Die Ostwaldsche Farblehre und ihr Nutzen* des Chemnitzer Technikers und Hochschullehrers Eugen RISTENPART gefunden, der als einer der ersten Anwender in Sachsen der OSTWALDschen Farbenlehre den Weg in die Industrie ebnete und sie zusammen mit einigen Gleichgesinnten über Jahre an die Absolventen der Chemnitzer Staatsgewerbeschule vermittelte.

OSTWALD und RISTENPART arbeiteten eng zusammen, insbesondere nach dem Ausscheiden von Prof. v. LAGORIO aus der Dresdner Werkstelle für Farbkunde 1923, womit die wissenschaftliche Arbeit dort faktisch zum Erliegen kam. Ein Beleg für die Intensität der Kontakte sind die etwa 170 nachgelassenen Schriftstücke ihres Briefwechsels und die häufigen Besuche OSTWALDs in Chemnitz. Nach dem Ableben OSTWALDs stand RISTENPART dessen Tochter Grete beim Aufbau des Ostwald-Archivs in Großbothen beratend zur Seite und gab aus dem Nachlaß 1936 die Auseinandersetzung OSTWALDs mit den Gegnern seiner Farbenlehre *Er und Ich* sowie 1939 den dritten Band der *Farbenlehre in fünf Büchern, Chemische Farblehre*, heraus.

Das Buch *Die Ostwaldsche Farblehre und ihr Nutzen* erschien im Jahre 1948. Sein Ursprung liegt in einem Vortrag RISTENPARTs auf dem schwedischen Färbertag 1925.

Das Jahr 1925 markiert den Anfang eines geänderten Verhältnisses OSTWALDs zu seiner Farbenlehre. Auf dem Bayerischen Farbentag im Januar 1921 hatte OSTWALD, dessen Einkünfte zum überwiegenden Teil aus dem Verkauf seiner Bücher und deren Übersetzungen stammten, verkündet, er werde die Genehmigung zur Übersetzung seiner Farbenlehrbücher erst dann erteilen, wenn die deutsche Wissenschaft wieder als gleichberechtigtes Mitglied der internationalen Wissenschaftlerfamilie behandelt wird. Im gleichen Jahr faßte auch die Werkstelle für Farbkunde in Dresden den Beschluß, den Wissensabfluß aus Deutschland möglichst zu begrenzen. Vorträge zum Thema Farbenlehre im Ausland sollten unterbleiben, um der heimischen Industrie einen Vorteil zu erhalten. Interessanterweise waren es gerade die derart ausgegrenzten Textilfabrikanten von jenseits der sächsisch-böhmischen Grenze, die auf dem Höhe-

punkt der Inflation mit wertbeständigem Geld den Fortbestand der Werkstelle sichern.

1921 brachte die deutschlandweite „Verwahrung“ der Kunstschaffenden unter Führung des Werkbundes gegen die OSTWALDsche Farbenlehre. 1925 wurde ihre Anwendung an den preußischen Schulen verboten. Unter diesen Umständen suchte OSTWALD nunmehr selbst die Verbindung mit dem Ausland. Neben den USA war es vor allem das ehemals neutrale Schweden, wo er sich um Nutzer bemühte. Überliefert sind Vorträge und Kontaktversuche seines ehemaligen Kollegen Prof. v. LAGORIO und dessen Tochter. Auch der Vortrag RISTENPARTs ist in diese Bemühungen einzuordnen.

RISTENPART sprach in Schweden zum Thema: *Die Ostwaldsche Farbenlehre und ihr Nutzen für die Textilindustrie*. Der Vortrag wurde im gleichen Jahr in der *Monatschrift für Textilindustrie* abgedruckt und erschien auch als Broschüre in Theodor Martins Textilverlag. Später erweiterte RISTENPART das Material zu einer Monografie, die unter dem Titel *Der Nutzen der Ostwaldschen Farblehre* wiederum in Theodor Martins Textilverlag erscheinen sollte. Von diesem Buch existiert im Ostwald-Archiv Großbothen ein Handabzug. Aus einer beigelegten Notiz der Archivarin Grete OSTWALD geht hervor, dass der Bleisatz eingeschmolzen wurde, bevor es zum Druck kam. Der Verlag wurde Opfer der Bomben. Nach Kriegsende schließlich entstand die Schrift, die als Grundlage der vorliegenden Umarbeitung diente.

Das Buch bündelt die Erfahrungen des Autors als Färber, Hochschullehrer und führender Vertreter der sächsischen Werkstellenbewegung. RISTENPART hat die Beschreibung der Farbenlehre und die Darlegung ihrer Nutzung in getrennten Kapiteln untergebracht. Der Teil *Chemische Nutzenanwendungen* mit den speziellen Anwendungen in der Textilindustrie wurde nicht übernommen. Aus der Sicht der Herausgeber genügt das verbleibende Material den eingangs formulierten Anforderungen.

Der Text wurde zeitgemäß überarbeitet und an einigen Stellen ergänzt, um die Darstellung abzurunden. Eine grundsätzliche Änderung betrifft die Terminologie. RISTENPART hat den Begriff Farbe durch Bunt ersetzt. Wie viele Begriffe hat auch Bunt umgangssprachlich einen anderen Inhalt als wissenschaftlich. Im täglichen Leben spricht man von bunt, wenn viele Farben nebeneinander sichtbar sind. Die Wissenschaft, speziell die OSTWALDsche Farbenlehre, unterscheidet zwischen bunten (Rot, Gelb, Blau usw.) und unbunten (Weiß, Grau, Schwarz) Farben. In diesem Sinne führt OSTWALD abgeleitete Begriffe wie Farbkreis, Farbton, farbtongleiches Dreieck ein. Um einen Wechsel zu OSTWALDschen Originalarbeiten zu erleichtern, verwendet die Überarbeitung wieder durchgängig die ursprüngliche Terminologie.

Überlieferte Vorbereitungen RISTENPARTs für eine Neuauflage seines Buches wurden eingearbeitet. Die ursprüngliche Gliederung blieb, ohne Berücksichtigung der Auslassung, weitgehend erhalten.

Nachgetragen sind eine Kurzbiografie über Eugen RISTENPART und eine Auswahl seiner farbwissenschaftlichen und anwendungstechnischen Schriften. Damit möchten die Herausgeber die vielseitige Arbeit des Autors und seine Bemühungen um die Verbreitung der OSTWALDschen Farbenlehre dokumentieren und würdigen.

Wilhelm OSTWALDs Lebensdaten sind in den früheren Sonderheften der *Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen* oder im Internet unter www.wilhelm-ostwald.de nachzulesen und wurden deshalb nicht aufgenommen.

Die Herausgeber danken dem Arbeitsamt Oschatz und dem Kulturraum Leipzig-Land für die Förderung des Projektes.

An der Ausführung waren auch Frau I. BRÜCKNER und Frau U. KÖCKRITZ von der Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen beteiligt, denen hiermit ebenfalls gedankt wird.

Großbothen/Chemnitz im Oktober 2001

Vorwort

zur ersten Auflage

Die OSTWALDsche Farbenlehre hat auch im Ausland Anklang gefunden. In den Vereinigten Staaten hat Direktor Egbert G. JACOBSON in Nr. 11 der Zeitschrift „More Business“ der American Photoengraving Association, Chicago, Ill., im November 1937 unter der Überschrift „The Science of Color“ einen Auszug aus der OSTWALD-Lehre gebracht. Hermann ZEISHOLD, Elizabeth, N. J., hat für das Mellon Institute of industrial Research das Kapitel „Die Farbenlehre“ aus OSTWALDs „Lebenslinien“ Band III, Seite 353-403 ins Englische übersetzt. Seine Absicht, auch dieses Büchlein zu übersetzen, ist durch seinen allzu frühen Tod 1947 vereitelt worden. – In England hat J. Scott TAYLOR, M. A. St. John's College, Cambridge, wissenschaftlicher Leiter von WINSOR & NEWTON, Ltd. London, W. 1 unter dem Titel „A simple Explanation of the OSTWALD Colour System“ eine leichtfaßliche Erklärung der Lehre gegeben; außerdem hat er die OSTWALDsche „Farbkunde“ übersetzt und die 680 Farben des OSTWALDschen Farbkörpers als „Colour Album“ herausgegeben. – In Schweden hat R. Ernst BILLIG, Borås, mich zu einem Vortrage auf dem Dritten Färberei-Technischen Kongreß am 7. August 1925 in Borås eingeladen. Dieser Vortrag wurde 1926 in Th. MARTINS Textilverlag, Leipzig, veröffentlicht. Die auf Leipzig geworfenen Bomben haben den Verlag mitsamt dem Büchlein zerstört. Die auf Wiesbaden geworfenen Bomben haben den Verfasser verschüttet; er wurde in letzter Minute geborgen und konnte das Büchlein in dritter Fassung schreiben, in der es nun hier vorliegt.

Wiesbaden, den 25. Mai 1948.

Eugen RISTENPART

Inhalt

1 Die OSTWALDsche Farbenlehre	7
2 Mathetische Nutzenwendungen.....	17
3 Physikalische Nutzenwendungen.....	20
3.1 Farbmessung	20
3.1.1 Messung unbunter Farben.....	20
3.1.2 Messung bunter Farben.....	24
3.2 Die Glanzmessung	37
3.3 Farbmischung	39
3.3.1 Die additive Farbmischung (Lichtmischung)	39
3.3.2 Die subtraktive Farbmischung.....	40
3.3.3 Die Anwendung der Farbmischung.....	41
4 Physiologische Nutzenwendungen	50
5 Psychologische Nutzenwendungen.....	59
Anhang:	67
Die Farbengleichung in der Färberei	67
Die Glanzzahl.....	71
Prof. Dr. Emil Karl Eugen Ristenpart - Kurzbiografie.....	78
Veröffentlichungen Eugen Ristenparts zur Farbenlehre	80

1 Die OSTWALDSche Farbenlehre

Der Begriff Farbe

Farbe ist Empfindung. Zu ihrem Zustandekommen sind gemeinhin vier Dinge erforderlich:

- physikalisch Licht als besondere Form der Bewegungsenergie,
- chemisch Farbstoff, der infolge seiner chemischen Zusammensetzung die Lichtenergie ändert,
- physiologisch das Auge als Energieempfänger mit den anschließenden Nerven,
- psychologisch die Seele als Umformer der energetischen Meldungen zu dem Bewußtsein einer bestimmten Farbe.

W. OSTWALD schreibt in seiner „Farbkunde“:

„Farbe heißt die Empfindung, welche, durch Licht verursacht, durch das Auge vermittelt und durch den Sehnerv dem Gehirn übertragen, durch die Betätigung dieses Organs erzeugt wird. Man kann ja auch Farben ohne Farbstoffe erleben, wenn man die Augen schließt und auf die Augäpfel einen sanften Druck ausübt; es stellen sich dann bald mannigfaltige Farben- und Lichterscheinungen ein. Es gibt sogar Menschen, und zwar nicht eben selten, die durch eine dahin gerichtete Willenstätigkeit allein Farben in ihrem Bewußtsein erzeugen können, auch ganz ohne äußere Reizung des Sehnervs, in tiefster Dunkelheit. Wir müssen also daran festhalten, daß das Wort Farbe nur für jene bestimmte Klasse seelischer Erlebnisse anzuwenden ist, die uns normalerweise durch das Auge vermittelt werden, indem dieses durch strahlende Energie oder Licht gereizt wird, die wir außerdem aber noch auf anderem Wege, durch anderweitige Reizung des Sehnervs, oder auch durch innere Tätigkeit erzeugen können.“

Jene chemischen Stoffe aber, deren Anblick in uns das Erlebnis „Farbe“ hervorruft, heißen Farbstoffe oder Pigmente. Die Energie, welche normalerweise diesen Reiz bewirkt, heißt Licht.“¹

Die Elemente der Farbe

Hermann HELMHOLTZ² hatte folgende drei Elemente der Farbe angenommen: Farbton, Helligkeit und Reinheit. Aber wo ist das Schwarz?

Ewald HERING³ nannte folgende drei Veränderliche der Farbe: Farbton, Weiß und Schwarz. Aber er leugnete die Meßbarkeit dieser Veränderlichen.

¹ OSTWALD, Wilhelm: Farbkunde. Leipzig: Hirzel, 1923, S. 3-4.

² Hermann Ludwig Ferdinand von HELMHOLTZ (1821-1894), 1871 Prof. f. Physik an der Univ. Berlin, Erfinder des Augenspiegels, 1888 erster Präsident der 1868 gegründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin.

³ Ewald HERING (1834-1918), 1895 Prof. f. Physiologie an der Univ. Leipzig, arbeitete hauptsächlich über Nerven- und Sinnesphysiologie. Bei seinen psycho-physikalischen Untersuchungen, vor allem der Raum- und Farbwahrnehmung, befaßte er sich u. a. mit den optischen Täuschungen und stellte eine Vierfarbentheorie auf.

In der Tat läßt sich z. B. ein Rot auf dreierlei Weise abändern:

- im Farbton, indem man es gelber oder blauer macht,
- im Weiß, indem man es heller macht,
- im Schwarz, indem man es dunkler macht.

Der Farbkreis

HERING hatte bereits den Farbkreis mit den vier Ur-Farben Gelb, Grün, Blau, Rot angegeben, die sich paarweise gegenüberliegen. Zwischen diesen Hauptfarben lassen sich alle Farbtöne stetig einordnen.

OSTWALD stellte für die weitere Einteilung dieses Kreises folgende zwei Regeln auf:

- Zwei im Kreis gegenüberliegende Farben müssen Gegenfarben sein, also, gleichwertig gemischt, Grau ergeben.
- Zwei sonstige Farben müssen zu ihrer Mischfarbe symmetrisch liegen, d. h. der bei gleichwertiger Mischung entstehende Mischling muß genau in der Mitte liegen (Gesetz der inneren Symmetrie).

Nach diesen beiden Regeln teilte OSTWALD den HERINGSchen Farbkreis zunächst in die acht Hauptfarben:

Gelb, Kress,⁴ Rot, Veil,⁵ U-blau,⁶ Eisblau, Eisgrün, Seegrün.

Weitere Drittelung der acht Hauptfarben ergibt 24 Farbtöne, die für gewöhnlich genügen (Abb. 1).

Bei der Zuordnung der Wellenlängen zu den Farbtönen (Abb. 2) stieß OSTWALD auf die folgenden beiden Schwierigkeiten:

- Wie vermag eine physikalische Ursache wie die Wellenlänge eine Empfindung von ganz anderer Art zu bewirken? Wie kann z. B. Licht von der Wellenlänge 572, also noch nicht der hundertste Teil des ganzen Spektrums, im Auge die Empfindung eines leuchtenden Gelb hervorrufen, das doch beinahe so hell empfunden wird wie das vom ganzen Spektrum hervorgerufene Weiß?
- Wie entstehen die im Spektrum gar nicht vorhandenen, zwischen Rot und Veil liegenden Purpurfarben?

⁴ OSTWALDScher Farbname für Orange.

⁵ OSTWALDScher Farbname für Violett.

⁶ Ultramarinblau.

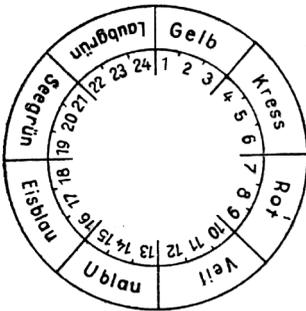


Abb. 1: Die acht Hauptfarben

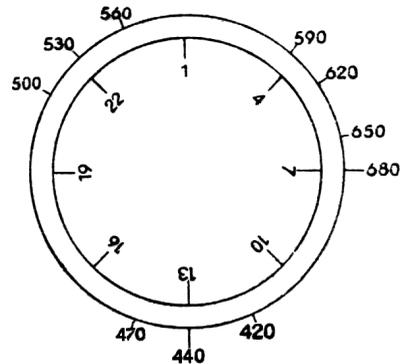


Abb. 2: Farbkreis: Farbstufen innen, Wellenlängen außen

Beide Schwierigkeiten löste OSTWALD durch die Auffindung eines sinnreichen Zusammenhangs: die Körperfarben sind nicht homogene, von einer Wellenlänge gebildete Lichter, sondern grundsätzlich Lichtgemische, die sich über einen mehr oder weniger großen Teil des Spektrums erstrecken. Je leuchtender und reiner die Farbe, um so mehr Lichter sind an ihrem Zustandekommen beteiligt, ohne daß selbstverständlich (sich zu Grau aufhebende) Gegenfarben darunter sein dürfen. Die reinsten Farben, werden offenbar durch Farbenhälbe⁷ gebildet. Die Farbenhälbe werden von Wellenlängen begrenzt, die sich im Farbkreis gegenüberliegen und um je einen Viertelkreis vom Farbton abstehen.

Die Purpurfarben werden von Lichtern aus den beiden Enden des Spektrums gebildet.

Mit seiner Lehre vom Farbenhalb hatte OSTWALD den Schlüssel in der Hand, der die Tür von der physikalischen zur psychologischen Farbenlehre öffnete (Abschnitt 5). Wieder einmal hatte ihm die Umschau nach dem ausgezeichneten Fall (Abschnitt 3.1.2) geholfen. Dieser ausgezeichnete Fall war in diesem Fall das Zusammenwirken der innerhalb eines Farbenhalbs gelegenen spektralen Lichter.

Die von Physikern des In- und Auslandes vertretene sog. Dreifarbenlehre⁸ besitzt eingeständenermaßen einen solchen Schlüssel nicht. Sie mußte daher trotz ihrer

⁷ vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Die Farbenlehre : in fünf Büchern. Leipzig : Unesma, 1918-1922. Zweites Buch. Physikalische Farbenlehre. 10. Kap. Die Lehre vom Farbenhalb. Leipzig : Unesma, 1919, S. 118 ff.; sowie: OSTWALD, Wilhelm: Die Lehre vom Farbenhalb. In: OSTWALD, Fußnote 1, S. 113.

⁸ „Die Young-Helmholtzsche Dreifarbenlehre [...] geht von den Gesetzen der additiven Farbmischung aus und verknüpft sie mit den Tatsachen des dichromatischen Sehens. Sie nimmt demgemäß für das normale Farbsehen drei verschieden reizbare Bestandteile an [...], von denen der eine vorwiegend auf rotes, der zweite auf grünes und der dritte auf blaues (violett) Licht anspricht; die Erregung jedes dieser Bestandteile liefert einen 'Grundreiz'.“ Vgl.: RICHTER, Manfred: Grundriß der Farbenlehre der Gegenwart. Dresden ; Leipzig : Steinkopff, 1940, S. 89; dazu auch: HELMHOLTZ, Hermann von: Handbuch der physiologischen Optik. Bd. 2. Die Lehre von den Gesichtsempfindungen. 3. Aufl. Hamburg ; Leipzig : Voss, 1911, S. 1194.

genauen und in DIN 5033 Farbmessung genormten Meßverfahren in der Praxis versagen.

Der Weiß- und Schwarzgehalt

Für die Abstufung des Weiß- und Schwarzgehaltes legte OSTWALD das WEBER-FECHNERSche Gesetz zugrunde. Dies Gesetz wurde 1851 von Ernst Heinrich WEBER⁹ ausgesprochen und von Gustav Theodor FECHNER¹⁰ entwickelt. Es sagt aus, daß die Reize in geometrischer Reihe abgestuft werden müssen, wenn sie in arithmetischer Reihe, also als gleichabständig empfunden werden sollen. Bezeichnet man mit Schwelle den kleinsten noch wahrnehmbaren Betrag des Reizes, so sagt das Gesetz: Die Schwelle ist immer derselbe Bruchteil des Reizes. Dieser Bruchteil sei z. B. 1:10, dann würden den Reizen 100, 50, 20 usw., die Schwellen 10, 5, 2 usw. entsprechen; je geringer die Reize, um so kleiner die Schwellen, um so empfindlicher das Sinnesorgan. Ein dritter einfacher Ausdruck des FECHNERSchen Gesetzes lautet: Die Empfindungen verhalten sich wie die Logarithmen der Reize.

Der Weißgehalt der Farbe stellt den Reiz dar, und ist daher in geometrischer Reihe abzustufen, um gleichabständig zu wirken.

100 79 63 50 40 32 25 20 16 12,6 10.

Jedes folgende Glied entsteht aus dem vorhergehenden durch Vervielfältigung mit 0,79. Auf die gleiche Weise können die weiteren zehn Stufen zwischen 10 und 1 erhalten werden; sie sind jeweils $\frac{1}{10}$ der angeführten. Unter 1 herabzusteigen ist für die praktischen Bedürfnisse kaum erforderlich.

Die erhaltenen 20 Stufen stellen Punkte dar; zweckmäßiger sind Strecken, die für einen gewissen Bereich gelten; man setzt die Mittelwerte zwischen zwei Stufen für diese Strecken (Abb. 3) und bezeichnet sie durch Buchstaben (Abb. 4) ähnlich wie in der Musik die Schwingungszahl der Töne:

89	71	56	45	35	28	22	18	14	11
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
8,9	7,1	5,6	4,5	3,5	2,8	2,2	1,8	1,4	1,1.
l	m	n	o	p	q	r	s	t	u

Im allgemeinen kommt man mit der Hälfte dieser Stufen aus und kann die Zwischenstufen b, d, f usw. überspringen.

Die Graureihe

Der Buchstabe e bedeutet also ein Grau mit 35 Weiß und 65 Schwarz. Dieses Grau vertritt als Norm alle seine Nachbarn im Bereich von Grau d bis Grau f, also mit 45-28 Weiß. Da ein Grau nur aus Weiß und Schwarz besteht, seine Farbgleichung sich also auf $w + s = 1$ beschränkt, so ist mit dem Weißgehalt auch der Schwarzgehalt als Ergänzung zu 100 gegeben. Die angeführten Buchstaben können daher ebensowohl

⁹ Ernst Heinrich WEBER (1795-1878), 1840 Prof. f. Physiologie an der Univ. Leipzig.

¹⁰ Gustav Theodor FECHNER (1801-1887), 1831 a.o. Prof. f. Philosophie und seit 1834 o. Prof. f. Physik an der Univ. Leipzig, Mitbegründer der experimentellen Psychologie.

für den Schwarzgehalt gelten, nur müssen dann die Werte gewählt werden, die den Weißgehalt zu 100 ergänzen, also

11	44	65	78	86	91,1	94,4	96,4	97,8	98,6
a	c	e	g	i	l	n	p	r	t.

Die hellklare Reihe

Die hellklare Reihe wird von den Farben gebildet, die auf der Seite w-v des farbtongleichen Dreiecks (Abb. 5) liegen und nur aus Weiß w und Vollfarbe v bestehen.

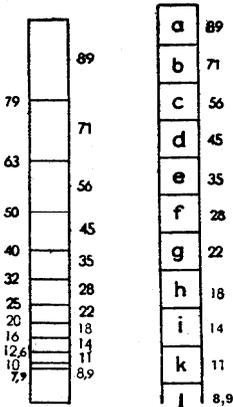


Abb. 3 und 4: Abstufung des Weißgehaltes

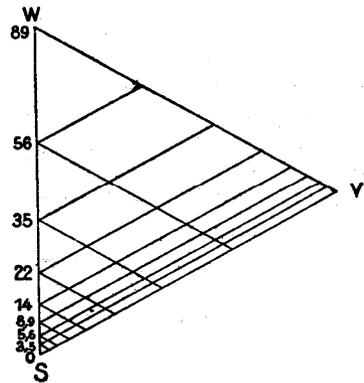


Abb. 5: Das farbtongleiche Dreieck

Auch in ihnen übernimmt das Weiß die Rolle des Reizes und wird daher wie in der Graureihe abgestuft. Der Buchstabe e bedeutet mithin hier die Mischung aus 35 Weiß und 65 Vollfarbe.

Die dunkelklare Reihe

Die dunkelklare Reihe wird von den Farben gebildet, die auf der Seite v-s des farbtongleichen Dreiecks liegen. Sie bestehen nur aus Vollfarbe und Schwarz. In ihnen übernimmt die Vollfarbe die Rolle des Reizes und wird wie das Weiß in der Grau- und hellklaren Reihe abgestuft. Der Buchstabe e bedeutet mithin hier die Mischung aus 35 Vollfarbe und 65 Schwarz. Dies gilt für die warmen Farben von Rot bis Laubgrün.

Für die kalten Farben von Seegrün bis Veil ist deren natürlichem Schwarzgehalt (Abschnitt 4) Rechnung zu tragen und $\frac{1}{3}$ der Vollfarbe durch Schwarz zu ersetzen und dem normalen Schwarzgehalt hinzuzufügen. Man kann auch nach der Regel ver-

fahren, die OSTWALD in Nr. 42 der „Farbe“¹¹ aufgestellt hat, nach der der Farbreiz Weiß + Vollfarbe $w + v$ des Endgliedes der hellklaren Reihe, z. 13. für t a 1,4 + 48,5 = 49,9 bis zu 1,4 in Grau t , logarithmisch abzustufen ist. Grau t steht um 18 Stufen ab. $\text{Log } 49,9 = 1,698$, $\text{log } 1,4 = 0,146$ der Unterschied geteilt durch 18 ergibt 0,086; um soviel sind die Logarithmen der Reizsumme jedesmal zu erniedrigen. Das ergibt die Reizsumme

49,9	40,9	33,5	27,5	22,6	18,5	15,2	12,5	10,2	8,4	6,9
5,6	4,6	3,8	3,1	2,5	2,1	1,7	1,4			

und die Schwarzmengen

50,1	59,1	66,5	72,5	77,4	81,5	84,8	87,5	89,8		
a	b	c	d	e	f	g	h	i		
91,6	93,1	94,4	95,4	96,2	96,9	97,5	97,9	98,3	98,6	
k	l	m	n	o	p	q	r	s	t.	

Die trüben Farben

Die trüben Farben enthalten neben Vollfarbe Weiß und Schwarz entsprechend der Gleichung

$$v + w + s = 1.$$

Sie liegen im Innern des farbtongleichen Dreiecks, auf dem Schnittpunkt einer Parallelen zur dunkelklaren Reihe, einer Weißgleichen, und einer Parallelen zur hellklaren Reihe, einer Schwarzgleichen, dadurch ist ihr Weiß- und Schwarzgehalt gegeben. Dies gilt für die warmen Farben von Farbton 21-9.

Für die kalten Farben von Farbton 11,2-21 gilt es nur für den Weißgehalt; der Schwarzgehalt muß wie oben angegeben berechnet werden. So ist z. B. in der Weißgleichen 1 der Schwarzgehalt folgendermaßen abzustufen: 1a enthält 9 Weiß, 44 Schwarz und 47 Vollfarbe; Grau 1 steht um fünf Stufen ab und enthält 9 Weiß, 91 Schwarz und 0 Vollfarbe. Es sind also von der Summe 9 Weiß + 47 Vollfarbe = 56 in 1a bis zu 9 Weiß im Grau 1 fünf Stufen logarithmisch zu bilden. $\text{Log } 56 = 1,748$, $\text{log } 9 = 0,954$; der Unterschied 0,794 geteilt durch 5 ergibt 0,159; um soviel sind die Logarithmen der Reizsumme jedesmal zu erniedrigen. Das ergibt 1,589, 1,430, 1,271 und 1,112 und die Reizsummen selbst zu 39, 27, 19 und 13. Daraus folgen für Schwarz 61, 73, 81 und 87.

¹¹ OSTWALD, Wilhelm: Der natürliche Schwarzgehalt der kalten Farben und ihre Normung. In: OSTWALD, Wilhelm (Hrsg.): Die Farbe : Sammelschrift für alle Zweige der Farbkunde. Abt. II. Leipzig (1925/300), Nr. 42, S. 565(41)-576(52).

Der Farbkörper

Die 24 farbtongleichen Dreiecke der 24 Farbtöne, so um die gemeinsame Grauchse angeordnet, daß die 24 Vollfarben ihre richtige Lage im Farbkreis einnehmen, ergeben den OSTWALDschen Farbkörper in Gestalt eines Doppelkegels: oben Weiß, unten Schwarz, in der Achse die Graustufen, auf dem größten Umfangkreis die Vollfarben, auf dem oberen Kegelmantel die hellklaren, auf dem unteren die dunkelklaren und im Innern die trüben Farben (Abb. 6).

Das analytische und das psychologische Dreieck

Das bis jetzt erwähnte farbtongleiche Dreieck heißt das analytische. Die Farben liegen auf dem Schnittpunkt der zugehörigen Weiß- und Schwarzgleichen. Die aus diesem Dreieck abgelesenen Werte sind rechnerisch zu verwerthen; auch gilt das Gesetz der Farbmischung, wonach die Mischfarbe auf der geraden Verbindungslinie der beiden Mischlinge liegt. Dies analytische Dreieck trägt aber nicht der Empfindung der Gleichabständigkeit für benachbarte Farben Rechnung. Dies ist erst bei dem psychologischen Dreieck der Fall, in dem die einzelnen Farben gleich weit voneinander abstehen. Es heißt auch das logarithmische, weil an die Stelle der wahren Werte ihre Logarithmen gesetzt sind (Abb. 7).

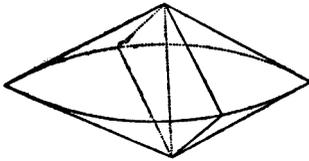


Abb. 6: Der Farbkörper

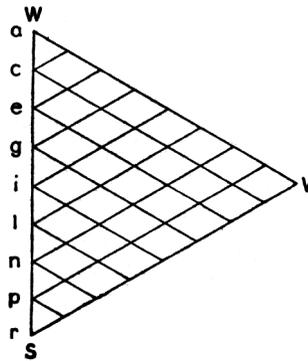


Abb. 7: Das psychologische Dreieck

Die Reingleichen

Beim Übergang vom analytischen zum psychologischen Dreieck erleiden die Weiß- und Schwarzgleichen nur eine parallele Verschiebung; die Reingleichen dagegen, die im analytischen parallel zur w-s-Seite ganz unregelmäßig durch die Rauten verlaufen, verlaufen im logarithmischen Dreieck nicht mehr parallel zu w-s, sondern weichen nach unten zu von ihr ab.

Die Schattenreihen

Dagegen werden jetzt die Verbindungslinien der Schnittpunkte der Weiß- und Schwarzgleichen, die im analytischen Dreieck nach der Ecke s zusammenliefen, parallel zur w - s -Seite. Diese Verbindungslinien gehören aber den Farben, die bei gleichem Verhältnis von Vollfarbe zu Weiß zunehmendes Schwarz von 0 in $v-w$ bis 100 in s haben. Solche Farben bilden aber eine Schattenreihe. Sie treten im psychologischen Dreieck an die Stelle der Reingleichen, sie sind die psychologischen Reingleichen. Schattenreihen werden in der Tat als reingleich empfunden. Das logarithmische Dreieck lehrt also ohne weiteres die richtige Zusammensetzung der Schatten.

Der Reinheitsgrad

Die Reinheit der Reingleichen wächst mit ihrem Abstand von der Grauachse. Sie wird durch eine römische Ziffer bezeichnet. Die Grauachse selbst hat die Reinheit 0, die durch c a verlaufende Reinheitsgleiche II, die durch e a IV usw.

Die gelöste Aufgabe

Wilhelm OSTWALD hatte mit seinem Farbkörper die ihm vom deutschen Werkbund gestellte Aufgabe, eine wissenschaftlich begründete Farbordnung zu schaffen, gelöst. Die allgemeine Anerkennung wurde durch den Krieg 1914-1918 erschwert. Die praktische Brauchbarkeit wurde durch die Nutzenwendungen erwiesen, von denen in den folgenden Kapiteln die Rede sein soll.¹²

¹² Vgl. auch: HANSEL, Karl ; MAUER, Ingeborg: Die Farbenlehre Wilhelm Ostwalds : Der Farbenatlas. In: Mitt. d. Wilhelm-Ostwald-Ges. 5 (2000), Sonderh. 8.

2 Mathetische Nutzenwendungen

Die ordnungswissenschaftlichen Nutzenwendungen führen zur Farbbezeichnung, Farbordnung und Farbnormung.

Farbbezeichnung:

Das Farbzeichen

Das Farbzeichen besteht aus der Nummer des Farbtons, dem Buchstaben für den Weißgehalt und dem Buchstaben für den Schwarzgehalt. An Stelle der verschwommenen Bezeichnungsweise durch die üblichen Farbnamen tritt die genaue eindeutige Kennzeichnung durch das Farbzeichen. 7 i e bedeutet z. B. das ganz bestimmte Rot 7 mit dem Weißgehalt 14 und dem Schwarzgehalt 65. Wer die Farbe 7 i e nennt, meint dieses ganz bestimmte Rot; um es sich zu vergegenwärtigen, braucht er nur im OSTWALDSchen Farbatlas nachzuschlagen.

Farbzeichen für die gebräuchlichsten Farbnamen

Altgold	3 i a	Flieder	12 g c
Amaranth.....	11 p i	Fraise ¹³	5 c a
Aprikose	3 g c	Fuchsin	10 p e
Bast.....	3 g e	Gold.....	2 n c
Beige	3 g c	Granatrot	9 n e
Biskuit	2 n a	Hechtgrau	14 g e
Blattgrün.....	22 p i	Heliotrop	12 l a
Blaugrau	13 l i	Heu	21 l i
Bleu	15 g a	Himmelblau.....	15 l c
Blond.....	2 g e	Holz	4 g c
Bordo.....	9 p n	Indig	13 n e
Bronce	2 l g	Isabellfarbe	24 l a
Cadet	13 g c	Kaffeebraun.....	5 p l
Cerise	9 n a	Kaiserblau	14 r g
Chamois	2 c a	Kardinal	10 n g
Champagner	3 t c	Karmoisin	8 n e
Delftblau.....	16 e a	Kastanienbraun.....	7 p l
Drap.....	5 p i	Kastor	2 l i
Ekru	6 l i	Khaki	3 l e
Elektra	17 g a	Königsblau	13 p c
Elfenbein	1 b a	Koralle.....	8 n c
Entenblau	18 i e	Kornblumenblau.....	13 p a
Erdbeere	6 n c	Krem.....	1 e a
Erika	8 e a	Kupfer	7 l e
Eukalyptus.....	23 e a	Lachs	5 e a
Falb.....	4 c a	Lavendel.....	12 l e

¹³ Erdbeere

Feldgrau	1	Leder	4 r i
Flaschengrün	22 p i	Lehm.....	3 e a
Fleisch	7 i a	Lila	11 l e
Lindenblüte	24 c a	Rehbraun	5 l g
Mahagoni	7 p n	Reseda	24 l c
Mais	2 e a	Rosa.....	8 g a
Malve	13 i e	Rosenholz.....	7 g c
Mandelgrün	21 i a	Rostbraun	3 p c
Marienblau	16 n a	Rubin	10 p e
Marineblau	13 p e	Russischgrün	21 p l
Marron.....	12 p i	Safran	6 p a
Mauve.....	10 i g	Safrangelb	3 p a
Mausgrau.....	14 n l	Samtschwarz.....	t
Meergrün.....	22 i a	Sand.....	3 g e
Milchfarben.....	17 d a	Saphirblau	17 p e
Mimose.....	1 l a	Scharlach	8 p a
Mode	3 l g	Schieferblau.....	13 l i
Moosgrün	22 p-l	Schokolade	6 n i
Nachtblau	16 l c	Schwefel (gelb)	1 l c
Nachtgrün.....	16 p g	Silbergrau	e
Neger.....	6 p n	Smaragd.....	19 p c
Nelkenbraun.....	7 p g	Sonnenbrand.....	6 e a
Neublau	13 p e	Stahlblau.....	14 p g
Ochsblut	7 p l	Stahlgrün	18 p g
Ocker	4 l e	Steingrau.....	5 g e
Olive.....	22 p l	Strohgelb	2 e a
Orange.....	5 l a	Tabak.....	4 p i
Pastellblau	16 g a	Taubenblau.....	11 l i
Pensée.....	10 r l	Taubengrau.....	13 i e
Perlgrau	14 e c	Taupe.....	8 p n
Pfaublau	17 r e	Terrakotta	6 g c
Pflaumenblau	11 r l	Türkis	15 p e
Porzellanblau.....	14 l a	Veilchenblau, -farben.....	12, 5 r e
Primel.....	2 l a	Wasserblau	13 p a
Purpur.....	8 p a	Weinrot.....	9 p g
Querzitrongelb	2 l a	Ziegelrot	6 p c
Rauchblau.....	15 g e	Zinnoberrot.....	6 n a
Rauchfarbe	16 i g	Zitrongelb.....	1 p a
Rauschgrün.....	22 n e		

Mittelfarben: Farben aus der Mitte der farbtongleichen Dreiecke, etwa l e-Kreis. – Sattfarben: Vollfarben aus dem p a-Kreis. – Schecken: ungleiche Farben nebeneinander. – Schillerfarben: zwei (oder drei) ungleiche Farben in periodischem Wechsel nebeneinander, je nach der Blickrichtung bald die eine, bald die andere hervortreten lassend, z.B. in Kette und Schuß eines Gewebes.

Farbordnung

Das Farbzeichen ermöglicht die Ordnung der Farben frei von aller Willkür. Man teilt zunächst nach den Farbtönen in 24 Hauptgruppen ein. Innerhalb dieser farbtongleichen Hauptgruppen unterteilt man dann nach der Reinheit in die acht Untergruppen 0-XIV.¹⁴ In den Reinheitsreihen läßt man schließlich die Farben von hell nach dunkel verlaufen. Man kann so sämtliche Farben auf einer Schnur aufreihen und trotzdem jede einzelne im Nu finden. Man braucht nur zunächst nach der Farbtonnummer und dann nach der Reinheit zu fragen.

Musterkarten, die so nach den Farbzeichen geordnet sind, gewähren zweifellos einen schöneren Anblick als die früheren willkürlichen Anordnungen.

Farbnormung

Die Farbzeichen liefern, da sie im logarithmischen Dreieck gesetzlich abgestuft sind, zugleich die gleichabständigen Farbnormen. Daß die Farbnormen von Wilhelm OSTWALD auf Papier veranschaulicht worden sind, ist ein besonderer Vorteil, weil Papier einen fast glanzlosen Untergrund abgibt. Der Glanz wird zwar bei der Farbmessung (Abschnitt 2) ausgeschaltet, aber er kann doch bei der Betrachtung ohne Photometer sehr dadurch stören, daß er je nach der Richtung von Lichteinfall und Beobachtung Weiß zumischt oder fortnimmt.

¹⁴ Jede zweite Ziffer wird nicht genutzt, um die Möglichkeit für die weitere Untergliederung offen zu halten.

3 Physikalische Nutzenwendungen

Zu den physikalischen Nutzenwendungen gehören Farbmessung, Glanzmessung und additive Farbmischung (Lichtmischung).

3.1 Farbmessung

3.1.1 Messung unbunter Farben

Photometer

Die unbunten oder grauen Farben werden im **Halbschatten-Photometer** gemessen, z. B. in der ursprünglichen von OSTWALD entworfenen Form des Hasch oder auch in dem von Carl PULFRICH¹⁵ erdachten Photometer.

Das Hasch besteht nach W. DOUGLAS¹⁶ aus einem innen geschwärzten Kasten, der durch eine senkrechte Wand in zwei Abteile geteilt ist. An der vorderen, dem Lichte zugekehrten Seite des Kastens ist ein unter 45° ansteigender Doppelschlot angebracht. Da alle weißen Flächen etwas spiegeln, betrachtet man senkrecht zur Fläche bei einem Lichteinfall unter 45°. Die Öffnungen des Schlotes können durch Schieber mit Zahn und Trieb voneinander unabhängig geschlossen werden. Auf dem Boden des einen Abteils befindet sich ein flaches Kästchen mit dem Normalweiß, hergestellt durch sorgfältiges Glattdrücken einer gesiebten Schicht von chemisch reinem Bariumsulfat mittels eines Stückchens Spiegelglas, auf dem Boden des anderen Abteils der Meßling. Auf dem Kasten befindet sich ein WOLFScher Prismenkopf, der beide Bodenflächen fast ohne Trennungslinie zu vergleichen gestattet.

Die Handhabung des Apparates wurde von der Herstellerin, der Firma JANKE & KUNKEL, Köln, folgendermaßen beschrieben:¹⁷

1. Man stellt den Apparat in einem halbdunklen Raum zunächst dem Fenster so auf, daß er gegen den Himmel schaut, ohne daß störende Gegenstände (Fensterkreuz, Schornsteine usw.) in der Richtung liegen. Das Fenster wird mit Mattglas versehen. Auch kann man ein Blatt weißes Seidenpapier mit flüssigem Paraffin auf die Scheibe kleben. Durch Zudecken mit Pappe oder schwarzem Papier blendet man alles Licht vom Fenster ab, das nicht unmittelbar in die Öffnungen des Hasch fällt.

2. Es wird in jeden der beiden Rahmen ein Blatt Normalweiß gelegt. Der linke Spalt wird auf 100 gestellt, der rechte auf 70. Man sieht in das Rohr und verstellt es durch Ausziehen oder Einschieben, bis man die Trennungslinie scharf sieht. Dann stellt man den rechten Spalt weiter, bis der Unterschied beider Hälften des Gesichtsfeldes verschwunden ist. Man läßt das Auge eine Minute lang ausruhen, stellt rechts scharf auf Gleichheit ein, liest die Skalenstellung durch die Lupe ab, schreibt die Zahl

¹⁵ Carl PULFRICH (1858-1927), 1890 Abteilungsvorsteher für optische Instrumente im Zeiss-Werk Jena, Begründer der Stereophotogrammetrie, wandte sich 1920 der physiologischen Optik zu, schuf 1925 ein Stufenphotometer, das als Farb- und Trübungsmesser sowie als Kolorimeter diente.

¹⁶ William DOUGLAS, 1919 Assistent von W. OSTWALD in Großbothen.

DOUGLAS, William: Das Halbschattenphotometer : ein wissenschaftliches Hilfsmittel für die Textilindustrie, insbesondere den Bleicher. In: Textilber. 2 (1921), Nr. 22, S. 411-414.

¹⁷ o. A.: Das Halbschattenphotometer. In: Textilber. 3 (1922), Nr. 1, S. 19.

auf, die nahe an 100 liegen wird und wiederholt die Einstellung zehnmal. Aus den Werten nimmt man das Mittel und stellt dieses rechts ein. Dann sind beide Seiten des Hasch gleich beleuchtet.

3. Nun wird das Normalweiß aus dem rechten Rahmen entfernt und zurückgelegt. An seine Stelle kommt das zu messende Grau. Man verstellt nun den Spalt auf der linken Seite, bis Gleichheit erreicht ist, verbessert mit ausgeruhtem Auge die Einstellung, liest ab und wiederholt dies einige Male. Aus den erhaltenen Zahlen nimmt man den Mittelwert, der die Helligkeit in Hundertsteln mit einer Stelle hinter dem Komma ergibt.

4. Von Zeit zu Zeit sieht man durch Einlegen von Normalweiß auf der rechten Seite und Einstellen links nach, ob man 100 (mit Abweichungen innerhalb der Versuchsfehler) erhält. Macht sich eine deutliche Abweichung geltend, so wiederholt man die unter 2) beschriebene Einstellung und setzt mit dieser die Messungen fort.

5. Fühlt man das Auge ermüdet, so unterbricht man die Messungen eine Zeitlang, da sie alsdann viel ungenauer werden.

An Stelle des Blatt Normalweiß benutzt man neuerdings Barytweiß in Pulverform; gegenwärtig werden die Halbschattenphotometer auch mit einer geeigneten Vorrichtung versehen, um Glanz-Messungen gleichzeitig zu ermöglichen.

Das PULFRICH-Photometer

Das PULFRICH-Photometer (Abb. 8) unterscheidet sich vom Hasch durch folgende zwei Verbesserungen:

- Der Spalt befindet sich nicht zwischen Lichtquelle und Meßling, sondern zwischen Meßling und Auge.
- Der Spalt schließt sich nicht proportional der Intensität des durchgelassenen Lichtes, sondern proportional der Wurzel aus dieser Intensität.

Dies wird auf folgende Weise bewirkt: in dem monokularen Doppelfernrohr läßt sich das Okular 3 auf die Trennungslinie der beiden Okularprismen einstellen (Abb. 9). Die reellen Bilder der beiden Objekte, die sog. Austrittspupillen der beiden Fernrohre, fallen mit ihren Mitten genau zusammen. Man sieht daher beim Einblick in das Okular zwei in der Trennungslinie zusammenstoßende Halbkreise.

Unterhalb der Objektiv befinden sich quadratische Blenden. Sie lassen sich meßbar verändern, indem zwei rechtwinklig eingekerbte Spaltbacken mit einer Mikrometerschraube 2 in der Richtung der Diagonalen symmetrisch verschoben werden können. Abb. 10 zeigt die Meßblende verzögert. Das Photometer eignet sich daher besonders für die Messung geringer Weißgehalte.

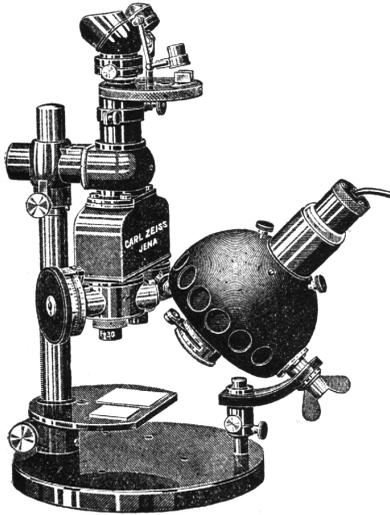


Abb. 8: Pulfrich-Photometer

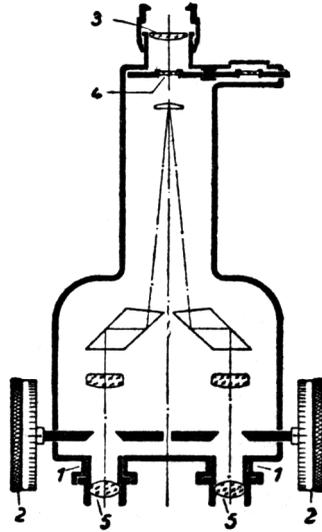


Abb. 9

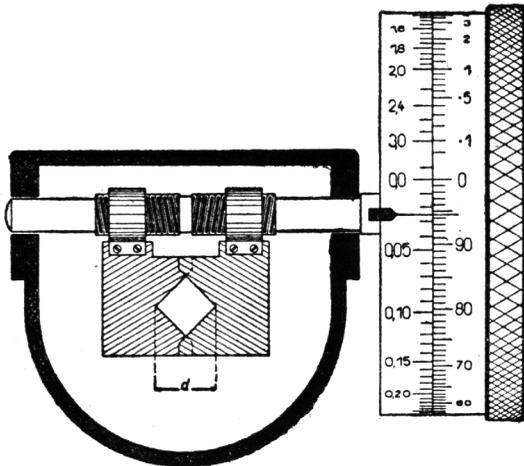


Abb. 10

Die Arbeitsweise ist ähnlich wie im Hasch. Zunächst gibt man dem Apparat die Nullstellung. Je ein Normalweiß wird auf beide Seiten des Objektisches gelegt,

und der Apparat so dem Tageslicht ausgesetzt, daß beide Halbkreise gleichhell erscheinen, wenn die Meßtrommel auf 100 einspielt. Dann ersetzt man das eine Normalweiß durch den Meßling.

Das Polarisations-Photometer

Das Polarisations-Photometer von Carl ZEISS,¹⁸ Jena, Polaphot, erreicht durch die Verwendung polarisierten Lichtes, daß

- bei Einstellung auf Gleichheit die Trennungslinie zwischen beiden Gesichtsfeldern ganz verschwindet,
- die Meßergebnisse von der Lage des Beobachterauges unabhängig werden und
- verhältnismäßig kleine Durchlässigkeitswerte unmittelbar gemessen werden können ohne Grobabschwächung des Barytweiß durch Graufilter.

Polaphot ist in Meß 700 von ZEISS¹⁹ beschrieben.

Das Kugelreflektometer

Die seitliche Beleuchtung unter einem Winkel von 45° macht die Zurückwerfung des Lichtes abhängig von dem Gefüge der Oberfläche des Meßlings und von der Lage, in der er sich zufällig befindet. Diese Fehlerquelle wird beseitigt durch das Kugelreflektometer (Abb. 11) in Verbindung mit dem PULFRICH-Photometer. Hier wird der Meßling gleichmäßig aus allen Richtungen beleuchtet durch Licht, das von der mit Barytweiß belegten inneren Wand der Hohlkugel zerstreut zurück geworfen wird.

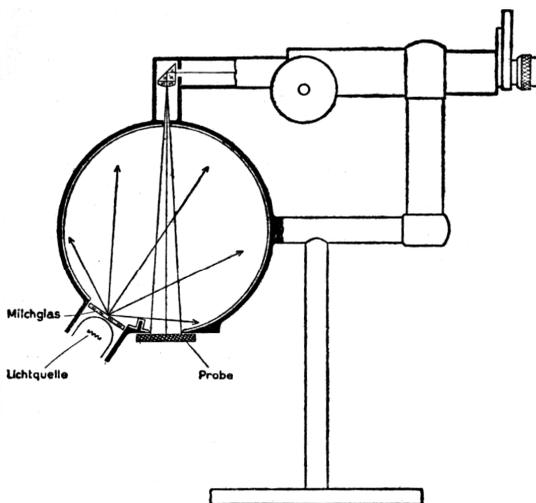


Abb. 11: Kugelreflektometer

Die Photozelle

Neuerdings werden Helligkeiten mit der photoelektrischen Zelle gemessen; sie ist empfindlicher als das menschliche Auge; die Genauigkeit bei der Ablesung mit der Photozelle erreicht 0,01 % gegen nur 1 % bei der Ablesung mit Augenphotometern.

Man muß indes bedenken, daß die Zelle nur gegen Unterschiede in der Helligkeit empfindlich ist, nicht gegen Weiß als solches, so wie es vom Auge gesehen wird.

¹⁸ Carl ZEISS (1816-1888), Gründer der optischen Werkstätten Jena.

¹⁹ Druckschrift der Firma Carl Zeiss Jena.

Farbunterschiede „sieht“ sie nicht so wie das Auge. Sie zeigt z. B. Blau viel stärker an als Weiß.²⁰

Das Vergleichsverfahren (Graumessung)

Anstatt das dem Meßling gleiche Grau im Photometer durch Drosselung der Lichtzufuhr zum Barytweiß zu erzeugen, kann man es auch auf der Grauleiter (Abschnitt 1) mit abgestuften Graunormen aufsuchen. Meistens wird das Grau des Meßlings zwischen zwei Stufen liegen; dann läßt sich aber der Abstand vom nächstliegenden Grau schätzen und zahlenmäßig ermitteln.

Man legt den Meßling so unter die Leiter, daß man ihn zwischen den Sprossen der Leiter sehen kann. Die Leiter muß so gegen das Licht gelegt werden, daß Schatten nicht gebildet werden können. Das Verfahren mit der Grauleiter ist einfacher und billiger und verdient den Vorzug überall, wo es auf äußerste Genauigkeit nicht ankommt.

3.1.2 Messung bunter Farben

Die Schwierigkeit

Die bunten Farben setzen sich aus drei unabhängigen Veränderlichen zusammen gemäß der Gleichung

$$v + w + s = 1.$$

Es müssen also drei Größen ermittelt werden, was zweifellos eine Erschwerung bedeutet.

Auch hier wie bei den grauen Farben war sich OSTWALD wohl bewußt und befand sich damit in voller Übereinstimmung mit HERING (Abschnitt 1), daß die Farbe als Empfindung sich nicht unmittelbar messen läßt, sondern nur durch Zuordnung zu einer physikalisch genau definierten Größe. Es handelte sich also darum, physikalische Messungen in die psychologische Empfindung der Farbe zu übersetzen.

Die alte Farbenlehre hatte nach dem Spektralverfahren Messungen angestellt und sie auch anschaulich durch die Absorptionskurve, den Schluckzug, dargestellt, der für jede Wellenlänge durch seine Höhe den Bruchteil des verschluckten Lichtes angibt. Aber sie hat keine Anweisung gegeben, wie aus solch einem Schluckzug die zugehörige einheitliche Farbempfindung entnommen werden kann. Natürlich kann man sagen, daß eine Kurve mit starker Absorption im Laubgrün auf eine veile Farbe hindeutet; aber welche? Erstes, zweites oder drittes Veil? Klar oder trüb? Blaß oder dunkel?

Erst OSTWALD hat die physikalischen Ursachen der Farbempfindungen, nämlich die Mischungen der Lichter verschiedener Wellenlängen, und andererseits eben diese Empfindungen, nämlich die psychologischen Wirkungen in Beziehung gesetzt. Um die gesetzlichen Beziehungen zwischen den beiderseitigen Gliedern auszusprechen, muß jedes Glied der beiden Gruppen genau definiert sein. Das Spektrometer gibt die physikalische Definition. Die psychologische Definition war aber bisher nicht vorhanden, und es bestand keine Möglichkeit, beide Gruppen in Beziehung zu bringen. OSTWALD hat für die psychologische Gruppe die bisher fehlenden Definitionen ge-

²⁰ vgl.: RISTENPART, Eugen: Photozelle und Auge. In: Melliand-Textilber. 17 (1936), Nr. 9, S. 732.

ben, indem er die psychologischen Elemente der Farben, nämlich Vollfarbe, Weiß und Schwarz ermittelt und ihre Messung gelehrt hat. Dagegen vermag die von Physi-kern vorgeschlagene Kennzeichnung des farbigen Eindrucks durch Angabe der zur Erzeugung der betreffenden Farbe benötigten Mengen von drei Normalreizbeträ- gen²¹ trotz ihrer genauen Messung und Berechnung keine klare Vorstellung von der Farbempfindung zu vermitteln.

Messung des Farbtons mit dem Spektrometer

Den 24 Farbtönen des OSTWALDSchen Farbkreises werden die Wellenlängen ihrer chromatischen Schwerpunkte zugeordnet. Die chromatischen Schwerpunkte sind die Lichter einer Wellenlänge, welche übrigbleibt, wenn das Farbenhalb des Farbtons, also seine Vollfarbe, beidseitig symmetrisch soweit eingeeengt wird. Diese farbtonglei- che Wellenlänge wird bekanntlich aus der nach KOENIG-MARTENS²² gemessenen Lichtfunktion berechnet. Man erhält so den Normalfarbkreis.

Liegen ziemlich reine Farben zur Messung vor, so kann man auch die dem fragli- chen Farbton zukommende Wellenlänge auf folgende Weise bestimmen:

Man entfernt aus dem Spektrometer das Okular und ersetzt es durch einen schma- len Spalt, der genau in der Bildebene des vom Objektiv abgebildeten Spektrums liegt. Der Spalt wird dann erfüllt von Licht einheitlicher Farbe, je nach Stellung des Fern- rohrs und Prismas, und in Übereinstimmung mit der Farbe, die bei aufgesetztem Oku- lar mitten im Gesichtsfeld liegen würde.

Mit dieser Spektralfarbe wird die zu untersu- chende reine Farbe verglichen, indem man eine 4 cm² große Fläche in passendem Hintergrund hält. Mit Hilfe einer Mikrometerschraube wird der Tisch mit dem Prisma gedreht, bis beide Far- ben übereinstimmen. Zugleich sorgt man für gleich helle Beleuchtung auf beiden Seiten. Die zugehörige Wellenlänge wird an der Trommel, die mit der Mikrometerschraube verbunden ist, abgelesen.

So hat OSTWALD die zu den Nummern seines Farbtonkreises zugehörigen Wellenlängen ermit- telt (Abb. 12).

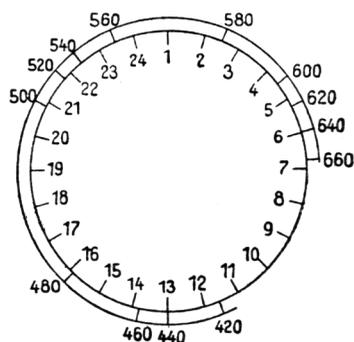


Abb. 12: innerer Kreis = Farbtöne, äußerer Kreis = Wellenlängen

Das Vergleichsverfahren (Farbtonmessung)

Man kann auf einer genormten Farbtonleiter denjenige Farbton aufsuchen, der mit demjenigen des Meßlings Gegenfarbe ist, also sich zu Grau kompensiert, oder denje- nigen, der mit dem des Meßlings übereinstimmt.

²¹ RICHTER, Manfred: Trichromatische Farbreiz-Kennzahlen, vgl. Fußnote 8, S. 101-102.

²² KÖNIG, A.: Ein neues Spektralphotometer. In: Wied. Ann. d. Phys. u. Chem. 53 (1894), S. 785-792.
MARTENS, E. F. ; GRÜNBAUM, F.: Über eine Neukonstruktion des Königschen Spektralphotometers.
In: Ann. d. Phys. u. Chem. 4. F. 12 (1903), S. 984-1003.

OSTWALD schreibt zur Theorie der vollständigen Farbmessung: „Nehmen wir an, daß die vorgelegte Farbe, deren Farbton f_1 , deren Reinheit r_1 und deren Weiß w_1 sein soll, auf dem Pomi neutralisiert ist, indem wir links von ihr die Karte aus dem Farbkreis mit den entsprechenden Werten f_0 , r_0 und w_0 hingelegt, und den Winkel, unter welchen die Neutralisation stattfindet abgelesen haben. Das Grau, welches die gleiche Helligkeit gezeigt hat wie das Mischgrau der neutralisierten Farbe, sei g . Dann werden wir g als Funktion der oben gegebenen Daten darstellen und die erhaltenen Gleichungen nach r bzw. w auflösen, um die gestellte Aufgabe zu erledigen.“²³

Zum Aufsuchen der Gegenfarbe benutzte OSTWALD 1915 das etwa 1895 von Carl ZEISS für E. HERING gebaute, etwas abgeänderte Photometer, seinen Polarisationsfarbmischer „Pomi“.

Er wurde von C. PULFRICH folgendermaßen beschrieben:²⁴

„Er besteht aus einem senkrechten Rohr mit einem darin eingesetzten Kalkspatprisma KP (Abb. 13) und einem darüber gesetzten drehbaren Nikol N mit dem Teilkreis TK und Index I.

Auf dem vom Tageslicht beleuchteten Tisch unterhalb des Rohres legt man die auf ihre Eigenschaft als Gegenfarben zu prüfenden Farbtäfelchen a und b (Abb. 14) so nebeneinander, daß ihre Trennungslinie auf der Richtung, in der das eine Bild gegen das andere verschoben erscheint, senkrecht steht. Ist dann die Breite der Täfelchen so bemessen, daß sie gleich ist dem Abstand des ordentlichen Bildes a_o vom außerordentlichen Bild a_e , so sieht man beim Durchblick durch das Rohr drei Bilder, von denen das mittlere von der Übereinanderlagerung des ordentlichen Bildes b_o mit dem außerordentlichen a_e herrührt (Abb. 15).

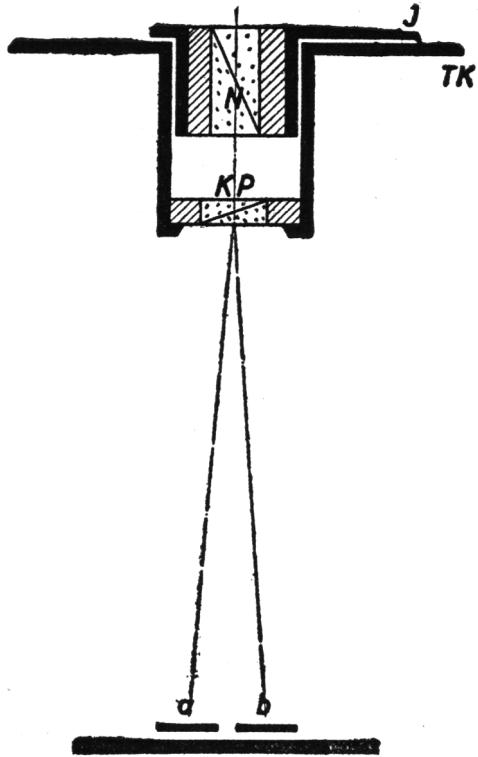


Abb. 13: Pulfrich-Photometer

²³ OSTWALD, Wilhelm: Physikalische Farbenlehre, vgl. Fußnote 7, S. 214.

²⁴ PULFRICH, Carl: Über ein den Empfindungsstufen des Auges tunlichst angepaßtes Photometer, Stufenphotometer genannt, und über seine Verwendung als Farbmesser, Trübungsmesser, Kolloidometer, Kolorimeter und Vergleichsmikroskop. In: Zeitschr. f. Instrumentenkunde. Tl 2. 45 (1925), Nr. 3, S. 109-120.

Als dann hat der Beobachter die Aufgabe, diejenige Winkelstellung des Nikols N aufzusuchen, in der die gesuchte Graufärbung des mittleren Streifens eintritt.

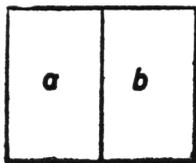


Abb. 14

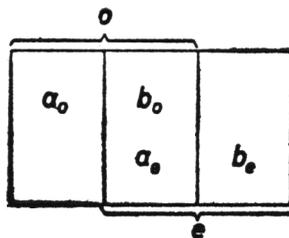


Abb. 15

Nun aber wird das Urteil über das Grau des mittleren Streifens beeinträchtigt durch die Nachbarschaft der beiden verschiedenfarbigen Bilder a_0 und b_e und durch die von ihnen ausgehende Kontrastwirkung. Um sich dieser Störung tunlichst zu entziehen, wendet OSTWALD einen hübschen Kunstgriff an, indem er quer über die beiden farbigen Täfelchen a und b ein neutrales Grauplättchen g legt, das dem Grau der Mischung tunlichst nahe kommt (Abb. 16). In der Schlußstellung sieht der Beobachter sechs Bilder, nämlich a_0 , $b_0 = a_e$, b_e , g_0 , g , g_e , von denen die beiden stark umrahmten mittleren tunlichst gleich sein sollen“ (Abb. 17).

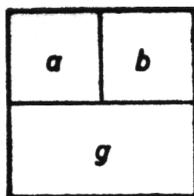


Abb. 16

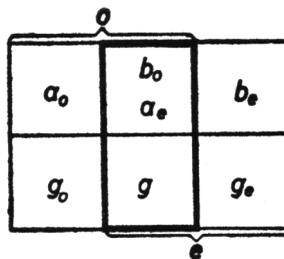


Abb. 17

Anstatt die zu vergleichende Normfarbe jedesmal auszuwechseln, schiebt man bequemer einen Pappstreifen unter dem Meßling hin und her, auf dem die Normfarben der Reihe nach aufgeklebt sind.

Der Meßling muß als ebene, geradlinig begrenzte Platte 20 mm breit vorliegen.

Das Wollastonprisma KP mischt jeweils gleiche Mengen beider Farben. Um die Anteile nach Bedarf verändern zu können, ist über dem Wollastonprisma das Nicolprisma N drehbar angebracht. Steht der Zeiger auf 45° , so sind beide Anteile immer noch gleich. Steht er auf 0° , so ist der linke Anteil verschwunden und, wenn er auf 90° steht, der rechte. Durch passende Einstellung des Nikols kann man beide Gegenfarben im umgekehrten Verhältnis ihrer Reinheit mischen, so daß neutrales Grau entsteht.

Hat man z. B. den Farbton eines Grün zu messen, so wird man finden, daß bei der 45°-Stellung des Nikols das Rot des Meßstreifens in der Mischfarbe überwiegt, weil es reiner ist. Man verschiebt dann in der Richtung auf 90° und wird bald eine Stellung finden, bei welcher weder Rot noch Grün vorherrscht. Das Grau wird aber entweder noch gelblich oder bläulich sein. Ist es noch gelblich, so verschiebt man den Streifen nach links zu einem blauerem Rot hin, ist es noch bläulich nach rechts zu einem gelberem.

Da man den Farbton der Gegenfarbe ermittelt, hat man zum Schluß 12 hinzuzuzählen, um den Farbton des Meßlings zu erhalten.

Die direkte Methode

Im PULFRICH-Photometer (Abb. 8) wird die Mischung der beiden Farben nicht durch Übereinanderlagerung mittels eines Kalkspatprismas, sondern durch unmittelbare Vereinigung beider Bilder durch eine Sammellinse 5 (Abb. 9) auf der Netzhaut des Auges bewirkt.²⁵

Zu diesem Zweck schraubt man an die beiden Gewinde 1 (Abb. 9) die Mikroskopobjektive 5 ($f = 30$ mm) an. Auf die Bodenplatte rechts unter die Öffnung des Objektivtisches legt man Normalweiß, links ein Schieberbrettchen mit den beiden Farbtäfelchen; das Brettchen wird durch ein Lager links und Säule und Stift rechts auf der Bodenplatte geführt. Da die Täfelchen wohl kaum so scharf aneinanderstoßen, daß der Rand keinen Schatten würfe, läßt man das dem Beobachter zugewandte ein wenig über das von ihm abgewandte übergreifen. Das obliegende Täfelchen muß durch eine geeignete Unterlage zum unten liegenden parallel gemacht werden. Bringt man nun das Photometer in seine tiefste, durch einen Anschlag begrenzte Stellung, so fällt das Bild der beiden Farbtäfelchen in die Ebene der quadratischen Blende und erscheint als linker Halbkreis der Austrittspupille. Im rechten Halbkreis erscheint das Normalweiß und kann durch Einengen seines Spaltes auf Neutralgrau herabgestimmt werden.

Haben wir z. B. Rot 7 und Grün 19, so mischen sich diese nicht ohne weiteres auf der Netzhaut des Auges zu Grau, sondern eins von beiden wird vorherrschen. Durch vorsichtiges Verrücken des Schiebers verschiebt man zugleich die Trennungslinie zwischen Rot und Grün in der Austrittspupille und findet die Lage, in der der linke Halbkreis nicht mehr rötlich oder grünlich, sondern neutral grau wie der rechte Halbkreis aussieht.

Zwischen Okular und Gesichtsfeld befindet sich eine Drehscheibe mit acht Löchern zum Einsetzen der sieben Farbfilter für die anschließende Messung des Weiß- und Schwarzgehaltes (Abschnitt 3.1.2).

Der ausgezeichnete Fall

Die alte Farbenlehre hatte die der OSTWALDschen Vollfarbe entsprechende Sättigung, die zweite unabhängige Veränderliche der Farbe nach HELMHOLTZ, aus der Farbtafel abgelesen, die man nach dem Spektralverfahren durch Messungen mit dem Spektralphotometer erhält. Nach den Mischungsgesetzen wird die Sätti-

²⁵ Ebenda, Tl. I. 45 (1925), Nr. 1, S. 35-44.

gung durch das Verhältnis der Strecke Farbreiz-Weißpunkt zur Strecke Spektralreiz-Weißpunkt gemessen. OSTWALD setzte an die Stelle des Sättigungs- bzw. Vollfarbanteils die Ergänzung der Summe von Weiß + Schwarz zu 1

$$v = 1 - (w + s).$$

Die Aufgabe lautete also: Wie bestimme ich den Weiß- und den Schwarzgehalt einer Farbe?

OSTWALD löste die Aufgabe dadurch, daß er sein Vergleichsverfahren (Abschnitt 3.1.2) anwandte, aber unter Benutzung des ausgezeichneten Falles, d. h. unter Beleuchtung mit gleich- bzw. gegenfarbigem Licht.

OSTWALD schreibt in seiner Autobiographie: „Um diesen Gedanken wirksam zu machen, mußte ich nun den ausgezeichneten Fall (oder die ausgezeichneten Fälle) für die vorliegende Aufgabe ausfindig machen. Ich will nicht die mancherlei vergeblichen Bemühungen beschreiben, die mich quälten; ich habe sie glücklicherweise vergessen. Die erfolgreichen Gedanken waren folgende.

Wodurch ist die Buntfarbe von der grauen verschieden? Durch die Anwesenheit der bunten Vollfarbe. Kann ich diese auf irgendeine Weise unwirksam machen, so wird sie mich bei der Messung nicht mehr behindern.

Kann ich nun der bunten Umwelt ihre Buntheit nehmen? Natürlich nicht unmittelbar, sondern nur in ihrem Aussehen, für mein Auge. Ja, wenn ich sie durch ein rotes oder blaues oder sonst tief gefärbtes Glas betrachte. Durch ein blaues Glas sieht die ganze Welt blau aus, aber nicht gleichförmig, sondern mit Schatten und Licht, wie ein unbuntes Bild. Wenn ich also irgendein buntes Papier durch das blaue Glas ansehe, so wird es ein bestimmtes Blau zeigen, welches ebenso hell oder dunkel aussieht, wie ein passend gewähltes Grau; ich bin also in ganz ähnlichen Verhältnissen, wie bei der Messung eines grauen Papiers mittels der Grauleiter. Wie das aber zu deuten ist, weiß ich noch nicht.

Hier kommt nun der Satz vom ausgezeichneten Fall zu Hilfe, da in ihm die Verhältnisse einfacher werden. Gegeben sei ein rotes Papier; wo ist hier der ausgezeichnete Fall zu finden? Offenbar, wenn das bunte Glas oder Lichtfilter auch rot ist. Und noch einen ausgezeichneten Fall gibt es: jede bunte Farbe hat ihre Gegenfarbe (Komplementärfarbe), die ihr polar gegenüber steht. Also auch ein seegrünes Lichtfilter wird einen ausgezeichneten Fall ergeben, denn Seegrün ist die Gegenfarbe von Rot.

Wir betrachten zuerst den zweiten Fall; er hat sich als der einfachere herausgestellt. Das seegrüne Filter hat die Eigenschaft, daß es alles rote Licht verschluckt und nur grünes durchläßt. Wäre mein rotes Papier rein rot, so würde es hinter dem seegrünen Filter vollkommen schwarz aussehen. Solche Papiere gibt es nicht; neben der roten Vollfarbe ist immer noch Schwarz und Weiß vorhanden und solches Papier ist hinter dem Filter nicht rein schwarz, sondern heller.

Wovon? Das rote Licht geht nicht durch; der schwarze Anteil gibt kein Licht. Wohl aber der weiße Anteil. Weißes Licht enthält alle Farben vollständig, also auch Seegrün. Soviel Weiß im roten Papier vorhanden ist, soviel Seegrün geht durch das Filter. Dasselbe gilt für den weißen Anteil im Grau der Grauleiter. Sehen beide gleich aus, so enthalten beide also gleich viel Weiß. Da man den Weißgehalt der Grauleitern kennt, so kennt man auch den Weißgehalt des roten Papiers.“²⁶

²⁶ OSTWALD, Wilhelm: Lebenslinien : eine Selbstbiographie. Bd. 3. Berlin : Klasing, 1927, S. 380-381.

Die gleichfarbige Beleuchtung wird durch Einschlebung eines Paßfilters, die gegenfarbige durch Einschlebung eines Sperrfilters bewirkt.

J. H. LAMBERT

Schon Johann Heinrich LAMBERT hatte in seiner „Photometrie“²⁷ 1760 den Versuch beschrieben, nach welchem ein rotes und ein weißes Papier gleich hell aussehen, wenn sie mit rotem Licht beleuchtet werden. OSTWALD knüpfte daran die Überlegung: enthält die Farbe des roten Papiers neben Rot Schwarz, dann kann es nicht mehr so hell aussehen wie Weiß, sondern nur noch so hell wie das Grau, das ebensoviel Schwarz enthält.

Und umgekehrt in gegenfarbigem, also grünem Licht wird das rote Papier ebenso hell aussehen wie das Grau, das ebensoviel Weiß enthält.

Die Messung nach dem Filterverfahren

Die Messung von Weiß und Schwarz kann auf demselben Ständer ausgeführt werden, auf dem der Farbton bestimmt wurde (Abschnitt 3.1.2, Abb. 13). Es braucht nur das Prismenrohr durch ein einfaches, innen geschwärztes Sehrohr mit seitlichen Schlitzfenstern zum Einschleben der Lichtfilter ersetzt zu werden. Man legt den Meßling auf das Schaublech, und zwar so, daß die Kante etwas schräg von oben rechts nach unten links verläuft, damit keine Schlagschatten im Gesichtsfeld erscheinen. Man bewegt darunter die Grauleiter so lange hin und her, bis der Meßling ebenso hell erscheint wie eine der Graustufen oder bis seine Helligkeit zwischen denjenigen zweier benachbarter Graustufen liegt. Im zweiten Falle schätzt man den Zwischenwert. Die Felder der Grauleiter sind zwischen 100 und 10 von 5 zu 5, unterhalb 10 von 2 zu 2 Hundertsteln abgestuft.

Die Filter

Theoretisch sollte jede Farbe ihr eigenes Filter haben; man kann jedoch ein für einen gegebenen Farbton geeignetes Filter für einen ausgedehnten Bereich benachbarter Farbtöne mitverwenden.

Gute Farbfilter erkennt man daran, daß sie einen möglichst reinen Farbtonkreis in eine helle und dunkle Hälfte mit nur kurzen Übergängen teilen. Bei schlechten Filtern sind beide Hälften verkürzt und es zeigen sich mehr oder weniger lange farbige Übergänge. Gute Lichtfilter für Farbmessung hat zuerst Alexander von LAGORIO²⁸ hergestellt.²⁹ Die Filter werden hergestellt durch Mischen geeigneter wasserlöslicher Farbstoffe mit Gelatine und Trocknen der Lösungen auf Glasplatten. Zum Schutz

²⁷ Johann Heinrich LAMBERT (1728-1777), Astronom, legte 1772 das erste dreidimensionale Farbsystem vor, vgl. LAMBERT, J. H.: Lambert's Photometrie (Photometria sive de mensura et Gradibus luminis, colorum et umbrae; 1760): Heft 1-3. Leipzig : Engelmann, 1892. - (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften ; 31-33); auch LAMBERT, J. H.: Die Farbenpyramide. In: Die Farbe. Abt. 1 (1922/100), Nr. 28, S. 32 (57).

²⁸ Alexander von LAGORIO (1852-1944), 1880 Prof. f. Mineralogie an der Univ. Warschau, 1921-1923 Leiter der wissenschaftlichen Abteilung der Werkstelle für Farbkunde in Dresden.

²⁹ OSTWALD, Wilhelm: Beiträge zur Farbenlehre. Leipzig : Teubner, 1917, S. 543-550. (Abh. der Kgl. Sächs. Ges. der Wiss. Math.-phys. Kl. ; Bd. 34, Nr. 3).

wird ein Deckglas aufgeklebt und das Ganze an den Rändern mit schwarzem Papier eingefasst.

LAGORIO fand, daß 7 Filter für 5 Farben nötig waren:

Gelb (1), Rot (2 und 2a), Blau (3 und 3a), Seegrün (4) und Laubgrün (5).

Die sieben Filter tragen Aufschriften zur Bezeichnung der Nummern des Farbtonkreises, die das Durchlaß- bzw. Sperrgebiet abgrenzen; bei Paßfiltern steht vor der Nummer ein +, bei Sperrfiltern ein -.

Die Meßbereiche der Filter überdecken sich teilweise. Dann mißt man sowohl mit dem einen als auch mit dem andern Filter und wählt für Weiß den kleineren, für Schwarz den größeren Leiterwert.

Man beachte, daß für Schwarz der Leiterwert, der ja für den Weißgehalt gilt, jeweils von 100 abzuziehen ist.

Die gelben Farben erfordern für die Weißmessung beide blaue Sperrfilter.

Die Schwarzmessung bei den Purpurfarben wird dadurch erschwert, daß diese Farben aus Lichtern vom roten und violetten Ende des Spektrums zusammengesetzt sind. Dadurch kann es vorkommen, daß weder das blaue Filter 3a noch das rote Filter 2a die Lichter des Meßlings genügend durchläßt. Infolgedessen sehen Graustufe der Leiter und Meßling verschieden farbig aus und lassen sich nicht vergleichen. In diesem Falle muß die zu große Lücke zwischen beiden Filtern durch ein oder mehrere zwischengeschaltete violette Filter überbrückt werden.³⁰ Ein solches Zwischenfilter läßt sich z. B. mit dem so farbreinen Methylviolett herstellen. Oder man stellt sich gleich eine ganze Reihe von Filtern von Blau bis Rot her, indem man zunächst abgestuftes Ultramarinblaufilter von der vollen Sättigung auf der einen Seite bis zur vollen Durchlässigkeit auf der anderen Seite und dann ein ebensolches Rotfilter herstellt und schließlich beide Filter so übereinanderlegt, daß sich gesättigtes Blau links und gesättigtes Rot rechts befindet. Dazwischen befinden sich alle Zwischenstufen. Die Messung wird dann mit dem Teil des zusammengesetzten Filters vorgenommen, der dem Farbton des Meßlings entspricht.

Metamere Farben

Farben, die gleich aussehen, aber aus verschiedenen Lichtern zusammengesetzt sind, nennt OSTWALD metamere Farben. Sie verraten ihre abweichende Zusammensetzung durch ihre Veränderlichkeit bei verschiedener Beleuchtung, können daher auch bei der Weiß- und Schwarzmessung mit Hilfe von Lichtfiltern verschiedene Werte geben.

Sie lassen sich trotzdem einwandfrei messen, wenn die Filter möglichst ein Farbenhals (Abschnitt 1) durchlassen. Dann mag der Schluckzug innerhalb der Grenzen des Farbenhals ein- oder zwei- oder gar dreigipfelig verlaufen, es wird doch richtig gemessen.

Solche Farben gehören aber zu den Ausnahmen; sie sind mit Recht unbeliebt wegen ihrer Veränderlichkeit im Tages- und Abendlicht und verdanken ihre Entstehung fast immer stümperhafter Herstellung.

³⁰ OSTWALD, Wilhelm: Der natürliche Schwarzgehalt der kalten Farben und ihre Normung. In: Die Farbe. Abt. II. (1925/300), Nr. 42, S. 8.

Die Messung nach dem Spektralverfahren

Umständlicher als das Filterverfahren ist das Spektralverfahren; es möge aber der Vollständigkeit halber erwähnt werden. Man ermittelt mit dem Spektralphotometer die Kurve der Zurückwerfung (Remissionskurve, Schluckzug nach OSTWALD) durch Bestimmung der Schwächung des Lichtes an verschiedenen Stellen des Spektrums. Das Diagramm (Abb. 18) zeigt den Schluckzug eines Grün. Auf der Abszisse sind die Wellenlängen, auf der Ordinate die Helligkeiten eingetragen. Die unterste Gerade mit 100 % stellt Barytweiß, die oberste mit 0 % vollkommenes Schwarz dar.³¹

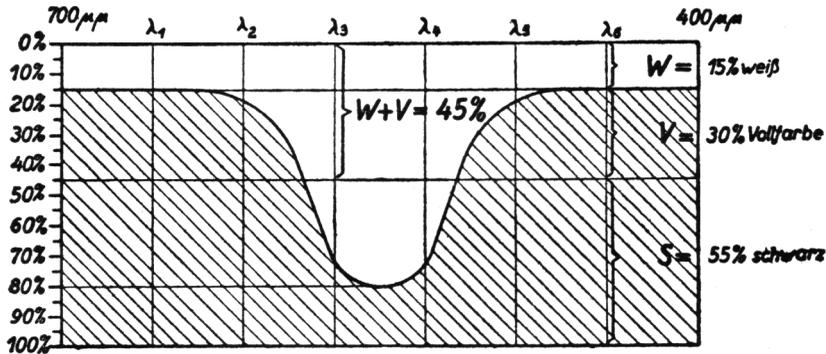


Abb. 18

Die beiden Senkrechten, die das Farbenhalf der Farbe einschließen, teilen das Diagramm in die beiden Rechtecke des Eigen-Farbenhalbs F und des Gegen-Farbenhalbs GF. Durch Ausmessen der Rückwurfsfläche mit dem Planimeter können die Lichtmengen bestimmt werden, die innerhalb F und GF zurückgeworfen werden. Man erhält so unmittelbar:

Lichtmenge in GF	= Weiß
100 - Lichtmenge in F	= Schwarz
Lichtmenge in F - Lichtmenge in GF	= Vollfarbe ³²

Zur Vereinfachung solcher Messungen erfand E. GOLDBERG den Spektrodensographen.³³ Ein neutralgrauer Keil von stetig wachsender Dicke mißt durch Verschiebung den Betrag zurückgeworfenen Lichtes für jede einzelne Wellenlänge und verzeichnet ihn selbsttätig auf Netzpapier. Vgl. Abschnitt 4.

³¹ Vgl. Fußnote 24, S. 111.

³² OSTWALD, Wilhelm: Zur Farbenmessung. In: Zeitschr. f. angew. Chem. 30 (1917), S. 300.

³³ Emanuel GOLDBERG (1881-1970), WS 1904/05-SS 1905 am OSTWALD'schen Institut in Leipzig, 1917 Prof. f. Photochemie an der TH Dresden, Vorstand der Zeiss Ikon AG.
Vgl.: GOLDBERG, Emanuel: Spektrodensograph, ein Registrierapparat zur Ermittlung der Absorptionskurven von Farbstoffen. In: Melliand-Textilber. 8 (1927), Nr. 5, S. 447-449.

Die Farbtafeln

Man sucht auf geordneten Farbtafeln, deren einzelne Farben bereits gemessen sind, die Farbe heraus, die mit der des Meßlings am besten übereinstimmt. Die kleinen Abweichungen lassen sich leicht durch Zwischenschaltung der mit dem Auge geschätzten Werte überbrücken. Derartige Messungen sind leicht auszuführen und daher in Technik und Handwerk beliebt.

Um Meßling und Vorbild möglichst genau vergleichen zu können, müssen beide möglichst nahe zusammengebracht werden. Die beste Anordnung ist die der 28 Farbleitern, das sind Pappstreifen, auf die die 24 Farbtöne der wertgleichen Farbkreise aufgeklebt sind, ähnlich wie bei der Grauleiter kann durch die Lücke zwischen je zwei Nachbarn der darunter gelegte Meßling erblickt werden.

Man ordnet die Leitern am besten nach dem Alphabet ihrer wertgleichen Farbzeichen: c a; e a, e c; g a, g c, g e; i a usw. Die Weißgleichen, abgeteilt hier durch Strichpunkte, folgen einander von der kürzesten bis zur längsten.

Das Aufsuchen des für den Meßling geeigneten Farbtonkreises erleichtert die Übersichtstafel zum Farbatlas.

Man kann auch die farbtongleichen Dreiecke mit Durchblicksspalten versehen und auf den Meßling legen.

Andere Farbatlanten

Es gab schon Farbtafeln vor dem OSTWALDSchen Farbatlas.³⁴ In Deutschland hat sich das System PRASE,³⁵ verwirklicht in BAUMANNs neuer Farbtonkarte,³⁶ in Anstreicherkreisen gut eingeführt; die Karte ist aber weniger wissenschaftlich und mehr nach der Erfahrung zusammengestellt. Sie enthält 48 Farben, deren höchste Reinheit von der Reinheit der zur Verfügung stehenden Mineralfarbstoffe abhängt. Diese reinsten Vertreter werden mit einem ebenfalls technisch bedingten Schwarz verdunkelt und die so erhaltenen Stufen mit einem ebenfalls technisch bedingten Weiß entsättigt. Es besteht so bei Ordnung aller Abkömmlinge eines Farbtons eine „Farbentreppe“, die je nach der Helligkeit des reinsten Vertreters verschieden hoch und je nach dessen Reinheit verschieden lang ist. Strenger wissenschaftlicher Anforderung genügen die 1359 Anstriche nicht.

In den Vereinigten Staaten gibt es zwei Systeme: R. RIDGWAY, Color Standards and Color Nomenclature,³⁷ und A. H. MUNSELL, Atlas of the MUNSELL Color

³⁴ vgl. PANDER, H.: Zur Geschichte der Farbtafeln. In: Photogr. Korresp. (1938), S. 187.

³⁵ Otto PRASE (1874-1956), Malermeister.

³⁶ Der Verlag Paul Baumann in Aue i. Sa. vertrieb seit 1912 Farbtonkarten des Malermeisters PRASE, deren Farbtöne weitestgehend aus Erdfarben gemischt waren.

³⁷ Robert RIDGWAY (1850-1929), Ornithologe.

RIDGWAY geht von einem 36-teiligen empfindungsgemäß gleichabständigen Farbkreis aus. Vom Kreis als Äquator wird ein Doppelkegel errichtet, dessen Achse die unbunten Farben von Schwarz über Grau nach Weiß bildet. Alle 115 Farbproben des Systems sind matte Aufstriche auf Karton. Jede Farbprobe ist durch eine Farbtonnummer, durch Farbtonbuchstaben, durch eine Stufenangabe bezüglich ihres Grauteiles, eine Stufenangabe bezüglich ihres Weiß- bzw. Schwarzanteiles und durch einen Farbnamen gekennzeichnet. Das Farbsystem wurde zur Beschreibung der Vögel Nordamerikas aufgestellt, vgl. RIDGWAY, Robert: Color Standards and Color Nomenclature. Baltimore : Hoen, 1912.

System.³⁸ Daneben hat sich aber bereits die OSTWALDSche Farbenlehre dank uneigennütziger Förderung, besonders durch Hermann ZEISHOLD,³⁹ Elizabeth N. J., eingeführt.

Die 72 Farbstufen RIDGWAYS sind mit Bezug auf ihre Reinheit ebenfalls durch den Stand der Farbstofftechnik bedingt; sie heißen dann „full colors“, haben aber natürlich mit den OSTWALDSchen Vollfarben nichts zu tun. Diese full colors werden mit technisch bedingtem Schwarz abgestuft und mit technisch bedingtem Weiß entsättigt.

MUNSELL ist mehr Künstler als Wissenschaftler.⁴⁰ Die Abstufung beruht mehr auf Empfindung als auf Maß und Zahl. Nur die Helligkeit wird nach einer quadratischen Skala bewertet.

Zugrunde gelegt werden die drei HELMHOLTZschen Veränderlichen, Farbton (Hue), Helligkeit (Value) und Sättigung (Chroma).

Der Farbkreis hat zehn gleichabständige Stufen: Red, Yellow-red, Yellow, Green-yellow, Green, Blue-green, Blue, Purple-blue, Purple, Red-purple, abgekürzt: R, YR, Y, GY, G, BG, B, PB, P, RP. Wo diese zehn Farben nicht genügen, werden ihnen noch 5 vor- und nachgeschaltet und durch Vorsetzen der Ziffern 1 bis 10 unterschieden, so erhält z. B. das Hauptrot das Zeichen 5 R und das Hauptgelb das Zeichen 5 Y.

Die Helligkeit wird durch die Ziffern 0 (Schwarz) bis 10 (Weiß) bezeichnet und hinter das Zeichen für Farbton gesetzt, also 5 R 8 = Rot 5 R mit 8 Helligkeit. Die Grau, die ja keine Farbzeichen haben, erhalten dafür das Zeichen N (Neutral) und dahinter die Helligkeitsziffer, also z. B. N/2.

Die Farbsättigung wird durch eine von 0 (Unbunt) ansteigende Ziffer bezeichnet, die z. B. für ein reines Rot 14 erreicht und hinter die Ziffer für die Helligkeit geschrieben wird, von ihr durch einen schrägen Strich getrennt, also z. B. 5 R 4/14.

Dazu schreibt W. SCHULZE: „Besonders in den USA hat sich das MUNSELL-System durchgesetzt. Es ist im Laufe der Jahrzehnte mehrfach verbessert worden. Wie beim OSTWALDSchen Farbkörper bilden die von Weiß über die verschiedenen Grauwerte nach Schwarz empfindungsgemäß abgestuften unbunten Farben die Achse. Im MUNSELL-Farbkörper gilt nun das Prinzip, daß alle Farben mit gleicher Helligkeit jeweils auf der gleichen Ebene liegen [...]. Die Grauachse steht auf allen diesen Ebenen senkrecht. Innerhalb jeder Ebene entfernen sich die Farben mit wachsender Sättigung vom Grau, wobei die Abstände empfindungsgemäß gleichabständig gestuft wurden. Ebenso sind auf den Kreisen, welche gleichen Sättigungsstufen entsprechen, die Farbtöne empfindungsgemäß gleichabständig gestuft. Die Folge dieser Maßnahmen ist allerdings, daß im Gegensatz zum OSTWALD-System kein regelmäßiger Farbkörper mehr entsteht, sondern ein unregelmäßiger [...]. Man hat aber damit erreicht, daß zunächst innerhalb jeder Helligkeitsebene die Farben empfindungsgemäß einigermaßen gleichabständig angeordnet sind, und auch in verschiedenen Helligkeitsebenen

³⁸ Albert Henry MUNSELL, (1858-1918), amerik. Maler und Kunstlehrer, Begründer des Munsell Research Laboratory, vgl. MUNSELL, A. H.: Atlas of the Munsell Color System. Baltimore : Munsell Color Co., 1913.

³⁹ Hermann ZEISHOLD, Anhänger der OSTWALDSchen Farbenlehre, führte diese in Amerika ein, übersetzte Schriften OSTWALDS in Englische.

⁴⁰ Vgl. Fußnote 26, S. 63 u. 354.

sind die Sättigungsstufen oder – bei gleicher Sättigung – die Farbtonstufen noch von ungefähr gleicher Größe. Dagegen liegt eine gewisse Willkür darin, alle Farben mit gleicher Helligkeit in Ebenen anzuordnen, die senkrecht zur Grauachse liegen. Ein Gelb wird z. B. empfindungsgemäß nicht ganz so hell bewertet, ein Blau dagegen nicht so dunkel, wie das nach der Stellung im MUNSELL-System sein sollte.⁴¹

In England besteht das British Colour Council Dictionary of colour standards (Bradford 1934). Es enthält 11 in Buchform zusammenzufaltende Tafeln mit je 20 Mustern in gerippter und glatter Seide mit beigegebenen Normalreizanteilen und Remissionsgraden, ganz unsystematisch.

Die Mischfarben

Anstatt die Norm einer Farbtafel zu entnehmen, hat man versucht, sie jeweils additiv zu ermischen als sog. „freie Farbe“:

- aus Farbtönen veränderlicher Helligkeit und Weiß (Abschnitt 3.1.2),
- aus drei Eichfarben (trichromatische Colorimeter).

Die Eichfarben können sein:

Spektralfarben

Die Maßzahlen der spektralen Eichreize liegen durch Spektrumseichung fest und die von ihnen mitgeführten Energiebeträge sind durch physikalische Messung bestimmbar. In der Farbtafel ergeben sie das sogenannte Eichreizdreieck.⁴²

Das Verfahren schien zunächst günstig. Bereits MAXWELL benutzte in seinem Farbmischer die spektralen Eichreize.

Wilhelm OSTWALD beschreibt den MAXWELLSchen Farbenerzeuger folgendermaßen:

„Der Grundgedanke des Apparates ist die Umkehrung des gewöhnlichen Spektroskops vermöge des allgemeinen optischen Grundsatzes, nach welchem jeder regelmäßige Strahlengang umkehrbar ist. Wird demgemäß das Auge an den Spalt des Spektroskops gebracht, so gelangt aus weißem Licht, das von irgendeiner Stelle des bei der gewöhnlichen Anwendung entstehenden Spektrums ausgeht, nur die Wellenart in das Auge, welcher dieser Stelle des Spektrums entspricht. Und zwar erscheint das ganze Gesichtsfeld, also die Prismenfläche oder die Linsenfläche (je nachdem die eine oder andere kleiner ist), gleichförmig mit der fraglichen Lichtart erfüllt (S. 104).

Bringt man am Ort des Spektrums Blenden mit rechteckigen Ausschnitten an, welche die Stellen freilassen, welche den Strahlenarten entsprechen, die man vermischen will, so kann man jede beliebige Zusammensetzung von Lichtarten herstellen und auf ihr farbiges Aussehen untersuchen.

Gegenüber den üblichen Anordnungen zur Vermischung spektral getrennter Lichtarten, die für Unterrichtszwecke zur objektiven Darstellung konstruiert zu werden pflegen, nimmt jener für subjektive Beobachtung eingerichtete Apparat an allen Vorzügen teil, die mit der subjektiven Benutzungsweise verbunden sind. Diese sind vor

⁴¹ SCHULZE, Werner: Farbenlehre und Farbmessung. Berlin : Springer, 1966, S. 30.

⁴² IVES, H. E.: A new colour meter. In: Journ. Frankl. Inst. (1907), Nr. 164, S. 47-56 u. 421-423.

allem von viel größerer Einfachheit, indem der zur objektiven Bilderzeugung erforderliche Teil fortfällt. Ferner unverhältnismäßig kleinere Ansprüche an Helligkeit, da an Stelle des auffangenden Schirmes nur die Pupille mit Licht zu erfüllen ist. Deshalb ist auch ein Dunkelraum entbehrlich, da der Apparat im Zimmer ohne weiteres benutzt werden kann.“⁴³

Filterfarben

Dazu schreibt OSTWALD: „Um das Verfahren kurz zu kennzeichnen, sei angegeben, daß es auf der synthetischen Herstellung der vorgelegten Farbe durch optische Vermischung der drei physiologischen Grundfarben Rot, Laubgrün und Ublau beruht. Die drei Farben werden durch passende Filter erzeugt und ihre Mengenverhältnisse werden durch Anwendung von keilförmigen Graufiltern eingestellt, bis die vorgelegte Farbe entstanden ist. Durch die Ermittlung der Einstellung, welche das Normalweiß ergibt, werden die Einheitswerte der Grundfarben festgestellt. Danach kann man aus den Schwächungen mittels der Graukeile, welche zur Herstellung der Farbe erforderlich sind, die Anteile der drei Grundfarben in dieser ermitteln und in Hundertsteln der Einheitswerte ausdrücken.“⁴⁴

Der Farbkreis

arbeitet nach dem Prinzip der zeitlichen (additiven) Farbmischung.

„Er besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einer Kreisscheibe, die man in schnelle Drehung versetzen kann, und die auf ihrer Oberfläche mit den zu vermischenden Farben bemalt ist. Im Verhältnis der Winkel, den jede von ihnen einnimmt, beteiligen sie sich an der Mischung.

Um diesen Winkel beliebig ändern zu können, hat J. C. MAXWELL die Farben auf besonderen Kreisblättern angebracht, welche ein Loch für die Achse in der Mitte, und nach diesem hin einen radialen Schlitz haben. Dadurch kann man zwei oder mehr Blätter ineinander stecken und die Winkel nach Bedarf einstellen. Die Scheiben werden auf die Drehachse gesteckt und durch eine aufgeschraubte Mutter festgehalten. Auch kann man zu Vergleichszwecken eine kleinere Scheibe (oder eine Zusammenstellung solcher) auf die gleiche Achse stecken. Deren Farbe erscheint dann als innerer Kreis, der von einem Ring in der Farbe der größeren Scheiben umgeben ist.“⁴⁵

Die Farben mischen sich aber recht unrein und die Eichfarben sind auch hier veränderlich.

⁴³ OSTWALD, Physikalische Farbenlehre, vgl. Fußnote 7, S. 126-127.

⁴⁴ ebenda, S. 210-211.

Literatur zu Filterverfahren: KALLAB, F. V.: Farbanalysator. In: Zeitschr. f. angew. Chem. 21 (1908), S. 1637-1639.

HUEBL, A. v.: Ein Farbmeßapparat. In: Physik. Zeitschr. 18 (1917), S. 270-275.

GUILD, J.: A trichromatic colorimeter suitable for standardisation work. In: Trans. Opt. Soc. (1925/26), S. 106-129.

DONALDSON, R.: A trichromatic colorimeter. In: Proc. Phys. Soc. 47 (1935), S. 1068-1073.

⁴⁵ OSTWALD, Physikalische Farbenlehre, vgl. Fußnote 7, S. 159-160; vgl. auch: NICKERSON, D.: A colorimeter for use with disc mixture. In: Journ. Opt. Soc. Amer. 21 (1931), S. 640.

3.2 Die Glanzmessung

Die Glanzzahl

OSTWALDs Glanzzahl ist das Verhältnis $H_s : H_n$ (H_s = Helligkeit in der Spiegel- lage, H_n in der Normallage). Er schreibt:

„Der Begriff des Glanzes beruht auf dem der Spiegelung. Seine Maßzahl ergibt sich durch Messung der Lichtmenge, welche unter dem Spiegelwinkel über die normale Zerstreuung hinaus zurückgeworfen wird. Diese Menge ist auch relativ vom Einfallswinkel abhängig; man muß sie daher entweder als Funktion für alle Einfallswinkel darstellen, oder man wird als erste Annäherung einen bestimmten Einfallswinkel als Norm annehmen und für ihn die Spiegelung messen. Die Praxis verlangt Einfachheit und verlangt daher den zweiten Fall. [...] Man legt einerseits eine Probe des Meßlings wie gewöhnlich ein, auf der anderen Seite sieht man vor, daß der Meßling den Winkel von $22,5^\circ$ mit der Waagerechten macht. Diese Seite erscheint heller, und durch Messung des Verhältnisses, in welchem man den zugehörigen Spalt verengern muß, gewinnt man ein Maß des Glanzes.“

Vom relativen Glanz hat OSTWALD den absoluten unterschieden: „Er wird bestimmt durch das Verhältnis der gespiegelten Lichtmenge zu der von einer matten, normalweißen, die sich an gleicher Stelle befände, zurückgeworfenen und wird (bis auf den Cosinusfaktor) gefunden, wenn man die Fläche gegen Normalweiß mißt. [...] Für praktische Zwecke kommt nur der relative Glanz in Frage.“⁴⁶

OSTWALD hat für die Glanzmessung einen ganz bestimmten Winkel, nämlich $22\frac{1}{2}^\circ$ vorgeschlagen. Der Grund ist leicht verständlich: bei $22\frac{1}{2}^\circ$ zeigt eine ebene Fläche von beachtlichem Glanz die größte Helligkeit; denn sie ist dann in der Spiegel- lage.

⁴⁶ OSTWALD, vgl. FN 1, S. 149-151.

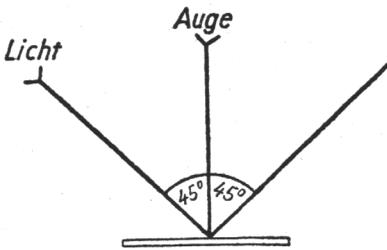


Abb. 19

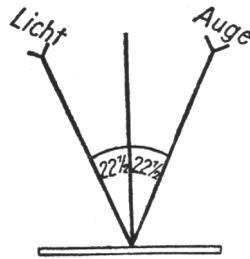


Abb. 20

Paul WOLSKI hat vorgeschlagen, den Photometerkopf des Hasch um die durch die Mitten der Oberflächen gehende Gerade als Achse drehbar auszugestalten.⁴⁷ Wenn man den Photometerkopf in den Spiegelwinkel dreht, wird der Spiegelwinkel 45° gegenüber $22\frac{1}{2}^\circ$ bei Kippung der Probe (Abb. 19 und 20).

Dadurch, daß nicht gekippt zu werden braucht, werden auch flüssige und zähflüssige Oberflächen der Glanzmessung zugänglich. Die Anordnung ist deshalb wohl in erster Linie für Anstreichmassen gedacht.

Das Gesetz von LAMBERT (Abschnitt 3.1.2) wird durch Abb. 21 veranschaulicht. Die in senkrechter Richtung von der ideal streuenden Fläche ab zurückgeworfene Lichtmenge sei l . Dann ist die seitlich nach c zurückgeworfene Menge l' kleiner im Verhältnis $l : l' = ab : ad = \cos lac$.

Die photometrische Aufhellung infolge der Kosinusfunktion (Abb. 22) beim Kippen der Probe aus $22\frac{1}{2}^\circ$ in 0° ist so gering, daß sie von W. OSTWALD mit Recht nicht in Rechnung für die praktische Glanzmessung gestellt zu werden brauchte.

⁴⁷ Paul WOLSKI, Mitarbeiter der anorg.-wiss. Abteilung der I.G. Farbenindustrie, Werk Leverkusen, vgl. WOLSKI, Paul: Ein Beitrag zur Normung von Prüfmethode für Anstrichstoffe. Glanzmessung. In: Korrosion und Metallschutz 2 (1926), Nr. 11/12, S. 262-266.

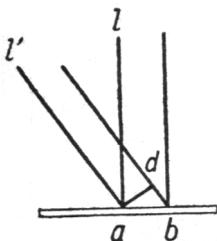


Abb. 21

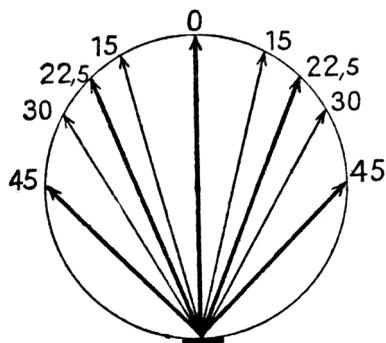


Abb. 22

3.3 Farbmischung

3.3.1 Die additive Farbmischung (Lichtmischung)

Mit HELMHOLTZ unterscheiden wir additive und subtraktive Farbmischung.

Bei RICHTER heißt es: „Das Mischen von Farbstoffen, das Ineinandergießen von Lösungen, das Hintereinanderschalten von Farbgläsern usw. liefert subtraktive (substantielle, materielle) Farbmischung; die Mischung optischer Farbeindrücke wird als additive (optische) Farbmischung bezeichnet. Im Gegensatz zur subtraktiven Farbmischung gehorcht die additive Farbmischung einfachen Gesetzen, die für die gesamte Farbenlehre von grundlegender Wichtigkeit sind.“

Eine additive Mischung kann einfach summierend sein, dann treten die einzelnen Komponenten mengenmäßig zueinander. Sie kann aber auch anteilig sein, dann bleibt die Summe der an der Mischung beteiligten Mengen unverändert, nur die auf die einzelnen Bestandteile entfallenden Anteile verändern sich.⁴⁸

Die additive Farbmischung geschieht auf zweierlei Art:

- optisch z. B. durch Zuspiegelung (LAMBERTS Spiegel) oder durch Zusammenfügung mittels Doppelbrechung, z. B. im Pomi (Abschnitt 3.1.2).
- physiologisch durch Unterschreitung der zeitlichen oder räumlichen Schwelle.

Die zeitliche Schwelle beträgt etwa $\frac{1}{30}$ Sekunde, d. h. zwei Bilder verwachsen zu einem, wenn sie in einem Abstände von weniger als $\frac{1}{30}$ Sekunde aufeinanderfolgen (Farbkreisel, Kino).

Die räumliche Schwelle beträgt etwa 1 Bogenminute, d.h. der Winkel, unter dem zwei Gegenstände gesehen werden, darf nicht kleiner sein, damit sie noch von dem menschlichen Auge auseinandergehalten werden können. („Pointillisten“ in der Malerei.)⁴⁹

⁴⁸ RICHTER, vgl. Fußnote 8, S. 8-9.

⁴⁹ S. a. Fußnote 45.

Die additive Farbmischung kommt letztlich in der Empfindung zustande.

Das klassische Gerät für die additive Farbmischung ist der Farbkreis. Zur Veränderung der Anteile der zu mischenden Farben werden Scheiben benutzt, die längs eines Halbmessers geschlitzt sind und sich ineinander stecken lassen. Komplementäre Farben liefern bei der additiven Mischung Weiß.

Die Gesetze der additiven Farbmischung sind von NEWTON⁵⁰ angedeutet, von dem Mathematiker Hermann Günther GRASSMANN ausgedrückt⁵¹ und von James Clerk MAXWELL 1857 experimentell bewiesen worden.⁵²

MAXWELL brachte im Farbkreis drei Scheiben mit Zinnober, Ultramarin und Schweinfurter Grün an und verstellte sie solange, bis sie bei der Drehung ein neutrales Grau gaben. Dasselbe Grau erzielte er durch Einstellen einer Weiß- und Schwarzscheibe und konnte nun Gleichungen aufstellen, deren linke Seite die Summe der zur Wirkung kommenden Farbanteile (Rot R, Grün G, Blau B) und deren rechte Seite die Summe von Weiß W und Schwarz S, also Grau, enthielt, z. B. $37 R + 36 G + 27 B = 28 W + 72 S$.

Die GRASSMANNschen Gesetze lauten:

1. Alle Übergänge zwischen Farben sind stetig.
2. Farben verschiedener Zusammensetzung können gleich aussehen („Metamere“ Farben genannt von W. OSTWALD, Abschnitt 3.1.2).
3. Gleich aussehende Farben geben gleich aussehende Mischungen.
4. Die Mischfarbe von zwei Farben liegt (im analytischen Dreieck W. OSTWALDS, Abb. 5 Abschnitt 1) auf der Verbindungsgeraden und teilt sie im umgekehrten Verhältnis der Mengen ihrer Bestandteile.

Die obige lineare Gleichung MAXWELLS zwischen vier Farbreizen hat zur sog. Dreifarbenlehre geführt. Sie behauptet, daß zu drei gewählten Farbreizen ein vierter in zahlenmäßige Beziehung gesetzt werden kann. Die Farbe ist dreidimensional. Das ist unbestreitbar.

Dagegen ist die Übertragung dieser reizmetrischen Beziehungen ins Physiologische durch Thomas YOUNG⁵³ und HELMHOLTZ eine unbeweisbare Hypothese.

3.3.2 Die subtraktive Farbmischung

Die subtraktive Farbmischung geschieht z. B. beim Hintereinanderschalten zweier farbiger Gläser oder beim Betrachten eines farbigen Gegenstandes durch ein farbiges Glas oder beim Mischen farbiger Pigmente oder beim Zusammengießen farbiger Lösungen. Ähnlich dem Vermischen farbiger Lösungen mischen sich auch die Farbstoffe

⁵⁰ Isaac NEWTON (1642-1727), engl. Physiker, Mathematiker und Astronom, Entdecker der Fallgesetze, der Differentialrechnung und der spektralen Zerlegung des Lichtes (1666).

⁵¹ Hermann Günther GRASSMANN (1809-1877), Mathematiker, 1852 Lehrer am Marienstiftsgymnasium in Stettin, vgl.: GRASSMANN, Hermann G.: Zur Theorie der Farbmischung. In: Ann. d. Physik 89 (1853), Nr. 5, S. 69-84.

⁵² James Clerk MAXWELL (1831-1879), 1856 Prof. f. Physik an den Univ. Aberdeen und London, 1871 an der Univ. Cambridge, vgl.: MAXWELL, James Clerk: Account of experiments on the perception of colour. In: Phil. Mag. 4. Ser. 14 (1857), Nr. 90, S. 40-47.

⁵³ Thomas YOUNG (1773-1829), engl. Naturwissenschaftler, 1801 Prof. f. Naturphilosophie an der Royal Inst. London, lehrte die Wellentheorie des Lichtes und die Dreifarbenlehre der Farbmischung.

in der Gespinnstfaser beim Färben, indem sie sich in kolloider feiner Verteilung in der durchsichtigen Faser „auflösen“.⁵⁴

3.3.3 Die Anwendung der Farbmischung

Die Gesetze der subtraktiven Farbmischung stimmen mit denen der additiven (Abschnitt 3.3.1) mit Bezug auf 1. und 2. überein, dagegen lauten sie mit Bezug auf 3. und 4.:

3. Gleich aussehende Farben geben meist verschieden aussehende Mischungen.

4. Die Mischfarbe von zwei Farben liegt (im analytischen Dreieck W. OSTWALDS, Abb. 5) nicht auf der Verbindungsgraden.

Diesen mehr verneinenden Gesetzen mögen noch vier weitere bejahende angefügt werden:

5. Gegenfarben geben Schwarz und, wenn sie weißhaltig sind, Grau.

6. Zumischung von Weiß oder Verdünnung bewirkt zunächst ein Klarwerden der Farbe, bis das Übermaß an Schwarz weggenommen und zu Grau abgestumpft ist.

7. Bei weiterer Verdünnung tritt eine Farbtonverschiebung nach dem Laubgrün 22, gegenüber der spektralen Lücke im Farbtonkreis, ein.

Nur Rot pflegt sich dann nach Veil zu verschieben, wenn das im Veil stehende Stück seines Farbenhalbes verhältnismäßig klein ist; dann macht sich eine geringe Vermehrung des Veil stärker geltend als diejenige des Gelb auf der anderen Hälfte des Farbenhalbs.

8. Die Mischung mit verschiedenen Farben fällt um so trüber aus, je weiter die Farbtöne auseinanderstehen. Waren bei der additiven Farbmischung die Mischlinien gerade, so sind sie bei der subtraktiven nach außen gebogen. Bei jener trat Weiß, hier tritt das als Reiz weniger auffällige Schwarz hinzu. Daher muß man bei jener mindestens sechs bis acht Farbtonstufen nehmen, um einigermaßen wertgleiche Mischlinge zu erhalten. Bei dieser genügen fünf, nämlich 1, 7, 10, 13 und 17.

Wilhelm OSTWALD charakterisierte die subtraktive Mischung folgendermaßen:

„Während bei additiven Mischungen die Zusammensetzung der Bestandteile unbeeinflusst blieb, findet bei der subtraktiven ein solcher Einfluß statt, indem die Schluckung des zweiten Bestandteils die Zusammensetzung des vom ersten durchgelassenen Lichts ändert. Deshalb verhalten sich metamere Farben bei subtraktiver Mischung nicht gleich, sondern verschieden.“

Solche subtraktive Mischung tritt also jedesmal ein, wenn mehrere Stoffe durch Schluckung gemeinsam das Licht beeinflussen. Der anschaulichste Fall ist der zweier farbiger Glasplatten, die man aufeinandergelegt entweder gegen das Licht hält oder auf einen weißen Grund legt. Im ersten Fall durchdringt das Licht jede Platte nur einmal, im zweiten zweimal. Gleiche Wirkung entsteht, wenn man eine durchsichtige Lasur über einen farbigen Grund malt oder druckt. Der wichtigste Fall ist, daß man beide schluckende Stoffe in Lösung mischt, wobei eine einheitliche, rein durch Subtraktion gebildete Mischfarbe entsteht. Unmittelbar an diesen Fall schließt sich die Färberei der Webstoffe und Spinnfasern, wo durch kolloide Verteilung der Farbstoffe

⁵⁴ S. a. MASCHKE, H.: Die Nutzenanwendung der Ostwaldschen Farblehre durch den praktischen Färber. In: Melliand's Textilber. 6 (1925), Nr. 5, S. 343-344.

in den durchsichtigen Fasern die gleiche Art Mischung entsteht. Endlich ist noch die Mischung deckender Farbstoffe und Tünchen zu erwähnen, wie sie der Anstreicher und Maler übt. Hier ist die Erscheinung allerdings nicht rein, denn das Nebeneinander der verschiedenen Farbstoffkörnchen in der obersten Schicht bewirkt additive Mischung. Je tiefer daher das Licht eindringen kann, ehe es wiederkehrt (wobei es abwechselnd durch die verschiedenfarbigen Körnchen geht), je weniger deckend m[it] a[nderen] W[orten] die Tünchen sind, umso mehr waltet die subtraktive Mischung vor und umgekehrt.

Man erkennt somit, daß die subtraktive Mischung viel häufiger und daher technisch viel wichtiger ist, als die additive. Ihre Gesetze sind aber viel verwickelter und ohne die Lehre vom Farbenhalb nicht zu verstehen. [...] Man findet folgende Gesetze der subtraktiven Mischung:

- Das Stetigkeitsgesetz bleibt bestehen.
- Das Vorhandensein metamerer Farben gilt auch hier.
- Gleich aussehende Farben geben meist verschieden aussehende Mischungen.
- Die Mischfarben liegen auf einer Verbindungslinie im Farbkörper, die im allgemeinen keine Gerade ist. Ein einfaches Gesetz ihrer Teilung läßt sich nicht aussprechen.
- Die Ergebnisse der Mischungen werden durch die Verhältnisse der Farbenhalbe bestimmt.⁵⁵

Wenden wir die erwähnten Gesetze auf das Färben an, das ja auch eine subtraktive Farbmischung ist, so erhebt sich für den Färber von einst die Frage: Wie entstehen aus den gebräuchlichen Farbstoffen Vollfarbe, Weiß und Schwarz, die empfindungsgemäßen Bestandteile einer jeden bunten Farbe gemäß der OSTWALDSchen Gleichung

$$v + w + s = 1$$

Der Färber setzt zwar weder Vollfarbe noch Schwarz zu dem Weiß der Gespinnstfaser unmittelbar und in Substanz zu, aber er erzeugt diese drei Grundbestandteile der gewünschten Farbe mittelbar, indem er die erforderlichen Farbstoffe zufügt.

Der Normenatlas

Über den Normenatlas schreibt OSTWALD:

„Der Gedanke der Normung [ist] aus der [...] Notwendigkeit erwachsen, für die Auswahl der Farben, welche im Atlas dargestellt werden sollten, eine grundsätzlich gleichabständige Ordnung zu finden. Diese ergab sich auf Grund des FECHNERSchen Gesetzes, dessen fundamentale Bedeutung für alle Normung bei dieser Gelegenheit zum ersten Male zutage trat. So stellt die im großen Atlas benutzte Ordnung bereits eine erste Anwendung derselben Grundgedanken dar, welche später für die Farbnormen völlig folgerecht durchgeführt wurden. [...]

Während der große Atlas eine ganze Anzahl vollständiger Kreise von 100 Farbtönen brachte, hat die Erfahrung die Beschränkung auf 24 Farbtonnormen, je drei für jede der Hauptfarben, als zweckmäßig erwiesen, da die Hundertteilung der Unterschiedsschwelle zu nahe kam.

Hieraus ergibt sich der Plan auf die Normen beschränkten Sammlung, des Normen-Atlas. Er bedingt eine erhebliche Verkleinerung der Anzahl der darzustellen-

⁵⁵ Siehe OSTWALD, Fußnote 1, S. 187 f.

den Farben [...]. Der erste Plan hätte in vollständiger Durchführung 10 500 Farben bringen müssen. Eine von Willkür nicht zu befreiende Einschränkung auf etwa den vierten Teil mußte Platz greifen, um die technische und wirtschaftliche Herstellung zu ermöglichen. Demgegenüber erfordern die praktischen Normen gemäß den Stufen a c e g i l n p nur 672 Buntfarben, zu denen acht unbunte kommen.⁵⁶

An anderer Stelle schreibt er:

„Für die endgültige Ausführung des Farbenatlas ist nun ein ganz wesentlicher Punkt die geordnete Herstellung aller Abkömmlinge von einer gegebenen reinen Farbe. Eine Definition des gesättigten Farbtons ist ebenfalls bisher nicht vorhanden gewesen und hat geschaffen werden müssen. Es hat sich herausgestellt, daß die gesättigten Farben sich bei der spektralen Analyse aus einer großen Anzahl nebeneinanderliegender Farbtöne zusammengesetzt erweisen und zwar so vielen, daß jeweils die ganze Hälfte des Farbkreises dabei beteiligt ist. Der Farbton der so entstehenden gesättigten Farbe liegt in der Mitte des entsprechenden Halbkreises. So besteht z. B. gesättigte reines Gelb aus Rot, Rotgelb, Gelb, Gelbgrün, Reingrün bis Blaugrün und jeder beliebige reine gelbe Aufstrich oder jede reingelbe Flüssigkeit zeigt bei der Untersuchung mit dem Spektroskop die gleiche Zusammensetzung aus den genannten spektralen Farben.

Die gesättigte Farbe kann man sich zunächst mit Weiß gemischt denken. Dadurch erhält man diejenigen Farben, welche dem Künstler annähernd bekannt sind als die Reihe der Abkömmlinge einer gegebenen Farbe, die er durch immer dünneren Auftrag als Aquarellfarbe oder durch zunehmende Vermischung mit Weiß als Deckfarbe erzielen kann. Wir nennen sie die hellklaren Farben. Ferner gibt es eine Reihe von Abkömmlingen der gesättigten Farbe, die durch Zusatz von Schwarz entstehen. Es sind dieses diejenigen Farbtöne, welche man an alten Kirchenfenstern wahrnimmt, deren tiefer oder „glühender“ Farbencharakter von der völligen Abwesenheit weißer Anteile in den Farben herrührt. [...] Wir wollen diese Farbenreihe, welche von der gesättigten Farbe bis zum reinen Schwarz führt, die dunkelklaren Farben nennen. Diese beiden Reihen und die Schwarz-Grau-Weißreihe begrenzen nun ein dreieckiges Feld, in welchem alle übrigen Abkömmlinge eines gegebenen Farbtones, die durch Vermischung desselben mit wechselnden Mengen von Grau verschiedener Helligkeit entstehen, in gesetzmäßiger Weise untergebracht werden können. Die Ecken dieses isochromen Feldes werden von Weiß, Schwarz und reiner Farbe gebildet. Nun läßt sich zu jeder Farbe des Farbkreises ein solches Dreieck entwickeln und die Gesamtheit dieser Farbendreiecke gibt die Gesamtheit sämtlicher möglicher Farben, stellt also grundsätzlich die vollständige Lösung des Problems des Farbatlas dar.

Für die Ausfüllung des Farbendreiecks kommt nun noch folgendes in Frage. Man kann zu reinem Weiß ziemlich bedeutende Mengen Schwarz oder reiner Farbe (im optischen Sinne) setzen, bevor dem Auge das Weiß deutlich verändert erscheint. Umgekehrt aber ist das reine Schwarz äußerst empfindlich gegen sehr geringe Mengen Weiß oder reiner Farbe. Es hängt dieses mit dem psychophysischen Grundgesetz von FECHNER zusammen, das aber hier nicht weiter erörtert werden kann [s. S. 10]. Die praktische Folge hiervon ist, daß man viel mehr Abstufungen in der Nähe der schwar-

⁵⁶ OSTWALD, Wilhelm: Der Normenatlas und die Farborgel. In: Die Farbe. Abt. I (1923/150), Nr. 37, S. 503 (175) ff.

zen Ecke des Farbdreiecks unterscheiden kann, als in der Nähe der weißen Ecke und daß es deshalb auch bei der Ausführung des Farbatlas notwendig ist, viel mehr Einzelfarben in der schwarzen Ecke auszuführen, als in der weißen. Die Gesetzmäßigkeiten, welche hierfür maßgebend sind, sind zur Zeit noch nicht erforscht, doch kann man sich hier mit einer praktischen Annäherung begnügen, da nichts Grundsätzliches von der Einteilung abhängt.⁵⁷

Zur Anwendung der Farborgel schreibt W. OSTWALD: „Die Farborgel ist, kurz gesagt, die sachliche Voraussetzung für fast alle weitere Arbeit in der Farbenlehre. Im theoretischen Gebiet gewährt sie die ausgiebigste Möglichkeit, Farbzusammenstellungen für das Studium der Harmonien zu machen und den zahllosen Fragen, die hier nach Bearbeitung drängen, experimentell näher zu treten. Im praktischen Gebiet ermöglicht sie, alle Aufgaben der Farbgebung [...] unmittelbar zu bearbeiten. [...]

Außer dieser unmittelbaren Anwendung der Orgel für Gestaltung und Forschung besteht eine mehr mittelbare, die zunächst noch wichtiger ist, nämlich die Herstellung von Meß- und Arbeitsgeräten, die auf den Farbnormen beruhen. Außer der Urmessung mit dem Chrometer besteht nämlich die viel schnellere, ausgiebigere und leichtere, wenn auch weniger genaue Messung durch den Vergleich mit den ausgeführten Normen. Für die technische und künstlerische Praxis kommt dies abgekürzte Verfahren so gut wie allein in Frage; für die Forschung tritt es gleichfalls in den Vordergrund, wo es sich um eine der zahllosen Anwendungen der Farbenlehre handelt.⁵⁸

„Das wichtigste und allgemeinste Arbeitsmittel ist der Normenatlas. Er ist ein unmittelbarer Abkömmling des großen Farbatlas von 2500 Farben, welcher 1918-19 vor der Schaffung der Farbnormen erschienen war und die erste Sammlung nach absolutem Maße definierter und gemessener Farben darstellte. [...]

Die Anwendungen des Atlas sind sehr Mannigfaltig entsprechend der vollständigen Freiheit, mit welcher die Einzelkarten gehandhabt werden können. Für Unterrichtszwecke und zur Selbstbelehrung kann man jede Art gesetzmäßiger Zusammenstellung: wertgleiche Kreise, Rein-, Weiß- und Schwarzgleichen, farbtongleiche Dreiecke, reingleiche Zylinder (aufgeschnitten) usw. ausführen. Für die Herstellung und Erprobung von Harmonien aller Art bestehen gleichfalls unbeschränkte Möglichkeiten. Eine ungemein ausgedehnte Anwendung besteht für die Messung von Farben gegebener Objekte. Da man die Karten überall hinlegen und anbringen kann, lassen sich mit ihrer Hilfe auch alle solche Dinge (Teppiche, Schmuck, Blumen, Vögel, Bilder usw.) untersuchen, welche nicht unmittelbar unter das Chrometer gebracht werden können.⁵⁹

Zu den Farbfächern schreibt er an gleicher Stelle: „Dies ist eine neue Form, welche zwar seit Jahren vorbereitet war, jetzt erst aber der Allgemeinheit dargeboten wird. Die Farbfächer enthalten gleichfalls die 672 bunten Normen. Diese sind aber in 28 wertgleiche Farbkreise geordnet, die auf Kartonstreifen von je 113x28 mm angebracht sind. Je 24 Streifen eines wertgleichen Kreises sind nach Art eines Fächers

⁵⁷ OSTWALD, Wilhelm: Die wissenschaftlichen Grundlagen zum rationellen Farbatlas : Vortrag auf der Jahrestagung 1916 des dt. Werkbundes in Bamberg. In: Mitt. d. Dt. Werkbundes (1916), Nr. 5, S. 18-26.

⁵⁸ Vgl. Fußnote 56.

⁵⁹ Ebenda.

gelenkartig verbunden. Dies ermöglicht, jede Farbe des Kreises mit jeder anderen zu zweien, dreien, vierten usw. durch Nebeneinanderstellen zu verbinden. [...] Außerdem können die Fächer ebenso wie der Atlas zu Meßzwecken dienen. Die Farbflächen messen 28x60 mm; sie sind also reichlich groß genug, um einen bequemen und genauen Vergleich zu ermöglichen.“

Über Farbtonleitern: „Die Leitern beruhen auf dem Gedanken, die Bestimmung einer Farbe dadurch zu erleichtern, daß die Farbflächen mit Zwischenräumen abwechseln, in denen die zu messende Farbe erscheint, Da verwandte Farben nebeneinander angeordnet sind, wird der Vergleich und die Einordnung durch die Kontrastwirkung besonders erleichtert. Hierdurch ist es möglich, die Farbflächen erheblich zu verkleinern und das Gerät auf einen engen Raum zusammenzuziehen.“

Zu Farbkreisen, Farbkörpern und Schattenflächen heißt es weiter: „Diese drei Geräte dienen in erster Linie Zwecken des Studiums und des Unterrichts. Jeder ernste Arbeiter auf dem Farbgebiet empfindet als ein dringendes Bedürfnis die Anschauung der gesetzlichen Beziehungen, welche im Farbkörper zwischen den genormten Farben bestehen.“⁶⁰

Die Herstellung des Normenatlas und der Farborgel beschreibt OSTWALD in der Zeitschrift „Farbe“.⁶¹

Der Farbkörper auf Baumwolle

In der Textilfärberei galt die Regel: Jede Farbe läßt sich aus einer gewissen Anzahl von Buntfarben mischen, meist genügen drei, nämlich Gelb, Rot und Blau. Auch Schwarz wurde aus diesen drei Komponenten erzeugt.

Nach der OSTWALDschen Farbenlehre besteht jede Farbe aus einem gewissen Anteil Vollfarbe, Weiß und Schwarz. Das Weiß ist [dem Färber] von der Gespinnstfaser gegeben. Von diesem Weiß der Gespinnstfaser ersetzt er einen Teil durch die gewünschte Vollfarbe, indem er Farbstoffe mit Lichtern des eigenen Farbenhals zusetzt, und einen anderen Teil durch Schwarz, indem er Farbstoffe mit Lichtern des Gegenfarbenhals hinzufügt. Das ist die einzig mögliche wissenschaftliche Auffassung des Färbens.⁶²

Die Ausfärbung des Farbkörpers auf Baumwolle ist in dem Aufsatz „Die Beherrschung der Farbe in der Färberei“ beschrieben.⁶³

Die drei großen Vorteile der neuen Farbmischung: Bunt + Schwarz nach OSTWALD gegenüber der alten: drei oder mehr Bunt sind in dem Aufsatz „Die Farbgleichung in der Färberei“⁶⁴ geschildert.

⁶⁰ S.a. OSTWALD, Wilhelm: Leitsätze zur Herstellung eines rationellen Farbatlas. In: Techn. Mitt. f. Malerei 31 (1915), Nr. 18, S. 153-154.

⁶¹ Vgl. Fußnote 56.

⁶² RISTENPART, Eugen: Die Ostwaldsche Farbenlehre und ihr Nutzen für die Textilindustrie. Leipzig : Th. Martins Textilverl., 1926, S. 45-46.

⁶³ RISTENPART, Eugen: Die Beherrschung der Farbe in der Färberei. In: Leipziger Monatschr. f. Textil-Ind. 46 (1931), Nr. 10, S. 344-346; Nr. 11, S. 370-372.

⁶⁴ RISTENPART, Eugen: Die Farbgleichung in der Färberei. In: Leipziger Monatschr. f. Textil-Ind. 43 (1928), Nr. 7, S. 309-310, s. a. dieses Heft S. 67.

Vollkommenes und unvollkommenes Grau

Vollkommenes und unvollkommenes Grau sind von W. OSTWALD in seinem Aufsatz beschrieben:⁶⁵

„Das vollkommene Grau wirft von sämtlichen Lichtarten den gleichen Bruchteil zurück; es ist ebenso wie das vollkommene Weiß und Schwarz ein Ideal, das angestrebt, aber nie ganz erreicht werden kann.

Die unvollkommenen Grau werfen die einzelnen Lichter verschieden stark zurück. Sie heißen unvollkommen wegen ihrer Abhängigkeit von der Art der Beleuchtung.

Eine Fläche sieht grau aus, wenn sie von dem auffallenden Licht nur einen Bruchteil zurückwirft, sodaß kein Farbton überwiegt. Diese Bedingung kann auf zweierlei Weise erfüllt werden.

- dadurch, daß von allen Wellenlängen des weißen Lichts der gleiche Bruchteil zurückgeworfen wird. Stellt in Abb. 23 $rr''v''v$ das Spektrum einer weißen Fläche dar, indem die Lichtmengen der Wellen nach oben, die Wellenlängen nach rechts gezählt werden (r = Rot, v = Veil), so würde eine Fläche mit einem Spektrum wie $rr'v'v$ neutral grau aussehen.

Ändert sich die Beleuchtung, sodaß die weiße Fläche beispielsweise das Spektrum $rr''v''v$ hat (Abb. 24), so würde die graue Fläche das Spektrum $rr'v'v$ haben, indem jede Lichtart in gleichem Verhältnis vermindert wird. Hierbei entsteht notwendig wieder die Empfindung des neutralen Grau, weil die Wirkung gleich ist einer allgemeinen Verdunklung. Auch kann man z. B. mittels der Drehscheibe nachweisen, wenn man das Grau aus reinem Weiß und Schwarz mischt und die Scheibe bei Tages- und Lampenlicht betrachtet.

- Der andere Weg, um Grau zu färben, ist jener alte durch Mischung von Buntfarben. Es sind dazu notwendigerweise drei Farben erforderlich; man kann es auch mit zweien erreichen. Da dieser Fall der einfachere in der Theorie ist, soll er zunächst betrachtet werden.

Damit zwei Buntfarben Grau ergeben, müssen die von ihnen zurückgeworfenen und daher auch die von ihnen verschluckten Lichter gegenfarbig (komplementär) sein, wie Ublau und Gelb, Rot und Seegrün. Den ersten Fall kann man z. B. durch Mischen von Chinolingelb und Guineaviolett (das verdünnt Ublau färbt) verwirklichen. Man erhält ein äußerst empfindliches Grau; hat man es bei Tageslicht neutral eingestellt, so sieht es am Abend rot aus; hat man bei Lampenlicht gemustert, so ergibt Tageslicht Grün.⁶⁶ Von den beistehenden Farbproben⁶⁷ sind 1 und 3 mit

⁶⁵ OSTWALD, Wilhelm: Vollkommenes und unvollkommenes Grau. In: Leipziger Monatschr. f. Textil-Ind. 46 (1931), Nr. 9, S. 315-318.

⁶⁶ Fußnote im Original: Außerdem sieht man im Fixierpunkt einen verwaschenen roten Fleck, der mit dem Blick wandert, also subjektiv ist und sehr leicht ein grünes Nachbild bewirkt. Diese Erscheinung rührt von der Gelbfärbung der Sehgrube her und verursacht jenes unruhige Aussehen des „unvollkommenen“ Grau. Hier kann auf diese bemerkenswerte Erscheinung nicht näher eingegangen werden, vgl. Fußnote 65.

⁶⁷ Im Original sind drei Farbproben enthalten, die hier nicht wiedergegeben werden können:

1. Unvollkommen, Grau bei Tageslicht, Rot bei Lampenlicht
2. Vollkommen, Grau bei jeder Beleuchtung
3. Unvollkommen, Grün bei Tageslicht, Grau bei Lampenlicht.

jener Mischung gefärbt, während das von der Beleuchtung unabhängige Neutralgrau 2 mit Nigrosin gefärbt ist, dessen etwas bläuliche Eigenfarbe durch Metanilgelb kompensiert ist. Bei der spektralen Zerlegung des zurückgeworfenen Lichts ergibt 2 das Spektrum nach Abb. 23, während 1 und 3 Schluckbanden im Gelb und Blau zeigen, Rot und Grün aber reichlich zurückgeworfen werden (Abb. 25).

Schon vor Jahren habe ich vorgeschlagen, solches Grau, das durch gleich starke Schluckung aller Lichtarten entsteht und dessen Spektrum daher wie Abb. 23 ausfällt, vollkommenes Grau, solches dagegen, das durch Schluckung einzelner Gebiete entsteht, unvollkommenes Grau zu nennen.

Das in Abb. 25 gekennzeichnete Grau hat zwei gegenfarbige Schluckgebiete. Dies ist der einfachste Fall. Man kann auch Grau mittels dreier Schluckgebiete erhalten, wenn man die Farbstoffkonzentrationen entsprechend abstimmt. Dies ist der Fall der Dreifarbenfärberei. Ebenso sind vier und mehr Schluckgebiete möglich. Bei wachsender Zahl überlagern sich aber die Ausläufer der Schluckbanden gegenseitig und das Spektrum nähert sich mehr und mehr dem eines vollkommenen Grau.

Um zu verstehen, woher die starke Abhängigkeit im Aussehen eines unvollkommenen Grau von der Beleuchtung rührt, braucht man sich nur im einzelnen zu vergegenwärtigen, wie eine einseitige Abänderung der Beleuchtung das zurückgeworfene Licht beeinflussen muß. In dem oben aufgeführten Falle einer Mischung aus Gelb und Ublau werden Rot und Grün zurückgeworfen, während Gelb und Blau verschluckt werden. Lampenlicht unterscheidet sich vom Sonnenlicht durch einen Überschuß an roten und einen Mangel an blauen Lichtern, während Grün seinen Wert behält. Fällt solches Licht auf jenes unvollkommene Grau, so wird das überschüssige Rot vollständig zurückgeworfen, vom Grün dagegen nur ein mittlerer Betrag, sodaß die Gesamtfarbe überschüssiges Rot enthält und entsprechend aussieht.

Das Umgekehrte tritt ein, wenn man bei Lampenlicht mustert. Dann muß man das Grün stark vermehren, um es dem massenhaften Rot äquivalent zu machen; bei Tageslicht tritt daher dies Grün hervor. Tatsächlich läßt sich aus Chinolingelb und Guineaviolett allein kein im Lampenlicht neutral erscheinendes Grau ermischen, da Rot immer vorherrscht; man muß Seegrün oder Eisblau zuhilfe nehmen, um dies zu erreichen.

Ähnlich, nur etwas verwickelter, liegen die Dinge, wenn das unvollkommene Grau aus drei Farben gemischt wird. Ein wesentlicher Unterschied besteht insofern, als die drei Farben ziemlich willkürlich gewählt werden können, während im Falle zweier Farben die Gegenfarbenbezeichnung genau bestehen muß, sodaß die Verbindungslinie der beiden Farbenpunkte in der Kreisfläche durch deren Mittelpunkt geht. Bei drei Farben genügt es, wie oben gezeigt wurde, wenn das zugehörige Dreieck den Mittelpunkt irgendwie umschließt.

Ein weiterer Unterschied liegt darin, daß die Empfindlichkeit gegen Änderungen der Beleuchtung geringer ist als im Falle zweier Farben. Das aus fünf Farben ermischte Grau ist vom vollkommenen kaum mehr verschieden, wenn man die Farben einigermaßen gleichmäßig über den Farbtonkreis verteilt. Am besten ist eine Mischung von Gelb, Hochrot, Purpur, Ublau und Eisblau oder Seegrün.

Es ist sogar möglich, wesentliche Verschiedenheiten im Aussehen des vollkommenen Grau mit Beleuchtungen zu erzielen, welche im Vergleich mit dem Tageslicht nicht gelb, sondern rein weiß aussehen. Dies wird erreicht, wenn man ein weißes Licht

durch Vermischung gleichwertiger Mengen gegenfarbiger Lichter erzeugt. Je nachdem, ob die vorhandenen Lichter auf eine Lücke im unvollkommenen Grau fallen oder nicht, wird die Zusammensetzung des remittierten Lichtes, d. h. das Aussehen des Grau verschieden ausfallen. Bei vollkommenem Grau kann dies niemals eintreten, weil stets alle auffallenden Lichter um den gleichen Bruchteil vermindert werden.

Was soeben über die grauen Farben dargelegt wurde, gilt ebenso für den grauen Anteil trüber Buntfarben. Denkt man sich aus einer solchen von der Vollfarbe gleichen Farbtons soviel fortgenommen, daß der Rest neutrales Grau ergibt, so kann dieses Grau entweder vollkommen oder unvollkommen sein, und die Eigenschaften beider Arten, insbesondere die Abhängigkeit von der Beleuchtung, werden sich in der Buntfarbe gleichfalls vorfinden. Nur ist die Veränderlichkeit abgeschwächt, aber um so weniger, je trüber die Farbe ist, je mehr Grau sie also enthält. Reine bunte Vollfarben sind in gleichem Maße von der Beleuchtung unabhängig wie ein vollkommenes Grau und wie alle aus Vollfarbe und vollkommenem Grau gemischten trüben Farben.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Färberei kommt diese wertvolle Eigenschaft den meisten Färbungen auf Baumwolle zu. Wolle und Seide werden aber teils aus technischen Gründen, teils aus solchen der Überlieferung meist nach dem Dreifarbenverfahren gefärbt und zeigen jene Empfindlichkeit um so stärker, je reinfarbiger die benutzten Farbstoffe sind. Man kann auch nach dem Dreifarbenverfahren einen ähnlichen Erfolg erreichen, wenn man die Farbstoffe so trübfärbig wählt, daß man die Hauptwirkung schon mit zwei Farbstoffen erreicht und den dritten nur zur letzten Einstellung hinzufügen braucht. Doch ist dieser Ausweg nur als Zwischenlösung anzusehen, da er eine größere Anzahl Farbstoffe von verschiedener Farbreinheit erfordert, während man bei Verwendung von Vollfarbe-Schwarz-Mischungen mit wenigem auskommt. Dieses zweite, dem heutigen Stande der Farbenlehre entsprechende Verfahren muß daher als das ideale bezeichnet werden, dem sich der praktische Färber so weit anzunähern versucht, wie es die vorhandenen Umstände gestatten.“

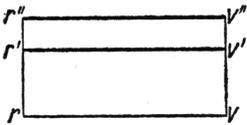


Abb. 23

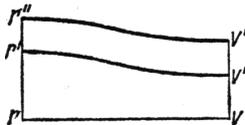


Abb. 24

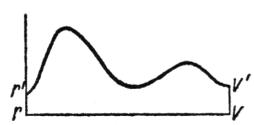


Abb. 25

Färben nach Muster

Beim Färben nach Muster entsteht für den Färber die wichtige Frage: Enthält das Muster mehr vollkommenes oder unvollkommenes Grau?

Bei vollkommenem Grau ist die Aufgabe des Färbers leicht gelöst: Er färbt so, daß seine Farbe ebenfalls möglichst vollkommenes Grau enthält. Dann wird sie mit der des Musters bei natürlichem und künstlichem Licht übereinstimmen.

Enthält das Muster aber unvollkommenes Grau, dann muß der Färber möglichst mit den für das Muster angewandten Farbstoffen färben; er erhält dann zwar ein unvollkommenes Grau, aber die Farbe verschiebt sich im künstlichen Licht ebenso,

wie sich die Farbe des Musters verschieben würde; es liegt eine sog. „Abendfarbe“ vor. Die Farbe ist metamer.

Färbt er nach Muster und erzeugt dabei ein anderes unvollkommenes Grau oder auch ein vollkommenes, so erzielt er eine „Tagesfarbe“, d. h. Muster und Färbung gleichen sich nur bei Tageslicht, bei künstlichem Licht fallen sie auseinander.

Kann der Färber seine Farbstoffe frei wählen, so verfährt er folgendermaßen: Er wählt den Farbstoff, dessen Ausfärbungskurve so nahe wie möglich an der Stelle des farbtongleichen Dreiecks vorübergeht, wo die Farbe des Musters liegt. Hat er Glück, so befindet sich die Stelle auf der Krümmen. Andernfalls fügt er etwas Schwarz hinzu und erreicht die Stelle auf diese Weise. Kleine Abweichungen im Farbton können durch Beimischung eines Farbstoffs von entsprechender Farbtonstufe ausgeglichen werden.

4 Physiologische Nutzenwendungen

Die Helligkeit

Für die Helligkeitsbewertung durch das Auge kommt fast ausschließlich das Leuchtdichteverhältnis in Frage. Ihr Maß ist der Rückwerfungs- („Remissions-“) grad, der nach dem Gesetz von LAMBERT von der Beleuchtungsstärke nicht beeinflusst wird.⁶⁸

Als physiologische Größe ist die Helligkeit nicht unmittelbar meßbar und nicht in absoluten Werten auszudrücken. Das Auge belehrt uns nur darüber, ob ein Gegenstand mehr Licht reflektiert als ein anderer, also „heller“ ist, und insbesondere über die gleiche Helligkeit zweier Gegenstände. Darauf gründet sich das Meßverfahren der Helligkeit. Man drosselt den Lichtstrom des helleren Gegenstandes mit Hilfe genauer physikalischer Instrumente soweit, bis das Auge ihn für ebenso hell erklärt wie den anderen dunkleren. Hat man dabei den stärkeren Lichtstrom z. B. bis auf die Hälfte herabgemindert, so sagt man: Der ihn aussendende Gegenstand ist doppelt so hell wie der andere.

Das Auge empfindet also nicht die (absoluten) Helligkeiten als solche, sondern nur ihre Verhältnisse. Es bezieht die Helligkeit des Gegenstandes auf diejenige seiner Umgebung (Bezogene Farben W. OSTWALDS).

OSTWALD schreibt: „Wir [schreiben] jedem Körper eine bestimmte Eigenfarbe zu [...], an der wir ihn wiedererkennen, und die wir als gleich auffassen, wie schwach oder stark auch die Beleuchtung sei, unter der wir ihn sehen. Diese Eigenfarbe wird immer richtig erkannt, wenn wir den Körper unter gewöhnlichen Verhältnissen betrachten, wo er ein Glied einer mannigfaltigen Umgebung anderer Körper bildet, deren Eigenfarben gleichfalls bekannt sind. Beim Wechsel der Helligkeit werden alle diese Gegenstände gleichzeitig heller oder schwächer beleuchtet, und wir sind gewohnt, diese gemeinsame Beleuchtung immer bei der Auffassung der Körperfarben genau zu berücksichtigen. Dies wird möglich durch das allgemeine Gesetz, daß ein jeder Körper von dem auffallenden Licht immer den gleichen Bruchteil zurückwirft. Einen Körper zum Beispiel, der nur $\frac{1}{50}$ des auffallenden Lichts zurückwirft, nennen wir schwarz. Fällt sehr viel Licht auf ihn, so wird er auch noch verhältnismäßig viel zurückwerfen, im umgekehrten Fall sehr wenig. Er wird aber immer viel we-

⁶⁸ RISTENPART verwendet folgende Definition: Die „absolute“ Helligkeit ist physikalisch genau festgelegt und wird durch die „Leuchtdichte“, d. h. die Lichtstärke je cm^2 gemessen.

Die Einheit der Lichtstärke ist die HEFNER-Kerze K (ab 1. Januar 1941 international die „neue Kerze“).

Die Einheit der Leuchtdichte ist das Stilb (sb) = 1 K : cm^2 . Für Nichtselbstleuchter dient das kleinere Apostilb (asb) als Einheit; 1 asb = 10^{-4} : π sb.

Die Lichtquelle mit der Lichtstärke = 1 K beleuchtet eine Fläche aus 1 m Entfernung bei senkrechtem Lichteinfall mit der Beleuchtungsstärke 1 Lux (1 x).

Ist diese Fläche vollkommen mattweiß, d. h. wirft sie alles auf sie fallendes Licht gleichmäßig nach allen Richtungen zurück, so zeigt sie die Leuchtdichte 1 asb.

Die absolute Helligkeit der Lichter oder Selbstleuchter ist streng zu unterscheiden von der relativen, d. h. auf die Helligkeit des Weiß bezogenen der Körperfarben oder Nichtselbstleuchter, vgl.

RISTENPART, Eugen: Die Ostwaldsche Farblehre und ihr Nutzen. Berlin : Cram, 1948, S. 55.

niger zurückwerfen als andere Körper, die nicht schwarz sind, und er wird daher immer dunkler aussehen als sie. Umgekehrt wirft ein weißer Körper fast alles Licht zurück. Ist er schwach beleuchtet, so beträgt die absolut gerechnet nur wenig, es ist aber stets mehr, als die anderen, nicht weißen Körper zurückwerfen, die im gleichen Licht stehen, so daß er unter allen Umständen doch der hellste bleibt.

So erklärt es sich, daß wir die Farben solcher Körper als gleich auffassen, wie groß oder klein je nach der Beleuchtung die zurückgeworfenen und vom Auge aufgenommenen Lichtmengen auch sein mögen. Wir empfinden oder sehen mit einem Wort an den Körpern nicht die absoluten, sondern die relativen oder verhältnismäßigen Lichtmengen, wie sie durch die Beleuchtung bedingt werden. Die Beleuchtung aber beurteilen wir nach dem Aussehen der uns bekannten Körper.

Die unter solchen Bedingungen gesehenen Farben, d. h. die Farben unserer gewohnten Umwelt, heißen sinngemäß bezogene Farben.

Schließt man die eben gekennzeichneten Bedingungen aus, unter denen bezogene Farben gesehen werden, so entstehen unbezogene Farben. Solche erscheinen, wenn farbige Flächen einzeln in einem sonst lichtlosen oder dunklen Gesichtsfeld auftreten. Bei vielen optischen Apparaten ist diese Voraussetzung gegeben, und die wissenschaftlichen Untersuchungen über Farben beziehen sich daher größtenteils auf unbezogene Farben. Bei ihnen fehlt im allgemeinen die Kenntnis und Beurteilung der Beleuchtungsverhältnisse.

Man kann eine vorliegende Körperfarbe unbezogen machen, wenn man sie durch das Dunkelrohr betrachtet. Dieses hat die Gestalt eines kleinen Fernrohrs; es enthält aber gar keine Linsen, sondern besteht aus einem innen geschwärzten Rohr mit einigen Blenden (um die Beleuchtung der Innenflächen aufzuheben) und einer gut anschließenden Augenmuschel, die alles Seitenlicht abhält. Sieht man durch ein solches Rohr verschiedene einheitlich gefärbte Flächen an, so verliert man bald jedes Urteil über ihre Eigenfarben, und die ganze Farbenwelt verengt oder vereinfacht sich in auffallender Weise. Dies rührt daher, daß unter den beschriebenen Umständen ein Urteil über die Beleuchtung nicht möglich ist und daher die Grundlage für die Auffassung der Körperfarben fehlt.

Hat man beispielsweise [...] ein olivgrünes Feld erzeugt und setzt nun das Dunkelrohr so auf die Öffnung, daß von dem weißen Rahmen nichts sichtbar wird, so sieht das Feld rein gelb und nicht mehr olivgrün aus. Denn die Bezugnahme auf die weiße Umgebung ist durch das Dunkelrohr ausgeschaltet, und dadurch fällt auch die Auffassung fort, welche durch diese Bezugnahme bedingt war.

Somit ist der Name der unbezogenen Farben für solche Fälle gerechtfertigt.⁶⁹

Erscheint ein Gegenstand heller als der Durchschnitt seiner Umgebung, so nennen wir ihn „hell“, erscheint er weniger hell als seine Umgebung, so nennen wir ihn „dunkel“. Dabei kann der in einer dunkeln Umgebung „helle“ Gegenstand, in eine hellere Umgebung gebracht, „dunkel“ werden. (HERINGScher Versuch des Betrachtens durch ein Loch im Papier.)

„Erscheinen also zwei umschlossene Felder, deren umschließende verschiedene Lichtstärken haben, gleich hell, und erteilt man sodann den beiden umschlossenen denselben Lichtzuwachs, so werden sie ungleich und zwar zeigt das in der lichtstarken

⁶⁹ OSTWALD, Wilhelm: Einführung in die Farbenlehre. Leipzig : Reclam, 1919, S. 36-38.

Umgebung liegende einen kleineren Helligkeitszuwachs als das andere. Dementsprechend ist, wenn beide umschlossene Felder denselben Helligkeitszuwachs erhalten sollen, für das in der lichtstarken Umgebung liegende ein größerer Lichtzuwachs erforderlich als für das Feld mit lichtschwacher Umgebung. Dieser Versuch zeigt, daß bei gegebenen Lichtstärken der umschließenden Felder das Gleicherscheinen der beiden umschlossenen nicht an eine bestimmte Lichtstärkenverschiedenheit der letzteren gebunden ist, sondern daß es auch auf die absoluten Größen ihrer Lichtstärken mit ankommt.⁷⁰

Hell und Dunkel sind also rein physiologische Bezeichnungen mit Beziehung auf die Umgebung und ohne zahlenmäßigen (absoluten) Wert.

Weiß, Schwarz, Bunt, Grau

Die physikalische Definition sagt: die Oberfläche eines Körpers ist

- weiß, wenn alles Licht zurückgeworfen und dabei gleichmäßig zerstreut wird,
- schwarz, wenn kein Licht zurückgeworfen wird,
- grau, wenn ein gleichmäßiger Bruchteil aller Lichter zurückgeworfen wird,
- bunt, wenn ungleiche Bruchteile der verschiedenen Lichter zurückgeworfen werden.

Der Physiologe nennt aber auch Weiß und Schwarz, was, auf die Umgebung bezogen, am hellsten und am dunkelsten erscheint. Der Sprachgebrauch kümmert sich so wenig um den physikalischen Begriff des Weiß und Schwarz, daß er im täglichen Leben Gegenstände als weiß bezeichnet, wenn sie nur sehr hell, und als schwarz, wenn sie nur sehr dunkel sind.

Eigenhelligkeiten der Vollfarben

Die einzelnen Farben haben verschieden große Eigenhelligkeiten.

„Endlich sei eine Bestätigung vom Farbenhell er erwähnt, die von so durchschlagender Beschaffenheit ist, daß sie hier wenigstens in ihren Ergebnissen dargelegt werden soll, obwohl sie inhaltlich in die psychologische Farbenlehre gehört. Sie beruht auf der Messung und Berechnung der Helligkeit der bunten Farben, insbesondere der Vollfarben.

Legt man eine Grauleiter [...] auf eine irgendwie gefärbte Fläche, so erweisen sich ihre weißen Stufen ebenso unzweideutig heller, wie ihre schwarzen dunkler, als die Flächenfarbe. Es muß also irgendwo im mittleren Gebiet ein Grau vorhanden sein, das ebenso hell erscheint wie die Farbe. Achtet man darauf, wie die in den Zwischenräumen der Leiter erscheinende Farbe im Vergleich zu den einschließenden Stufen aussieht, so findet man nach kurzer Übung mit Sicherheit das Grau, welches weder heller noch dunkler ist als die Farbe, bzw. zwei graue Stufen, zwischen denen die Helligkeit der Farbe liegt. Da die Helligkeit der grauen Stufen bekannt ist, hat man auf solche Weise die der Farbe gemessen. [...]

⁷⁰ HERING, Ewald: Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. In: Handbuch der Augenheilkunde. Tl. 1. 12. Kap. Leipzig : Engelmann, 1905, S. 124.

Man kann also durch Messung im farbigen Licht, praktisch mittels entsprechender Lichtfilter, und die Helligkeitsbestimmung am Aufstrich die Helligkeit der Vollfarbe messen, die selbst nicht herstellbar ist.⁷¹

Aus den von OSTWALD angegebenen Werten berechnen sich folgende durchschnittliche Helligkeiten für die acht Hauptfarben:

Gelb.....	77	Ublau.....	25
Kress.....	40	Eisblau	55
Rot.....	31	Seegrün	64
Veil.....	20	Laubgrün.....	82

Aus dem Helligkeits- und Farbreiz entsteht die Gesamtempfindung, vermöge deren wir sehen. Der Verlauf des sich dabei abspielenden Vorganges ist aber physiologisch noch lange nicht ganz aufgeklärt.

Schwarzgehalt der kalten Farben

Man darf annehmen, daß die verschiedene Eigenhelligkeit der Farben durch die starke Schluckung der kurzwelligen Strahlen durch das gelbe Pigment des gelben Flecks (macula lutea) auf der Netzhaut bewirkt wird. Ebenso erklärt sich der natürliche Schwarzgehalt der kalten Farben.

Biologisch erklärt sich die Entstehung des gelben Fleckes durch die Notwendigkeit, die empfindlichsten Stellen der Netzhaut gegen die chemische Wirkung der kurzwelligen Strahlen abzuschirmen. Die gelbe Pigmentierung verdankt also ihre Entstehung derselben Ursache wie die braune der übrigen Haut bei zu greller Einwirkung der Sonnenstrahlen oder der Höhensonne.

⁷¹ OSTWALD, Wilhelm: Helligkeiten der Vollfarben. In: Physikalische Farbenlehre, vgl. Fußnote 7, S. 143-144.

Nach A. KOHLRAUSCH⁷² ist die Maculapigmentierung nicht für alle menschlichen Augen gleich. Dem ist bei Messungen mit kurzwelligem Licht durch Umrechnung, auf eine mittlere Maculapigmentierung Rechnung zu tragen. Auf keinen Fall dürfen die Abweichungen stillschweigend übergangen werden.

Nur, wenn das Auge gezwungen wird, unter unnatürlichen Beleuchtungsverhältnissen zu sehen, muß das gelbe Pigment sich störend bemerkbar machen. Das ist z. B. bei der Farbmessung nach dem Filterverfahren der Fall, wenn der Gegenstand im eigen- (oder gegen-) farbigen Licht erscheint. Die Wirkung ist derjenigen eines Gelbfilters zu vergleichen: Ein Blau z. B. büßt einen gewissen Betrag an Vollfarbe ein, der durch Schwarz ersetzt wird.

Stäbchen und Zapfen

Auch das PURKINJE⁷³-Phänomen läßt sich durch die Wirkung des gelben Pigments an den Zäpfchen einfach erklären.

Das PURKINJE-Phänomen besteht bekanntlich darin, daß die Hellempfindlichkeit der Spektralfarben beim Übergang vom Tagessehen und Hellanpassung („Helladaptation“) zum Dämmersehen und Dunkelanpassung („Dunkeladaptation“) von den längeren nach den kürzeren Wellen verschoben wird; die größte Helligkeit wird beim Tagessehen im Laubgrün bei Wellenlänge 555 nm empfunden, beim Dämmersehen dagegen im Grün bei Wellenlänge 510 nm.

Nun sind beim Tagessehen die Zäpfchen mit ihrem gelben Pigment eingeschaltet, beim Dämmersehen die Stäbchen ohne dieses Pigment. Auch hier soll beim Tagessehen das gelbe Pigment das farbempfindliche Organ gegen die unnötige, ja schädliche Wirkung der kurzwelligen Strahlen schützen; die kürzeren Wellenlängen werden durch das gelbe Pigment abgebremst. Beim Dämmersehen ist diese wohltätige Wirkung des gelben Pigments nicht mehr vonnöten; von selbst schalten sich die pigmentfreien, empfindlicheren Stäbchen ein. Die kürzeren blauen Wellenlängen werden nicht mehr geschwächt, infolgedessen rückt die größte Helligkeit mehr nach ihnen zu.

Das Gesetz der Vereinfachung

Das Gesetz der Vereinfachung ist von OSTWALD folgendermaßen ausgesprochen worden:

„Die Mannigfaltigkeit der Empfindungen kann nur geringer sein als die des Reizes, höchstens ihr gleichkommen. Wir haben bereits gesehen, daß zwar die Verschiedenheiten der Schwingzahlen als Farbtonverschiedenheiten empfunden werden, nicht aber die Verschiedenheiten der Schwingebene und der Unterschied zwischen polarisiertem und unpolarisiertem Licht.

Der biologische Grund dafür ist, daß uns in der Natur nur ganz selten geordnetes (polarisiertes) Licht von einheitlicher Schwingebene zu Gesicht kommt; auch ist solches Licht nicht mit anderen biologisch wichtigen Verhältnissen verknüpft. Es hat

⁷² RISTENPART verweist auf: KOHLRAUSCH, A.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Berlin : Springer, 1925, S. 1516. Die Angabe konnte nicht überprüft werden.

⁷³ Johannes Evangelista Ritter von PURKINJE (Purkyně) (1787-1869), tschech. Philosoph, Physiologe.

deshalb nie ein Einfluß bestanden, durch welchen sich am oder im Auge ein Organ zur Empfindung der Schwingenebene ausgebildet hätte.

Auch bezüglich der Mannigfaltigkeit der Schwingzahlen ist das Auge rückständig, da es viele Mischungen aus verschiedenen Lichtern als gleich empfindet, deren Zusammensetzung verschieden ist.⁷⁴

Prüfung des Tageslichtes

Mit Hilfe des unvollkommenen Grau kann man zu einer brauchbaren Prüfung des Tageslichtes gelangen. Dazu führt folgende Betrachtung:

Weißes Licht. Das sichtbare Spektrum der Sonnenstrahlen ruft als geschlossenes Ganzes im menschlichen Auge die Empfindung Weiß hervor. Diese Empfindung wird gedanklich mit ihrer physikalischen Ursache verbunden und führt zu der Bezeichnung „weißes“ Licht.

Tageslicht. Das weiße Licht ist die ideale Norm. Diese wird vom Tageslicht nie vollkommen, sondern immer nur angenähert erreicht. Denn die von der Sonne ausgesandten sichtbaren Strahlenbündel erreichen unser Auge nie ganz ungeschmälert. Zunächst haben sie die unsere Erde umgebende Lufthülle zu durchsetzen; auf diesem Wege werden kurzwellige Strahlen (Grün und Blau) herausgenommen, langwellige (Rot und Gelb) bleiben übrig; je länger die vom Licht durchlaufende Luftstrecke ist, um so größer die Abweichung nach Rot (Morgen- und Abendrot). Dann kann aber auch das Licht, bevor es in unser Auge gelangt, auf farbige Oberflächen (grünes Laub, rote Ziegel usw.) treffen, von denen es unter abermaliger Einbuße an bestimmten farbigen Anteilen zurückgeworfen wird. Dadurch wird der dem Tageslicht beigemischte Buntanteil auf Kosten von Weiß noch größer.

Das Auge ist wenig empfindlich für solche Abweichungen des Tageslichtes vom normalen weißen Licht. Es darf es sein; denn ihm sind die Farben nur Mittel zum Unterscheiden, mithin zum Sehen und Wahrnehmen. Ja, es muß es sein; denn erst dadurch, daß es von der physikalischen Zusammensetzung des Lichtes möglichst abieht, sieht es auch im farbigen Licht die Dinge so, wie es sie zu sehen gelernt hat, nämlich weißes Papier weiß und grünes Laub grün usw. Physikalisch sieht es falsch, psychologisch richtig. Auf das psychologisch richtige Sehen kommt es aber an.

W. OSTWALDS Tageslichtprüfung. Ein vollkommenes Grau schluckt von allen Lichtern des Spektums den gleichen Bruchteil; infolgedessen bleibt es unabhängig von einem etwaigen Buntanteil des Lichtes grau. Ein unvollkommenes Grau schluckt ungleich und wird daher im rötlichen Lichte rötlich, im bläulichen bläulich usw. Es verschiebt also im Gegensatz zum vollkommenen Grau je nach der Farbe (Spektrum) des Lichtes nach Rot oder Blau. Beim Vergleich beider Grau tritt die Abweichung deutlich zutage; denn für Unterschiede zweier Farben im Buntanteil ist das Auge sehr empfindlich.

An sich kann ein beliebiges Gegenpaar im Farbkreis für die Ermischung des unvollkommenen Grau gewählt werden. Für den handlichen Tageslichtprüfer fand OSTWALD am geeignetsten ein Grau g, gemischt aus Chinolingelb (Farbton 1) und Guineaviolett (Farbton 13). Es sieht im Tageslicht grünlich, bei Lampenlicht rot aus.

⁷⁴ OSTWALD, vgl. Fußnote 1, S. 52.

Ein aus dieser Mischung hergestelltes Lichtfilter ließ Rot und Seegrün durch und verwandelte alles Gelb in lebhaftes Rot.

OSTWALD stellte eine Stufenleiter her, deren erste Sprosse aus mit dem erwähnten unvollkommenen Grau g getränkten Papier bestand, während die folgenden Sprossen außerdem einen gleichmäßig anwachsenden Bruchteil Grün enthielten. Vergleicht man nun ein vollkommenes Grau g mit den Sprossen der Leiter, so liegt die ebenso grau aussehende Sprosse um so weiter nach dem grünen Ende hin, je röter das Tageslicht ist. Führt man die Sprossen weit genug durch Steigerung des Grünanteils, so kann man erreichen, daß das Grau sogar im Lampenlicht nicht mehr rötlich, sondern neutral erscheint.

Das Nachbild

Das Nachbild beruht auf einer Eigenschaft unseres Sehorgans, die wir als Trägheit bezeichnen.

Betrachtet man einen sehr hellen Gegenstand, etwa die Sonne, einen Augenblick und schließt dann das Auge, so sieht man dasselbe Bild noch einige Zeit in abklingender Stärke.

Diesem positiven Nachbild kann man ein negatives folgen lassen, wenn man das wieder geöffnete Auge auf einen hellen Grund richtet. Man erblickt dann ein dunkles Bild auf hellem Grunde, etwa wie ein photographisches Negativ.

Das zuerst erscheinende positive Nachbild verschwindet, wenn der erzeugende Lichtreiz nur schwach war, so schnell, daß man es kaum wahrnimmt; auch hilft die Gewohnheit mit, die uns solche lästigen Nachbilder nicht mehr beachten läßt, ebenso wie der Müller das Klappern seiner Mühle nicht mehr zu hören pflegt.

Das später erscheinende negative Nachbild wird schon deutlicher wahrgenommen.

Das negative Nachbild

Das negative Nachbild (als Fremdwort „Sukzessiv-Kontrast“) eines farbigen Gegenstandes erscheint in der Gegenfarbe, und zwar nicht nur auf hellem, sondern auch auf dunklem Grunde, also auch bei geschlossenen Augen.

FECHNER (Abschnitt 1) faßt die negativen Nachbilder als Ermüdungserscheinung auf. Das Auge ist durch die Beanspruchung für die vorgelegte Farbe unempfindlicher geworden, für die Gegenfarbe ist es noch frisch geblieben und antwortet daher auf ihren Reiz verhältnismäßig stärker.

HERING (Abschnitt 1) nimmt eine aktive Gegenwirkung der Netzhaut an, durch welche die entgegengesetzte Empfindung hervorgerufen wird. Er bezeichnet diese polar entgegengesetzten Vorgänge als Assimilation und Dissimilation. So erklärt er überhaupt das Zustandekommen der Gegenfarben.

Der Kontrast

Was das negative Nachbild in der Zeit, das ist der („Simultan-“) Kontrast im Raum. Betrachtet man eine Grauleiter, deren Felder unmittelbar aneinanderstoßen, so ist jedes Feld am einen Rande aufgehellt, am anderen abgedunkelt. Die Aufhellung findet neben dem dunkleren, die Abdunkelung neben dem helleren Nachbarn statt. Der Kon-

trast ist also immer negativ, indem die helle Nachbarschaft verdunkelt, die dunkle dagegen aufhellt.

Betrachtet man einen Farbkreis, dessen Felder unmittelbar aneinanderstoßen, so ist jedes Feld an den Rändern im Farbton verschoben. Weil zeigt nach dem röteren Nachbarn zu einen blauerem, nach dem blauerem Nachbarn zu einen röteren Rand.

Die Kontrastfarbe tritt uns im allgemeinen ebensowenig ins Bewußtsein wie die negativen Nachbilder. Beide stören ja das richtige Sehen und werden daher von dem gesunden Auge tunlichst ausgeschaltet. So erscheint ein graues Feld auf rotem Grund erst bei längerem Hinsehen grün, wobei dann das negative Nachbild mitwirken kann. Die Erscheinung tritt aber sofort auf, wenn man das graue Feld mit einem Maschengewirk oder mit Pauspapier bedeckt; dadurch wird das übrige Aussehen des grauen Flecks, z. B. seine Umrisse, verdeckt und nur die Farbe als solche kommt zur Wirkung

Das Mustern

Mustern erfordert an erster Stelle, daß die Beleuchtung so wie zerstreutes Tageslicht zusammengesetzt ist. Da das nur schwierig zu erreichen ist, sollte die Industrie sich über einen gleichmäßigen, einheitlichen Ersatz einigen.

Das MOORE-Licht⁷⁵ erscheint zur Zeit diesem Zweck am besten zu entsprechen: eine luftleere Glasröhre, nur ganz wenig Kohlendioxyd enthaltend, wird durch hochgespannten Wechselstrom zum Leuchten gebracht; das erhaltene Bandenspektrum kommt in seiner Wirkung dem des zerstreuten Tageslicht fast gleich.

An zweiter Stelle müssen alle störenden Farbeinflüsse z. B. durch den blauen Himmel oder einen grünen Baum usw. ausgeschlossen sein; sie ändern nicht nur die Farbe der Beleuchtung, sondern verursachen auch subjektive Störungen des Urteils durch die Erscheinung von Nachbildern und Kontrasten.

Um ganz sicher von den störenden Einflüssen einer farbigen Umgebung befreit zu sein, bringt man das Auge ins Dunkle, so z. B. beim Mustern mit Hilfe optischer Apparate. Dies ist der Fall beim PULFRICH-Photometer (Abschnitt 3.1.1), wo das Auge in eine über dem Okular angebrachte Muschel, also ins Dunkle taucht. Ferner beim Farbkomparator (Farbvergleich), Abb. 26.

⁷⁵ Die ersten Leuchtstoffröhren waren mit einem unedlen Gas gefüllt, das ein rötlich-gelbes oder weißes Licht gibt. Sie wurden nach ihrem Erfinder MOORE-Licht genannt.

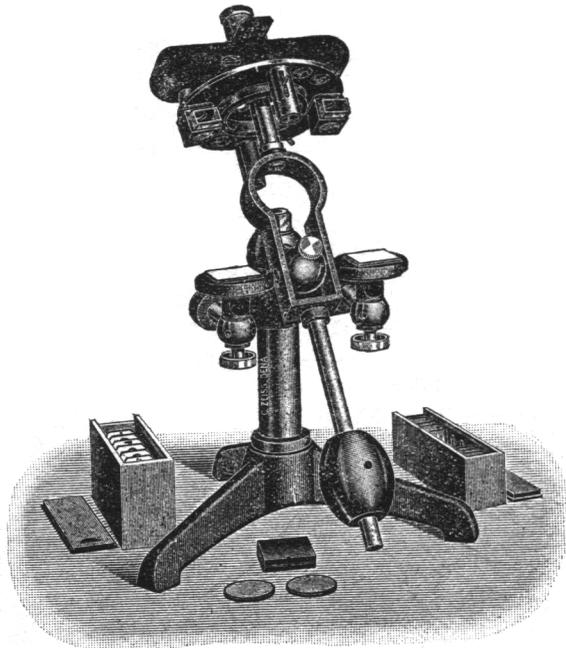


Abb. 26

achter fortgerückt, daß die Struktur des Gewebes nicht mehr zu sehen ist und die Farbe allein zur Wirkung kommt. Die beiden Bilder werden ähnlich wie beim Hasch und PULFRICH-Photometer (Abschnitt 3.1.1) durch 4 Spiegelprismen nach dem Okular und Auge hin zusammengeworfen. Der Beobachter sieht auch hier zwei in einer feinen geraden Linie zusammenstoßende Halbkreise. Der eine Halbkreis zeigt die Farbe des einen, der andere die des anderen Musters an.

Der Apparat hat eine Vorrichtung zur Erkennung metamerer Farben (Abschnitt 3.1.2). Man kann in den Gang der Lichtstrahlen FarbfILTER einschalten; diese sollen diejenigen Lichter auslöschen, die beiden Proben gemeinsam sind, und diejenigen durchlassen, die verschieden sind. Durch diese Aussonderung treten die verschiedenen deutlicher in Erscheinung. ZEISS verteilt die Durchlaßgebiete mit Hilfe von sieben Filtern gleichmäßig über das Spektrum.

Bekanntlich mustert der Färbermeister so, daß er die zu vergleichenden Stücke nebeneinander legt und einmal senkrecht von oben (in der Aufsicht), das andere Mal im schrägen Aufblick (in der Übersicht) betrachtet. Diese Betrachtungsweise ahmt der Farbenkomparator dadurch nach, daß das zur Betrachtung dienende Doppelfernrohr um eine waagerechte Kippachse in jede gewünschte Lage gedreht werden kann. Dabei bleibt der Blick immer auf die obere Seite der beiden Proben gerichtet. Das Doppelfernrohr ist auf unendlich eingestellt. Die Stoffe werden also gleichsam in eine solche Entfernung vom Beob-

5 Psychologische Nutzenwendungen

Farbe als Darstellungsmittel

Schon immer wurde Farbe zur Hervorhebung besonderer Gedanken gebraucht. Der Alltag liefert eine Fülle von Beispielen. Der Schüler fürchtet die rote Tinte als das Kennzeichen der Korrekturen des Lehrers. Der Kaufmann und der Verwalter kennzeichnen ihre Anordnungen mit Rot- und Blaustift. Die verschiedenen Länder heben sich auf den Landkarten durch verschiedene Farbe ab. Der Techniker benutzt verschiedene Farben zur Verdeutlichung seiner Zeichnungen. Der Verkehr wird erleichtert durch farbige Signale. Besonders hier können nur farbtüchtige, normalsichtige Beobachter gebraucht werden.

Man hat sich aber früher nur einzelner besonders auffälliger Farben bedient, namentlich der vier Hauptfarben. Heute, wo die Farben eine wohlgeordnete dreifaltige Gruppe bilden, kann auch ihre Verwendung als Darstellungsmittel ordnungsmäßig betrieben werden.

Damit der Zweck erreicht wird, müssen die verwendeten Farben noch deutlich unterscheidbar sein. Von den drei Veränderlichen der Farbe ist der Farbton derjenige, dessen Verschiedenheiten am leichtesten im Gedächtnis haften, während Helligkeitsunterschiede sich nur schwer einprägen. Wir benutzen daher vorzugsweise Verschiedenheiten im Farbton.

Dabei schließt man Helligkeitsunterschiede zunächst tunlichst aus, nimmt also die Farben aus wertgleichen Kreisen.

Nur wenn die darzustellende Gruppe eine Reihe bildet, z. B. die Höhenlagen auf einer Landkarte, abgestuft von 100 zu 100 m, bleibt man im Farbton und stuft nach der Helligkeit ab (Hell- oder dunkelklare Reihe). Weniger gut ist die Benutzung der Reihenfolge des Farbkreises, beginnend mit Gelb, weil diese ja willkürlich ist.

Wieviel Farben stehen nun zur Verfügung, um damit verschiedene Gegenstände zu bezeichnen?

Zunächst lassen sich die acht Hauptfarben gut erkennen. Man wählt immer den zweiten Vertreter, nur beim Seegrün den dritten, der besser vom zweiten Eisblau und immer noch gut vom zweiten Laubgrün unterschieden wird.

Bei der Auswahl der Farbkreise muß man sich danach richten, mit welcher Farbe auf farbigem Grund etwa geschrieben werden soll. Für schwarze Schrift (Tinte und Bleistift) wählt man den Kreis e a, für weiße Schrift (Kreide) i a, für beides gleichzeitig den trüben Kreis g c.

Das ergibt $3 \times 8 = 24$ verschiedene Darstellungsmittel, die in Gestalt von Buntstiften oder wäßrigen Tuschen leicht hergestellt und bereitgehalten werden können.

Der empfindungsgemäße (psychologische) Farbtonkreis

Der physikalisch richtig eingeteilte (analytische) Farbtonkreis W. OSTWALDS ist nur zum Teil gleichabständig. Dies rührt daher, daß nur der Bereich von Gelb bis Veil, also in der Hauptsache die warmen Farben, nach dem Prinzip der inneren Symmetrie eingeteilt wurde, nicht aber die gegenüberliegenden kalten Farben, die vielmehr nach

dem Prinzip der Gegenfarben diametral gegenüber angeordnet wurden. Darunter muß die Gleichabständigkeit leiden. Denn ein großer Bereich der warmen Farben hat ihre Gegenfarbe in einem viel kleineren Bereich der kalten.

So haben z. B. die kressen Farbtöne im Bereich von $\lambda = 660 - 590$ nm, also 70 Wellenlängen, ihre Gegenfarben in dem engen Bereich von $\lambda' = 493,8 - 484,4$ nm, also nur 9 Wellenlängen nach L. PFAUNDLER.⁷⁶ Diese 9 Wellenlängen werden aber im analytischen oder Gegenfarbkreis auf 70 auseinandergezogen, da sie ja diametral gegenüberliegen sollen. Infolgedessen nimmt Blau und Grün eine zu große Strecke des Kreisumfangs ein.

Für den Techniker, insbesondere den Färber, ist zwar der OSTWALDSche Farbtonekreis mit den richtig gegenüberliegenden Gegenfarben am brauchbarsten; denn er veranschaulicht ihm, welche Farben sich zu Schwarz oder Grau aufheben.

Für den Künstler, insbesondere den Maler und Musterzeichner, ist aber die Gegenfarbbeziehung nebensächlich, die Gleichabständigkeit die Hauptsache, und zwar nicht nur in der rechten Hälfte, sondern durch den ganzen Farbtonekreis. Folglich muß auch die linke Hälfte gleichabständig eingeteilt werden, wobei natürlich die Gegenüberlage der Gegenfarben verlorengeht.

So kommt es, daß GOETHE⁷⁷ die drei Hauptfarben Gelb, Rot und Blau gegenüber den Zwischenstufen Kreß, Veil und Grün angeordnet hat. Auf die Tatsache, daß die gegenüberliegenden Paare Gelb-Veil und Kreß-Blau physikalisch keine Gegenfarben sind, brauchte sein Künstlerauge nicht zu achten.

Der Verzicht auf die Gegenüberlage der Gegenfarben im gleichabständigen Farbtonekreis läßt auch eine ungerade Anzahl von Hauptfarben zu. So teilte Isaak NEWTON,⁷⁸ der Begründer der wissenschaftlichen Farbenlehre, in sieben Hauptfarben ein.

Seit NEWTON (mit seiner Einteilung des Spektrums in sieben „Regenbogen“-Farben in Anlehnung an die sieben Töne der Oktave) spukt in der Farbenlehre unge-rechtfertigte Bezugnahme auf die Tonlehre.⁷⁹

⁷⁶ Leopold VON PFAUNDLER (1839-1920), 1867 Prof. f. Physik an der Univ. Innsbruck, 1891 Prof. f. Physik am Physikal. Inst. der Univ. Graz.

vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Beiträge zur Farbenlehre : 1. bis 5. Stück. Leipzig : Teubner, 1917, S. 479. - (Abh. d. Kgl. Sächs. Ges. der Wiss. Math.-phys. Kl. ; Bd. 34, Nr. 3).

⁷⁷ Johann Wolfgang GOETHE (1749-1832), dt. Dichter, Wissenschaftler und Staatsmann, verfaßte 1791 Beiträge zur Optik, 1771-1825 Sammlung zur Naturwissenschaft, darunter zur Farbenlehre.

⁷⁸ NEWTON, Isaac: Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts (1704): I. Buch. Hrsgeg. v. William Abendroth. Leipzig : Engelmann, 1898. - 132 S.: Abb. - (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften ; 96).

⁷⁹ Es sei daran erinnert, die in der Tonreihe nach einer bestimmten Periode, einer „Oktave“, derselbe Ton empfunden wird, nur höher oder tiefer. Es ist jedesmal der achte Ton, daher der Name Oktave. In Wirklichkeit enthält die Oktave freilich nicht sieben, sondern zwölf sog. Halbtöne.

Die Schwingungsverhältnisse dieser 12 Töne sind seit dem Altertum bekannt:

c	cis	d	es	e	f	fis	g	gis	a	b	h	c
1	18:17	9:8	6:5	5:4	4:3	7:5	3:2	8:5	5:3	16:9	15:8	2

oder in Dezimalen:

1	1,059	1,125	1,2	1,25	1,333	1,4	1,5	1,6	1,667	1,778	1,875	2
---	-------	-------	-----	------	-------	-----	-----	-----	-------	-------	-------	---

oder nach der Formel $\sqrt[12]{2^n}$, wenn n von 1 bis 12 wächst,

1	1,059	1,123	1,2	1,26	1,335	1,41	1,5	1,6	1,682	1,782	1,886	1,998.
---	-------	-------	-----	------	-------	------	-----	-----	-------	-------	-------	--------

Beim Fortschreiten im Tonkreis kommt der Hörer auf der Hälfte des Weges zum sog. Tritonus, der keine andere Eigenschaft aufweist, als der geometrische Mittel- oder Symmetriepunkt zu sein, der gleich weit entfernt ist vom Ton und seiner höheren bzw. tieferen Oktave. Beim Fortschreiten durch den Farbtonkreis gelangt der Beschauer dagegen halbwegs zur Gegenfarbe, die die Ausgangsfarbe verneint und vernichtet. Sie hat jede Ähnlichkeit mit der Ausgangsfarbe verloren, die bei den vorhergehenden sowie bei den folgenden Farbtönen um so ausgesprochener ist, je geringer die Entfernung von der Ausgangsfarbe. Im Gegensatz dazu wird bei der Tonfolge die nächstliegende Stufe, die Sekunde, als am unähnlichsten, als schrille Dissonanz empfunden.

Der immer wiederkehrende Versuch, Gesetzlichkeiten der Töne auf die Farben zu übertragen, läßt sich geschichtlich begründen. Die Tonlehre ist etwa 2000 Jahre alt; die Farbenlehre kaum 300. Die neue Wissenschaft nahm die Worte für ihre Begriffe von der älteren Schwester, indem sie sie noch durch die Vorsilbe Farb verdeutlichte. So entstanden Farb-ton, Farb-klang usw.

Die richtigen Gegenfarben

Wie oft bin ich gefragt worden, welches die richtigen Gegenfarben seien, Gelb-Veil nach GOETHE oder Gelb-Blau nach HELMHOLTZ-OSTWALD. Die Antwort lautete: Beide sind richtig; es kommt nur darauf an, von welchem Standpunkt aus gefragt wird.

Fragt der Techniker und Physiker, so denkt dieser an Ergänzungs- (Komplementär) -Farben, die sich zu Weiß additiv mischen; das sind zweifellos Gelb und Blau.

Fragt aber der Maler und Künstler, so denkt dieser an Kompensationsfarben, die sich zu Grau subtraktiv mischen (kompensieren), oder auch an die ihnen nahestehenden Kontrastfarben, die beim negativen Nachbild und beim Kontrast (Abschnitt 4) entstehen.⁸⁰ Hier sind Gelb und Veil die richtigen Gegenfarben. Diese geben, vom Maler oder Färber subtraktiv gemischt, ein mehr oder weniger vollkommenes Schwarz, während Gelb und Blau ein mehr oder weniger dunkles Grün ergeben. Der Grund ist in der gegenseitigen Verdünnung beider Farben bei der Mi-

Der Tritonus $7 : 5 = 3$ ganze Tonschritte, z. B. c - fis ist der Symmetriepunkt der Oktave.

Offenbar beruht die Abstufung der Töne nach Logarithmen ihrer Schwingungszahlen auf der Anwendung des FECHNERSchen Gesetzes. Der Reiz ist die Schwingungszahl, die Empfindung die Tonhöhe.

Hier ist also die Anwendung des FECHNERSchen Gesetzes nicht nur angebracht, sondern notwendig, wie die Erfahrung bestätigt. Das Auge aber hat keine Einrichtung zum Empfang einzelner Wellen, sondern ist nur auf den Empfang von Wellengemischen eingestellt. Es fehlt also die Abhängigkeit der Empfindung vom Reiz der einzelnen Wellenlänge. Steigerung des Reizes, der Wellenlänge, bewirkt keine Steigerung der Empfindung, sondern nur eine andere Art (Qualität). Rot ist doch nicht etwa eine Steigerung von Gelb oder gar Grün, sondern etwas ganz Verschiedenes. Daher kommt das FECHNERSche Gesetz hier gar nicht in Frage.

Auch sonst vermag der unvoreingenommene Betrachter in der Struktur der beiden Kreise nur Unterschiede festzustellen.

⁸⁰ Besonders vor weißem Hintergrund, der sich der blauen Kontrastfarbe zumischt und sie nach Rot verfärbt, vgl.: OSTWALD, Wilhelm: Die Einteilung des Farbtonkreises. In: Zeitschr. f. angew. Psychol. 15 (1919), Nr. 5/6, S. 443.

schung zu suchen. Infolge der spektralen Lücke verschiebt sich der Farbton nach Grün und, um dieses Grün aufzuheben, fordert das Auge die Mischfarbe Veil (Violett) zu Gelb.

Freilich läßt sich das Violett im Farbkreis GOETHE nicht so eindeutig festlegen wie das U-blau bei OSTWALD. Denn jenes kann je nach Empfindung des Beobachters etwas schwanken; dieses ist durch additive Mischung mit dem Kreisel oder durch doppelbrechendes Gipsblättchen im Polarisationsapparat jederzeit leicht herzustellen. Die physikalische Verankerung der Farbtöne bei HELMHOLTZ-OSTWALD ist wesentlich für den Physiker, die empfindungsgemäße Anordnung bei GOETHE wird bevorzugt vom Künstler. Damit bestehen beide zu Recht.

Die Glanzzahl

W. OSTWALD unterscheidet in seiner „Farbkunde“⁸¹ absoluten (d. h. durch das Verhältnis der gespiegelten Lichtmenge zu der von Normalweiß in gleicher Lage zurückgeworfenen Lichtmenge gemessenen) und relativen (d. h. durch das Verhältnis der gespiegelten Lichtmenge zu der von einer matten von sonst gleicher Beschaffenheit zurückgeworfenen Lichtmenge gemessenen) Glanz, fügt aber gleich hinzu, daß für den Werk tätigen nur der relative Glanz in Frage komme.

Der relative Glanz kann nun mit W. DOUGLAS, einem Schüler OSTWALDS, als Unterschied $H_s - H_n$ ⁸² oder empfindungsgemäßer mit W. OSTWALD als Verhältnis $H_s : H_n$ ausgedrückt werden (Abschnitt 3.2).

Der empfindungsgemäße Farbkörper

In Nr. 6 der Zeitschrift für technische Physik, 1921, hat W. OSTWALD ausgeführt,⁸³ daß und warum die Farbnormen in dem Doppelkegel seines Farbkörpers nicht empfindungsgemäß gleichabständig sind.⁸⁴ Die Farbkreise verengern sich mit abnehmender Reinheit; die Zahl der Farbtöne bleibt aber unverändert 24. Folglich müssen die Farbtöne mit abnehmender Reinheit zusammenrücken, mit zunehmender Reinheit auseinandergehen.

Eine ideale Normung, bei der die Normpunkte das ganze Gebiet gleichabständig ausfallen, so daß nirgends zu viele oder zu wenig sind, ist es also nicht, aber eine sehr zweckdienliche. Denn der feine Geschmack verlangt und bevorzugt gerade diese scheinbar zu vielen Farben um die Grauachse herum, besonders in der Nähe des Weiß die zarten „duftigen“ Creme, Rosa usw. und in der Nähe des Schwarz seine rötlichen, bläulichen usw. Abarten, die sog. „Stiche“. Diese gewissermaßen wie ein Schleier hingebreiteten Buntheiten scheinen einen besonderen Schönheitsreiz für das

⁸¹ OSTWALD, vgl. Fußnote 1, S. 150.

⁸² Vgl. Fußnote 16.

⁸³ OSTWALD, Wilhelm: Die Grundlage der messenden Farbenlehre. In: Zeitschr. f. techn. Physik 1 (1920), Nr. 9 u. 12, S. 173-175, 261-271; 2 (1921), Nr. 6, S. 145-152.

⁸⁴ Fußnote im Original: „Der psychologische Farbkörper soll die Forderung darstellen, daß in jeder Richtung die Unterschiede der Farbe dem Abstände proportional sind, und daß das Verhältnis beider überall dasselbe ist. Ist e die Empfindung und $s = x^2 + y^2 + z^2$ der Abstand, so soll für den Farbkörper gelten $de : ds = k$ (konstant) oder $de^2 : ds^2 = 0$. Das gemeinsame Maß von e nach allen Richtungen ist die Schwelle.“ (Mitteilung von Grete OSTWALD, Wilhelm-Ostwald-Archiv, 1948).

Auge zu bilden, weil sie sich ihm nicht aufdrängen, sondern gesucht sein wollen und mit ihrer Entdeckung durch das fein empfindende Organ dem Beschauer Freude bereiten. Der gemeine stumpfe Sinn sieht sie nicht. Wer aber Farbgefühl besitzt, wird gerade von diesen zarten, beinahe unbunten Farben entzückt sein. So kommt es, daß solche Verbraucherkreise sogar nach der Reinheitsreihe 1, also den Farbkreisen b a bis p o verlangt haben!

Die zulässigen Farbabweichungen (Farbtoleranzen)

Die zahlenmäßige Erfassung von Farbtoleranzen ist das Ziel der darauf gerichteten theoretischen und praktischen Arbeiten. Es kann nur erreicht werden durch Erforschung und Beherrschung der Gesetzmäßigkeit der Farbenwelt. Vollständige Gleichheit zweier Körperfarben ist unmöglich; sie erscheinen nur unserem Auge als gleich, weil dieses sie nicht mehr zu unterscheiden vermag, weil die Schwelle, d. h. der kleinste, eben noch wahrnehmbare Betrag des Reizes, nicht erreicht ist.

Wir lassen sogar noch zwei Farben als gleich gelten, wenn sie nur ähnlich sind, wenn die Unterschiedsschwelle nicht allzuweit überschritten ist.

Über dieses „zuweit“ erhebt sich nur allzuleicht der Streit zwischen Hersteller und Abnehmer der Farbe. Liegt die gelieferte Farbe noch innerhalb der Grenzen, innerhalb derer sie bei gerechter Beurteilung noch vom Muster abweichen darf so, daß man sie noch für mustergetreu erklären kann?⁸⁵

Da scheint sich die Festlegung der Grenzen der Abweichung durch Farbmessung als glückliche Lösung darzubieten, um viel unnützen Streit aus der Welt zu schaffen, indem sich Färber und Auftraggeber auf diese zahlenmäßig festgelegten Grenzen einigen.

Vieles spricht dafür, aber auch manches dagegen, was nun angeführt werden möge:

Die Schwelle ist bei den einzelnen Personen verschieden, je nach Begabung und Beschäftigung.

Die Meßergebnisse des Photometers müßten genauer sein als die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges. Das ist aber bekanntlich nicht der Fall.

Die Verschiedenartigkeit der Oberflächenbeschaffenheit von Muster und Farbgut, z. B. Baumwolle und Kunstseide, läßt beide selbst bei gleicher Farbe niemals gleich aussehen, weil die Unterschiede im Glanz stören.

Die Ansprüche an Farbübereinstimmung sind je nachdem ganz verschieden. So wird man z. B. von einer gewissenhaften Kopie eines Gemäldes fast restlose Übereinstimmung verlangen, ebenso beim Färben von Garnen für gemusterte Teppiche; dagegen wird man bei Strumpffarben nachsichtiger sein können.

Durch falsches Mustern und Färben können gar nicht vorhandene Farbunterschiede hervorgerufen werden.

Aus alledem ergibt sich, daß man gut daran tut von Fall zu Fall zu entscheiden, ob sich die Festlegung der zulässigen Farbabweichungen durch Farbmessung lohnt, oder ob man besser bei dem seitherigen Brauch bleibt, wenn er auch nicht als Ideal zu bezeichnen ist.

⁸⁵ RISTENPART, Eugen: Zur Mustergetreueheit von Färbungen. In: Melliand-Textilber. 15 (1934), Nr. 5, S. 214.

Die Farbharmonien

Die Farbharmonien werden von dem Hauptgesetz der Schönheitslehre beherrscht, das auf alle Zweige der Kunst anwendbar ist:

Gesetzlichkeit = Harmonie.

GOETHE hat dieses Hauptgesetz verkündet in der Schlußstrophe seines berühmten Epigrammes „Natur und Kunst“:

„So ist's mit aller Bildung auch beschaffen:
vergebens werden ungebundne Geister
nach der Vollendung reiner Höhe streben.
Wer Großes will, muß sich zusammenraffen;
in der Beschränkung zeigt sich erst der Meister
und das Gesetz nur kann uns Freiheit geben.“

Das Gesetz gilt für die Schwingungsverhältnisse der harmonischen Intervalle in der Tonlehre:

Oktave 1 : 2, Quinte 2 : 3, Quarte 3 : 4, große Terz 4 : 5, kleine Terz 5 : 6; ferner für Rhythmus (Takt), Periodenbau und Kontrapunkt.

Das Gesetz gilt ferner für Dichtung, Baukunst, Kristallisation und überhaupt Formbildung.

Die Erzeugung harmonischer Farbzusammenstellung

Die Erzeugung harmonischer Farbzusammenstellung kann bewirkt werden seit der Normung der Farben durch OSTWALD; man braucht nur seinen einfachen Regeln für die übereinstimmenden Elemente zu folgen. Er schreibt in „Farbnormen und Farbharmonien“: Die Farbnormen bilden nun die Grundlage, auf der sich alle farbigen Harmonien aufbauen lassen. Hierfür gelten folgende Gesetze:

1. Graue Harmonien setzen mindestens drei Stufen (einschließlich Weiß und Schwarz) voraus. Diese Stufen müssen gleich sein. So ergeben die Stufen c e g oder c g l harmonische Verbindungen; c e l oder e g p wirken unharmonisch.
2. Farbtongleiche Harmonien entstehen, wenn man das Gesetz (1) auf die Glieder einer Schattenreihe, einer Weißgleichen oder einer Schwarzgleichen anwendet. Beispiele sind 17 ca, 17 ec, 17 ge, ferner 5 ec, 5 ic, 5nc, ferner 8 pa, 8 pc, 8 pe.
3. Farbtonverschiedene Harmonien sind die einzigen, die man bisher in Betracht gezogen hat. Weil die alsbald anzugebenden Gesetze für sie unbekannt waren, auch meist ein falsch geteilter Farbtonkreis benutzt wurde, konnte kein Erfolg erzielt werden.

a) Das Hauptgesetz ist, daß zunächst nur wertgleiche Farben verbunden werden, d. h. solche mit gleichem Weiß- und Schwarzanteil. Sie sind durch gleiche Buchstaben gekennzeichnet. Die Farbtöne werden gleichabständig im Farbkreis aufgesucht. Somit haben ihre Nummern gleiche Unterschiede. Die in Betracht kommenden Teilungen sind die in 2, 3, 4, 6, 8 Teile. Dies ergibt Nummernabstände von 12, 8, 6, 4, 3. Beispiele sind:

Zweier	9 ie,	21 ie.				
Dreier	5 ga,	13 ga,	21 ga.			
Vierer	3 lc,	9 lc,	15 lc,	21 lc,		
Sechser	1 ng,	5 ng,	9 ng,	13 ng,	17 ng,	21 ng.
Achter	2 ca,	5 ca,	8 ca,	11 ca,	14 ca,	17 ca, 20 ca, 23 ca.

b) Die Harmonien der Dreier und höherer Teilungen werden interessanter, wenn man einige Glieder fortläßt. So erhält man einseitig orientierte Farbgruppen von besonderem Charakter je nach dem Gebiet des Farbkreises, aus dem sie genommen sind.

c) Zugefügtes Grau muß den Buchstaben entsprechen. Zu der oben angegebenen Dreierharmonie in ga paßt nur Weiß a und Grau g, keinesfalls ein Schwarz.

d) In allen diesen Harmonien kann man einzelne Farben durch andere Glieder der zugehörigen Schattenreihen ergänzen. So kann man in der Zweierharmonie 9 ie, 21 ie der zweiten Farbe auch 21 ea, 21 gc, 21 g usw. zufügen. Ebenso können mehrere solche Glieder nebeneinander verwendet werden, wobei das Gesetz (1) zu beachten ist.

e) Sind endlich die Flächengrößen der nebeneinander erscheinenden Farben sehr verschieden, so ersetzt man in der kleineren die wertgleiche Farbe durch eine reinere aus derselben Weißgleichen. Hat z. B. in der Harmonie 9 ie, 21 ie das Rot eine kleine Fläche, so nimmt man dafür 9 ic oder 9 ia.

Damit sind die Grundgesetze der Farbharmonie ausgesprochen. Sie gestatten eine außerordentlich mannigfaltige Anwendung, so daß von einer Erschöpfung der Möglichkeiten innerhalb der Normen in absehbarer Zeit nicht die Rede sein kann. So ist z. B. die Anzahl der Zweier oder Gegenfarbenpaare nach (a) gleich 336; fügt man die Ableitungen nach (b), (c) und (d) hinzu, so werden es viele Tausende.⁸⁶

Die festgelegten Punkte im Farbkörper stellen die Norm oder das praktische Ideal dar, dem jede willkürliche Farbe tunlichst anzunähern ist. Es soll in der Farbwelt von vornherein jene „Normung“ vorgenommen werden, welche seinerzeit die Musik als Kunst erst ermöglicht hat, und welche gegenwärtig als Hauptgedanke die ganze Technik durchdringt. Überall hat man eingesehen, daß die vollkommen freie Verfügung über die vorhandenen Möglichkeiten zu Energievergeudungen schlimmster Art führt und daß die Beschränkung auf so wenig Fälle oder Muster, als die tatsächlichen Bedürfnisse gestatten, einen sehr großen Gewinn bedeutet.⁸⁷

Diese Lehrbarkeit gewinnt nun durch die Einführung der Normen ganz außerordentlich. Im Gegensatz zu den Tönen, wo ein „absolutes“ Gedächtnis, d. h. ein Erkennen bestimmter Tonhöhen, eine seltene Gabe ist, besteht auch ganz allgemein beim Ungeschulten eine Fähigkeit, Farben zu erkennen, die durch Übung sehr gesteigert werden kann. Durch die im Farbkörper verwirklichte Ordnung aller Farben wird dergestalt ein vollkommenes Heimischwerden in der ganzen Farbwelt möglich. Der künftige Farbkünstler verfügt alsdann über die ganze Welt der Farbe und kann seiner gestaltenden Phantasie überall klare und bestimmte Anschauungen zugrunde legen, während ihm auf dem bisherigen Wege nur einzelne, zufällige Gebiete, und diese ohne organischen Zusammenhang bekannt wurden. Da ihm andererseits die Grundsätze geläufig sein werden, nach denen harmonische Farben gefunden werden können, wird sich das bisherige Gefühl des Farbkünstlers, einer unbegrenzten Mannigfaltigkeit

⁸⁶ OSTWALD, Wilhelm: Farbnormen und Farbharmonien. Leipzig : Unesma, 1919, S. 17-18.

⁸⁷ Ebenda, S. 20.

hilflos gegenüberzustehen und für die gefundenen Harmonien auf Glücksfunde angewiesen zu sein, in das entgegengesetzte Gefühl eines sicheren Könnens auf fester Grundlage verwandeln.⁸⁸

⁸⁸ Ebenda, S. 23.

Anhang:

Die Farbengleichung in der Färberei

Vortrag, gehalten auf der Jahresversammlung der Werkstelle für Farbkunde zu Chemnitz am 13. Juni 1928

Von E. Ristenpart¹

Es liegt im Wesen der wirklich großen Erfindungen, daß sie ihrer Zeit vorausseilen. Sie erschließen sich zunächst nur dem weit vorausschauenden Auge des Forschers, aber sie finden noch nicht den für einen fruchtbaren Ertrag geeigneten Boden.

So ist es auch mit jener wunderbaren Erkenntnis, die uns Wilhelm OSTWALD geschenkt hat: jede Farbe besteht aus einem gewissen Anteil Vollfarbe, Weiß und Schwarz.

Die einfache Formel für diese Tatsache lautet:

$$V + W + S = 1.$$

Eine anschauliche Darstellung gibt das farbtongleiche Dreieck.

Für die Färberei war diese Betrachtungsweise etwas ganz Neues und Ungeohntes. Hier galt von altersher die Regel: Jeder Farbe läßt sich aus einer gewissen Anzahl Buntfarben ermiscen; meistens genügen 3: ein Gelb, ein Rot und ein Blau, nach der Formel:

$$G + R + B = 1$$

Die Erfahrung lehrt, daß sich mit dieser Formel recht gut arbeiten läßt; denn alle unsere bunte Wolle und Seide und fast alle Baumwolle wird heute noch danach gefärbt. Daß man so arbeiten kann, möchte ich denjenigen von Ihnen, die keine praktischen Färber sind, durch einen kleinen Versuch mit dem Farbkreise zeigen.

Sie sehen auf dieser kleinen Kreisfläche eine Farbe, die man wohl mit Oliv bezeichnet. Um sie nach der alten Formel zu erzeugen, habe ich auf einem Umfangskreis bestimmte Flächen Gelb, Rot und Blau aufgetragen. Durch einen kleinen Elektromotor lasse ich die Kreisscheibe schneller als 30 mal in der Sekunde umlaufen. Die Gesichtseindrücke von Gelb, Rot und Blau folgen nun so schnell aufeinander, daß Ihr Auge (ähnlich wie beim Laufbild im „Kino“) nicht mehr nacheinander, sondern gleichzeitig empfindet; die 3 Teilfarben mischen sich also zu einer Farbe und, wie Sie sehen, ist es die gewünschte, dieselbe wie im inneren Kreis, die sich natürlich bei der Umdrehung nicht geändert hat.

Ich möchte Ihnen nun zeigen, daß ich dieselbe Farbe ebensogut nach der neuen, der OSTWALDSchen Formel erzeugen kann. Zu diesem Zweck habe ich auf dem äußeren Umfangskreis wieder eine bestimmte Fläche Gelb, diesmal aber statt Rot und

¹ Abdruck aus: Leipziger Monatschrift f. Textil-Ind. 43 (1928), Nr. 7, S. 309-310.

Blau Weiß und Schwarz aufgetragen. Ich lasse wiederum die Scheibe umlaufen und sie sehen ganz das gleiche Oliv erscheinen.

Wie gleich die beiden Olive gemacht werden können, sehen Sie am besten wenn ich auf einer Scheibe auf dem inneren Kreis das Olivmuster, auf dem äußeren Gelb, Rot und Blau und auf dem mittleren Gelb, Weiß und Schwarz umlaufen lasse.

Auf dem Kreisel haben wir additive Farbenmischung, d. h. die einzelnen Lichtreize summieren sich zu einere Gesamtfarbe mit einem gewissen durch die Mischung entstandenen Anteil Weiß.

Auf der Faser haben wir in der Hauptsache subtraktive Farbenmischung, d. h. die einzelnen Lichtreize sind voneinander abzuziehen; nur was übrig bleibt, gelangt in unser Auge und ergibt eine Restfarbe mit einem gewissen Anteil Schwarz.

Daß auch das Färben der Faser nach der neuen Formel ebensogut geschehen kann wie nach der alten, möchte ich Ihnen durch einen weiteren Versuch zeigen. Ich färbe das gleiche Oliv auf Wolle nach dem alten und dem neuen Verfahren.

Je 15 g gewaschene und gebleichte Wolle werden auf 2 Glasbechern in 40facher, schwach schwefelsaurer Flotte heiß gefärbt. In den einen Becher gebe ich 0,5 % Flavazin E3GL als Gelb, 0,06 % Guinearot 4 B und 0,08 % Patentblau A, das ist das alte Verfahren; in den anderen 0,5 % Flavazin E3GL und 0,1 % Neotolylschwarz² das ist das neue Verfahren. Sie sehen, wie sich auf beiden Wollsträhnen das gleiche Oliv entwickelt. Es braucht nur noch gewaschen und getrocknet zu werden.

Statt des Oliv hätte ich für den Versuch ebensogut eine beliebige Farbe wählen können. Für einen Vorlesungsversuch eignet sich das Ausfärben einer größeren Anzahl Farben auf der Gespinnstfaser schlecht. Ich darf Ihnen aber vielleicht noch einige weitere Farben nach dem alten und nach dem neuen Verfahren auf dem Farbenkreises erzeugen. Das ist wesentlich bequemer und schneller zu machen. Sie haben ja bei dem Oliv gesehen, daß ich das, was ich mit dem Farbenkreisel gemacht habe, in dem Glasbecher, nur etwas umständlicher, nachmachen kann.

Sie sehen hier noch ein Bordo und noch ein Cadet alt und neu entstehen. Alt und neu liegen hier auf einer Scheibe nebeneinander und bieten unserem Menschenauge den gleichen Anblick. Wir vermögen nicht zu erkennen, daß hier Gleiches aus ganz verschiedenen Elementen aufgebaut ist.³

Alt und neu mögen auch im praktischen Betrieb ruhig nebeneinander hergehen, bis die Praxis die letzte Entscheidung gebracht hat, wem der Vorzug zu geben sei. Möge das GOETHE-Wort Leitstern sein:

„Ältestes bewahrt mit Treue,
Freundlich aufgefaßtes Neue,

² Fußnote im Original: Für den schnell verlaufenden Vorlesungsversuch wurde absichtlich das schnell aufziehende Neotolylschwarz gewählt; im Betrieb ist es durch einen langsamer ziehenden Farbstoff, etwa Naphtolschwarz zu ersetzen.

³ Fußnote im Original: Solche Farben sind bekanntlich nur für das menschliche Auge gleich; in Wirklichkeit sind sie metamer, wie zuerst OSTWALD gezeigt hat, und können daher bei künstlichem Licht beträchtlich voneinander abweichen. Das zeigte sich auch am Vortragsabend, indem das rötlich gelbe Licht der untergehenden Sonne die Farben der beiden Wollsträhne deutlich voneinander abrücken ließ. Am anderen Morgen war im natürlichen zerstreuten Tageslicht der scheinbare Unterschied wieder ausgeglichen.

Heitren Sinn und reine Zwecke;

Nun! Man kommt wohl eine Strecke.“

Für das alte Verfahren spricht das durch jahrhundertealten Gebrauch erworbene Bürgerrecht; das will beachtet sein; denn auch hier gilt: Umstürzen ist leichter als aufbauen.

Für das neue Verfahren sprechen wissenschaftliche Gründe, die wenigstens zu einem Versuch locken. Ich möchte hier zwei anführen: die Sparsamkeit im Farbstoffverbrauch und die größere Treffsicherheit im Nachmusterfärben.

Die größere Sparsamkeit ergibt sich aus folgender Überlegung: Der alte Färber erzeugt sich das Schwarz in seiner Farbe aus Gelb, Rot und Blau, indem er bestimmte Anteile Bunt sich gegenseitig aufheben läßt. Das bedeutet aber Vergeudung von farbiger Energie. Denn das Wertvolle am Farbstoff ist doch der Anteil Bunt, den der Farbstoff liefert; dieser wird bezahlt und je größer deren Anteil Bunt, je reiner, „vollfarbiger“ der Farbstoff ist, um so höher wird er geschätzt. Nun sehen wir bei dem alten Verfahren die teuren Farbstoffe eine gegenseitige Selbstvernichtung ausüben, um das viel billigere Schwarz zu erzeugen. Das Schwarz ist nicht nur als Farbstoff viel billiger, man braucht auch davon viel weniger, wenn man es nicht versteckt in der Dreierheit Gelb, Rot, Blau, sondern direkt zusetzt.

Noch schwerer wiegt wohl die größere Treffsicherheit des neuen Verfahrens. Diese eribt sich aus der Verringerung der zu mischenden Farben um mindestens eine. Der Färber mischt drei: Gelb, Rot und Blau (oder noch mehr) und ist wirklich ein Künstler, wenn er damit bald zum Ziel, d. h. nach Muster kommt.

Das neue Verfahren mischt nur zwei: eine Buntfarbe und Schwarz. Um den zu erzielenden Farbton braucht man sich kaum zu sorgen; denn der ist ja durch den einen Buntfarbstoff von vornherein gegeben. Es handelt sich also nur noch um die Beimischung der richtigen Schwarzmenge und hier das Verhältnis zwischen Buntfarbstoff und schwarzem Farbstoff richtig abzumessen, ist wirklich kaum noch eine Kunst.

Man wird vielleicht einwenden, daß der Färber auf seiner Palette nicht soviel Buntfarbstoffe haben, als er Farbtöne zu erzeugen habe. Dem ist zu erwidern, daß uns unsere Farbstoffindustrie eigentlich doch mit einem ziemlichen Reichtum an Farbstoffen, auch gut gleichfärbenden, gesegnet hat und daß man sich eine etwaige Lücke leicht durch Mischung der beiden Nachbarn ausfüllen kann.⁴

Bedenklicher ist schon der Einwand, daß es kein neutrales Schwarz gibt; darauf ist zu erwidern, daß man dann das Rot oder Blau, was den meisten Schwarz anhaftet, leicht durch etwas Gelb abtönen kann. Man kann aber, wie der heutige Färbeversuch lehrt, auch ohne dies Hilfsmittel auskommen, wenn man die geringen Mengen Buntanteile des Schwarz von vornherein berücksichtigt.

Danach wird man als ziemlich sicher annehmen können, daß man nach dem neuen Verfahren schneller und genauer nach Muster färben kann. Das bedeutet aber eine weitere Verbilligung des Färbens und eine Veredlung der Ware, die nicht so lange zu leiden hat.

Diese praktischen Vorzüge versprechen dem neuen Verfahren zunehmende Beachtung in den Färbereien. Denn der Nützlichkeitsstandpunkt muß naturgemäß

⁴ Fußnote im Original: Man wird natürlich auch bei dem neuen Verfahren nur Farbstoffe zusammensetzen dürfen, deren Gleichfärbevermögen auf einer Stufe steht.

für unsere gewerblichen Betriebe den Ausschlag geben; sie haben die Pflicht, das in sie gesteckte Kapital zu verzinsen.

Trotzdem möchte ich aber noch einen idealen Gesichtspunkt für die Beschreibung des neuen Weges anzuführen: Die Rücksichtnahme auf die zunehmende Bedeutung der Farbengleichung im täglichen Leben.

Die Gespinstfärberei ist ja nur ein kleiner Zweig der vielen mit Farben arbeitenden Gewerbe; ihr zur Seite stehen u. a. die Weberei und Wirkerei, deren Aufgabe es ist, die Farben geschmackvoll zusammenzustellen. Jedermann ist letzten Endes persönlich an der Farbenfrage beteiligt; denn er weiß, wie sehr er danach beurteilt wird, daß er die Farben, die er trägt, geschmackvoll auswählt.

Die Farbengleichung ist es, die uns die Möglichkeit an die Hand gibt, Farbenharmonien zu schaffen. Sie sagt uns, daß die Farbe nichts Einfaltiges ist, das für sich allein (etwa auf den Farbton hin) betrachtet werden darf, sondern etwas Dreifaltiges vermöge ihres Farbtons, ihres Weißgehaltes und ihres Schwarzgehaltes.

Wilhelm OSTWALD hat uns gelehrt, daß diese drei Größen meßbar und zahlenmäßig auszudrücken sind. Das GOETHESche Gesetz: Harmonie = Gesetzlichkeit mahnt uns, daß nur solche Farben harmonisch zueinander stimmen, bei denen jene drei Größen in einem zahlenmäßigen gesetzlichen Zusammenhang stehen.

Die Farbengleichung ermöglicht uns also, Farben harmonisch zusammenzustellen und wenigstens auf dem Gebiet der Farbe uns ein eigenes Urteil darüber zu bilden, was schön und was häßlich ist, unabhängig von der Laune der Mode, die so häufig nichts ist als die Eingebung eines Pariser Schneiders.

Sie sehen, daß die Bedeutung der Farbengleichung weit über das enge Gebiet der Färberei hinausragt. Darum ist es Pflicht der Schulen und insbesondere der Fachschulen, die Farbenlehre und die Farbengleichung in ihren Lehrplan aufzunehmen. Und so wächst denn ein Geschlecht heran, das gewöhnt ist, in der Farbengleichung zu sehen, das in jeder Farbe sofort die drei Bestandteile Farbton, Weißgehalt und Schwarzgehalt erkennt und dementsprechend eine Einordnung in die Gesamtheit des Farbkörpers vornimmt.

Dieser Jugend wird die Anwendung der Farbengleichung in der Färberei als das natürlich gegebene erscheinen; sie wird die alte Färbeweise, zwar mit Ehrfurcht und Bewunderung für ihre Kunst, aber vielleicht doch ähnlich so betrachten, wie das heutige Geschlecht in Besitz der Teerfarbstoffe auf das Färben unserer Väter und Großväter mit Gerbstoffen und Holzfarben zurückblickt.

Wir Älteren aber wollen dann darob nicht scheel sehen, sondern uns freuen, daß unserer Zeit dieser Fortschritt vergönnt war, daß uns der Mann gegeben war, dem wir diesen Fortschritt verdanken:

Wilhelm OSTWALD.

Die Glanzzahl

Von E. Ristenpart¹

Mitteilung aus der Werkstelle für Farbkunde an der Staatlichen Färbereischule zu Chemnitz

„Der Begriff des Glanzes beruht auf dem der Spiegelung. Seine Meßzahl ergibt sich durch Messung der Lichtmenge, welche unter dem Spiegelwinkel über die normale Zerstreuung hinaus zurückgeworfen wird. Diese Menge ist auch relativ vom Einfallswinkel abhängig; man muß sich daher als Funktion für alle Einfallswinkel darstellen, oder man wird als erste Annäherung einen bestimmten Einfallswinkel als Norm annehmen und für ihn die Spiegelung messen. Die Praxis verlangt Einfachheit und wählt daher den zweiten Fall.“

„Man legt einerseits eine Probe des Meßlings wie gewöhnlich“ – beim Hasch oder Stufu – „ein, auf der anderen Seite sieht man vor, daß der Meßling den Winkel von $22\frac{1}{2}^\circ$ mit der Waagerechten macht. Diese Seite erscheint heller, und durch Messung des Verhältnisses, in welchem man den zugehörigen Spalt verengen muß, gewinnt man ein Maß des Glanzes.“

Mit diesen wenigen Worten hat Wilhelm OSTWALD, der zugleich ein Meister der Farben und ein Meister begrifflicher Klarheit war, das Wesen des Glanzes und seiner Messung umrissen.²

Wie einfach sich eine Glanzmessung für den mit der OSTWALDschen Farbenlehre Vertrauten gestaltet, möge an einer Aufgabe aus der Praxis veranschaulicht werden.

Geprüft werden sollten drei Mattierungsverfahren in ihrer Wirkung auf Halbkunstseide (Kette: Viskose, Schuß: Baumwolle). Die folgende Übersicht enthält in der ersten Säule die Drosselung der Lichtzufuhr auf der Seite des gekippten Meßlings (während die Lichtzufuhr auf der Seite des Meßlings in der waagerechten „Normal“-Lage auf 100 gehalten wurde). Die zweite Säule enthält bereits die Glanzzahl, nämlich den reziproken Wert 100: Lichtmenge in der Kipplage $22\frac{1}{2}^\circ$

	Kunstseide		Baumwolle	
	Kipplage	Glanzzahl	Kipplage	Glanzzahl
Unbehandelt	26,4	3,79	65,2	1,53
Mattierung I.....	61,2	1,63	67,5	1,48
Mattierung II.....	62,7	1,60	67,3	1,49
Mattierung III.....	45,3	2,21	62,8	1,59

Die Messung hat also einwandfrei ergeben, daß Mattierung II ein ganz klein wenig besser mattierte als I, daß aber Mattierung III wesentlich schlechter entglänzte.

¹ Abdruck aus: Leipziger Monatschr. f. Textil-Ind. 49 (1934), Nr. 5/6, S. 110-112.

² Fußnote im Original: OSTWALD, Wilhelm: Farbkunde. Leipzig: Hirzel, 1923, S. 150.

Indem man so nach OSTWALD den „relativen“ Glanz ermittelt, schließt man sich eng an das Verfahren an, wie in der Praxis der Glanz beurteilt wird. Auch hier bringt man den Prüfling einerseits in die dunkelste Lage der geringsten Zurückwerfung des Lichtes, andererseits in die hellste der stärksten Zurückwerfung und vergleicht beide miteinander. Man kann allerdings nur schätzen, während man seit OSTWALD messen kann.

Von dem relativen Glanz hat OSTWALD den „absoluten“ unterschieden. „Er wird bestimmt durch das Verhältnis der gespiegelten Lichtmenge zu der von einer matten, normalweißen, die sich an gleicher Stelle befände, zurückgeworfenen und wird (bis auf den Cosinusfaktor) gefunden, wenn man die Fläche gegen Normalweiß mißt“. „Für praktische Zwecke kommt nur der relative Glanz in Frage“ (Farbkunde S. 151).

Mit vollem Bedacht hat OSTWALD die Messung des relativen Glanzes empfohlen, weil er sich der Schwierigkeiten bei der Messung des absoluten Glanzes bewußt war. Leider ist sein erfahrener Rat nicht überall gewürdigt worden. In den letzten Jahren ist viel über Glanzmessung geschrieben worden. Es sind in den Fachzeitschriften Glanzzahlen veröffentlicht worden entweder ohne Angabe der Abteilung oder mit offenbar falscher Ableitung, jedenfalls nicht in Übereinstimmung mit der OSTWALDSchen Vorschrift. Es muß daher einmal vom Standpunkte der OSTWALDSchen Farbenlehre dazu Stellung genommen werden.

1. OSTWALD hat für die Glanzmessung einen ganz bestimmten Winkel, nämlich $22\frac{1}{2}^\circ$ vorgeschlagen. Der Grund ist leicht verständlich: Bei $22\frac{1}{2}^\circ$ zeigt eine ebene Fläche von beachtlichem Glanz im Photometer die größte Helligkeit; denn sie ist dann in der Spiegellage. Daß die Helligkeit bei einer wirklich ebenen Fläche unter jedem anderen Beobachtungswinkel geringer ist, möge an zwei Beispielen aus der Praxis veranschaulicht werden.

Es handelt sich darum, die Helligkeiten von Setilose und Setilmat unter den verschiedensten Beobachtungswinkeln zu bestimmen. Das Garn wurde mit der Maschine Faden neben Faden in 12facher Lage übereinander gewickelt; die Helligkeiten wurden unter den verschiedenen Beobachtungswinkeln am Pulfrich-Photometer gemessen – selbstverständlich mit, zum Lichteinfall paralleler Fadenlage.

Beobachtungswinkel	Helligkeiten	
	Setilose	Setilmat
0°	13,6	70,3
5°	21,2	79,7
10°	32,5	88,0
15°	76,4	97,8
20°	359	120
22½°	500	147
25°	400	135
30°	93,2	118
35°	44,9	112
40°	29,1	112
45°	20,0	112

Die OSTWALDSche Glanzzahl für Setilose ist also 36,85 ($500 : 13,6 = 36,85$), für Setilmat 2,09 ($147 : 70,3 = 2,09$).

Glanzzahlen, die für die Gespinnstfasern eigentümlich sind, sollten nur auf dem beschriebenen Wege, d. h. am Faden (mit möglichst wenig Drall) ermittelt werden. Nur dann hat man die Gewähr für eine, wenn auch nicht ideale, aber praktisch genügend ebene Fläche.

Gewebe und erst recht Gewirke entsprechen dieser Forderung nicht. Kette und Schluß einerseits und die Maschen andererseits bewegen sich in Linien, die durchaus nicht in einer Ebene verlaufen.

Sind nun Gewebe und Gewirke von der Glanzmessung grundsätzlich auszuschließen? Die Antwort lautet: ja, wenn es sich um Ermittlung des der Faser eigentümlichen Glanzes handelt. Die Antwort lautet: nein, wenn es sich darum handelt, die Auswirkung irgend eines Verfahrens auf den Glanz eines Gewebes oder Gewirkes festzustellen. Man erkennt dies an dem eingangs erwähnten Mattierungsversuch. Hier handelt es sich ja nur um einen Vergleich des Glanzes unter im übrigen gleichen Verhältnissen.

Bei der Glanzmessung an Geweben und Gewirken ist aber zweierlei noch zu beachten.

a) Dreht man ein Gewebe oder Gewirke um eine senkrecht zu ihrer Fläche stehende Achse, so findet man in der Regel zwei durch vorherrschenden Glanz ausgezeichnete Lagen. Beim Gewebe sind diese Lagen dadurch gegeben, daß Kette oder Schuß in die Richtung des Lichteinfalls zu liegen kommt; beim Gewirke sind es die Maschenreihen und Maschenstäbchen, die diese ausgezeichneten Lagen hervorrufen. Folglich wird man zwei Glanzmessungen vorzunehmen haben. Man erhält zwei Glanzzahlen, bei deren Angabe die Richtung, in der sie gewonnen wurden, nicht zu vergessen ist.

Messungen in den Zwischenlagen brauchen nicht gemacht zu werden, da sie keine höheren Helligkeiten ergeben können.

b) Da die Ketten- oder Schußfäden mit ihren spiegelnden Flächen nicht in einer Ebene bleiben, sondern je nach der Bindungsart mehr oder weniger aus ihr heraustreten, kann es leicht vorkommen, daß der Winkel größter Helligkeit nicht genau bei $22\frac{1}{2}^\circ$ liegt, sondern etwas kleiner oder größer ist. Da aber die Glanzzahl durch das Verhältnis größte Helligkeit zur Helligkeit in der Normallage gekennzeichnet ist so wird man nicht umhin können, bis zu diesem Winkel größter Helligkeit zu kippen. Das ist natürlich ohne weiteres möglich, und es empfiehlt sich nur, bei Angabe der Glanzzahl den außergewöhnlichen Kippwinkel mit zu erwähnen.

A. KLUGHARDT (Leipziger Monatschr. f. Textil-Ind. 1927, 221; Zeitschrift f. techn. Physik 1927, 110) hat behauptet, die Glanzbestimmung bei einem Winkel genügt nicht, es müßten auch alle übrigen Kipplagen etwa von 5 zu 5° gemessen werden. Das widerspricht durchaus der begrifflichen Erklärung des Glanzes als des Quotienten aus höchster – also nur einer – Helligkeit durch Normalhelligkeit. Die übrigen Kipplagen hätte man nötig, wenn man die Gesamthelligkeit einer Fläche messen wollte. Darum handelt es sich aber hier nicht; es kann also die viele nutzlose Messerei gespart werden.

2. OSTWALD hat es bewußt abgelehnt, in seiner Glanzzahl die „photometrische“ Aufhellung besonders zu berücksichtigen.

Die photometrische Aufhellung beruht auf dem Gesetz von LAMBERT: Die Menge des von einer ideal streuenden Fläche unter einem bestimmten Winkel ausgesandten Lichtes ist gleich der senkrecht zurückgeworfenen Menge mal dem Cosinus des Rückwurfswinkels (OSTWALD, Physikalische Farbenlehre S. 64):

$$L' = L \cdot \cos \varphi$$

In der Normallage am Meßinstrument ist der Rückwurfwinkel = 45°, folglich der

$$\cos \varphi = \frac{1}{2} \sqrt{2} .$$

Je mehr gekippt wird, um so kleiner wird der Rückwurfwinkel und um so größer der Cosinus, bis dieser beim Rückwurfwinkel 0° gleich 1 wird.

A. KLUGHARDT (Zeitschr. f. techn. Physik 1927, 113) hat nach der Formel

$$R = \sqrt{2} \cdot \sin(45^\circ + \delta),$$

wo δ den Winkel der Flächennormalen mit der Senkrechten in der Normallage bedeutet, die Helligkeiten R einer ideal streuenden matten Fläche von der Helligkeit 1 in der Normallage unter den verschiedenen Kippwinkeln δ berechnet:

Verlauf der Funktion R für eine ideale matte weiße Fläche		Barytweiß		Glanz nach KLUGHARDT
		KLUGHARDT	Helligkeit nach SCHWERDTNER	
0°	1 000	1,000	1,000	0
5°	1,083	1,130	1,053	0,047
10°	1,158	1,211	1,156	0,053
15°	1,224	1,271	1,267	0,047
20°	1,282	1,333	1,343	0,051
22½°	1,306	1,353	1,396	0,047
25°	1,329	1,373	1,410	0,044
30°	1,366	1,408	1,491	0,042
35°	1,393	1,425	1,528	0,032
40°	1,409	1,418	1,554	0,009
45°	1,414	1,408	1,570	-0,006
50°	1,409	1,381	-	-0,028
55°	1,393	1,350	-	-0,043
60°	1,366	1,320	-	-0,046

Wir entnehmen aus der Übersicht, daß der höchste Wert, den die photometrische Aufhellung bei 22½° annehmen kann, nämlich bei Messung einer ideal matten weißen Fläche, nur 1,306 beträgt. Dieser Betrag ist zugleich der Rückwurfwert (Remissionskoeffizient ϵ , s. unten) einer ideal matten weißen Fläche bei 22½°. Bei weniger hellen, z. B. grauen bis schwarzen Flächen muß der Rückwurfswert zu noch unwesentlicheren Beträgen herabsinken.

Aber nicht das ist der eigentliche Grund für die Nichtberücksichtigung der photometrischen Aufhellung, sondern der Umstand, daß der aus der photometrischen Auf-

hellung sich ergebende Rückwurfswert bis jetzt eine unbekannte Größe ist. Denn wir haben es bei der Glanzmessung nicht mit ideal matten weißen Flächen zu tun, die einer mathematischen Berechnung zugänglich sind, sondern mit wirklichen, mehr oder weniger glänzenden, hellen bis dunklen Flächen.

Danach steht also die Wissenschaft vor einer heute noch nicht lösbaren Aufgabe. Wir messen die Gesamthelligkeit als Summe von Spiegelung + Streuung + Rückwurfswert der photometrischen Aufhellung. Wir wissen aber nicht genau, wie der Gesamtbetrag auf die drei Bestandteile zu verrechnen ist.

OSTWALD hat den Knoten durchgehauen, indem er die photometrische Aufhellung in seine Glanzmessung mit einschließt.

Indem OSTWALD die photometrische Aufhellung in seine Glanzzahl mit einbezieht, erhält bereits die ideal matte Fläche die Glanzzahl 1,306, also einen kleinen positiven Wert.

Selbst KLUGHARDT (Zeitschrift f. techn. Physik 1927, 109) gesteht: „Eine einwandfreie theoretische Lösung dieses Problems für alle möglichen Flächenarten ist jedoch noch nicht gelungen, und sie wird auch kaum gefunden werden, da die Vorgänge bei der Remission mannigfacher Art und nicht einfach zu erfassen sind.“

KLUGHARDT denkt sich aber eine eigene Glanzzahl aus, indem er die von der ideal matten weißen Fläche abgenommene photometrische Aufhellung als Konstante auf die wirklichen Flächen überträgt und in Abzug bringt.

KLUGHARDT macht bei der Berechnung seiner Glanzzahl folgenden Fehler.

Er berechnet die Beleuchtungsstärke B_{om_2} des Meßlings in der Grundstellung (Nullage) auf Grund der Formel

$$B_{om_2} ' = \frac{\epsilon_{o_2}}{2\pi} \cdot k \cdot \frac{P_{o_2}}{f_2} \cdot \cos \varphi$$

und die Beleuchtungsstärke B_{m_2} des Meßlings in der Drehstellung (gekippt um den Winkel δ) auf Grund der entsprechenden Formel

$$B_{m_2} ' = \frac{\epsilon_2}{2\pi} \cdot k \cdot \frac{P_{o_2}}{f^2} \cdot \cos(\varphi - \delta)$$

Es bedeuten:

ϵ_2 den Remissionskoeffizienten des Meßlings in der Nullage

ϵ_2 den Remissionskoeffizienten des Meßlings in der Drehstellung

f die Brennweite des Objektes

P_{o_2} den Flächeninhalt der Eintrittspupille

φ den Einfallswinkel des Lichtbüschels gegen die Flächennormale

k einen Proportionalitätsfaktor, der die spezifische Intensität und andere photometrische Konstanten der Beleuchtungseinrichtung enthält (Zeitschrift f. techn. Physik 1927, 111).

Es setzt dann $\epsilon_{o_2} = \epsilon_\gamma$, was nur für eine ideal diffus reflektierende Fläche zulässig ist, nicht aber für eine wirkliche Fläche. Der Remissionskoeffizient einer wirklichen Fläche ist nicht unabhängig von der Ausstrahlungsrichtung.

Die KLUGHARDT'sche Glanzformel

$$\gamma = \frac{H'}{H_0} - R$$

in der H' die in der Drehstellung gemessene Helligkeit
 H_0 die in der Grundstellung gemessene Helligkeit

$R = \frac{H}{H_0}$ und H die Helligkeit einer ideal diffus reflektierenden Fläche von gleicher Grundhelligkeit wie der Meßling in derselben Drehstellung ist (vgl. S. 111), entspricht also nicht der Wirklichkeit.

KLUGHARDT hätte doch über seine eigenen Glanzzahlen (S. 133) stutzig werden müssen. Bereits seine Messungen an einer so matten Fläche wie Barytweiß ergeben die schlimmsten Widersprüche in den Glanzzahlen. Ein Beweis, daß die photometrische Aufhellung durchaus nicht ausgeschaltet ist. Er findet den höchsten Glanz bereits beim Kippwinkel 10° , während er doch nach Ausschaltung der photometrischen Aufhellung bei $22\frac{1}{2}^\circ$ liegen müßte. Von 45° ab werden die Glanzzahlen negativ!

Noch schlimmer wird es, wenn man die Glanzzahlen nach KLUGHARDT an dunklen, grauen Flächen ermittelt. Herr Ingenieur H. SCHWERDTNER hat sich der Mühe unterzogen, die Helligkeiten der Graupapiere des OSTWALD'schen Farbkörpers c, e, g und p, also verhältnismäßig sehr matter Flächen, zu messen und die Glanzzahlen nach KLUGHARDT zu berechnen.

Helligkeiten der Graupapiere c, e, g und p = H' und Glanzzahlen nach KLUGHARDT (in Klammer)

Beob- achtungs- winkel	ideal matte Fläche	c	e	g	p
0°	1,000	1,000 (0,000)	1,000 (0,000)	1,000 (0,000)	1,000 (0,000)
5°	1,083	1,069 (-0,014)	1,054 (-0,029)	1,053 (-0,030)	1,006 (-0,030)
10°	1,158	1,171 (0,013)	1,127 (-0,031)	1,120 (-0,038)	1,073 (-0,085)
15°	1,224	1,241 (0,017)	1,202 (0,022)	1,208 (-0,016)	1,145 (-0,079)
20°	1,282	1,307 (0,025)	1,245 (-0,037)	1,238 (-0,044)	1,198 (-0,084)
$22\frac{1}{2}^\circ$	1,306	1,326 (0,020)	1,261 (-0,045)	1,253 (-0,053)	1,235 (-0,071)
25°	1,329	1,362 (0,033)	1,299 (-0,030)	1,266 (-0,063)	1,242 (-0,087)
30°	1,366	1,399 (0,033)	1,332 (-0,034)	1,328 (-0,038)	1,266 (-0,100)
35°	1,393	1,429 (0,036)	1,359 (-0,034)	1,364 (-0,029)	1,264 (-0,129)
40°	1,409	1,403 (-0,006)	1,393 (-0,016)	1,385 (-0,024)	1,277 (-0,132)
45°	1,414	1,403 (-0,011)	1,422 (0,008)	1,403 (-0,011)	1,239 (-0,175)

Wir erhalten wieder die unvernünftigsten Glanzzahlen.

Grau c ist das einzige, das noch positiven Glanz aufweist. Sieht man von der kleinen Schwankung zwischen 0 und 10° ab, bei der es sich wohl um einen kleinen Meßfehler handelt, so nimmt sein Glanz nach KLUGHARDT bis 35° zu und wird von 40° ab negativ!

Grau e nimmt bis 35° ab und dann zu!

Grau g nimmt bis 25° ab und dann zu!

Grau p nimmt überhaupt immer ab!

Die OSTWALDschen Glanzzahlen schreiten dagegen sinngemäß mit den Beobachtungswinkeln fort.

Vergleicht man die vier Grau untereinander bei demselben Kippwinkel, z. B. $22\frac{1}{2}^\circ$, so nehmen ihre Glanzzahlen mit zunehmender Dunkelheit ab.

So unzulänglich erweist sich die KLUGHARDTSche Glanzzahl schon bei den wirklichen matten Flächen. Daß sie bei den wirklichen glänzenden Flächen ein noch schiefes Bild ergeben würde kann einer besonderen Untersuchung vorbehalten bleiben.

Da also die KLUGHARDTSche Glanzzahl einer strengen wissenschaftlichen Prüfung nicht standhält, ermittelt sie den eigentlichen Glanz nicht besser als die OSTWALDsche. Das Gleiche gilt von jeder anderen willkürlichen Glanzzahl, die der Wahrheit nicht näher kommt.

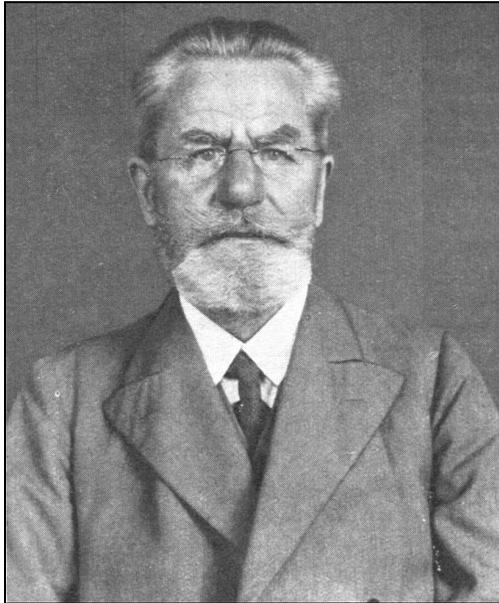
Der Vollständigkeit halber sei hinzugefügt, daß auch die Glanzzahl von DOUGLAS, einem Schüler von OSTWALD, der zuerst Glanz gemessen hat, heute durch die OSTWALDsche Glanzzahl überholt ist.

An die Fachkollegen sei die Bitte gerichtet, sich bis auf weiteres bei ihren Arbeiten und Veröffentlichungen nur der einfachen und klaren OSTWALDschen Glanzzahl zu bedienen.

Vielleicht findet doch einmal jemand einen einfachen Weg zu der eigentlichen Glanzzahl, die von der photometrischen Aufhellung einwandfrei entkleidet ist. Anzeichen dafür sind schon da; es fehlt nur an Mitteln, die entsprechenden vielversprechenden Versuche durchzuführen.

Dann würde es an der Zeit sein, die OSTWALDsche Glanzzahl zu ersetzen, und das läge durchaus im Sinne unseres großen Farbenmeisters. Aber erst dann!

Prof. Dr. Emil Karl Eugen Ristenpart - Kurzbiografie



Eugen Ristenpart (1873-1953)

- | | |
|------------------------|---|
| 22. Nov. 1873 | in Frankfurt/Main geboren
Eltern: Friedrich Wilhelm RISTENPART und Marie geb. LACKMANN |
| 1891-1893 | Studium der Naturwissenschaften in Freiburg/Br. |
| 1893-1896 | Studium der Naturwissenschaften in Berlin |
| Juli 1896 | Promotion bei Nobelpreisträger Prof. Dr. Emil FISCHER mit dem Thema: „Die Einwirkung von Ammoniak und Altylanium auf Bromatylphalimid“, Prüfungsfächer: Chemie, Physik, Mineralogie und Philosophie |
| Okt. 1896-Dez. 1896 | Assistent bei Prof. Dr. Hans BUNTE in der Großherzogischen Badischen Chemisch-technischen Prüf- und Versuchsanstalt in Karlsruhe |
| Dez. 1896-April 1899 | Königliche Färberei- und Appreturschule in Krefeld bei Prof. Dr. Heinrich LANGE |
| April 1899-Anfang 1902 | Betriebschemiker bei Firma Knipscher & Maas Silk Dyeing & Co. |

1902-1908	Krefelder Seidenfärberei AG
1907/08	Erste Publikationen über Farben und Technologie des Färbens
Febr. 1909	Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten Chemnitz
Febr. 1912	Professor an den Technischen Stadtlehranstalten Chemnitz
April 1920	Gründer und Direktor der Werkstelle für Farbkunde an der Staatlichen Färbereischule Chemnitz in enger Zusammenarbeit mit Wilhelm OSTWALD mit den Aufgaben: <ul style="list-style-type: none"> • Forschung auf dem Gebiet der Farbe • Anwendung der Farbenlehre in der Praxis • Unterrichtung der Farbenlehre OSTWALDS
1921	Sachverständiger an der Handelskammer und am Gericht in Gera
Okt. 1934	Krankheitsbedingte Beendigung der Lehrtätigkeit
Okt. 1939	Ruhestand in Wiesbaden, Überarbeitung seiner Monographien, Sprachwissenschaftliche Studien (Kunstsprache „Ilido“)
2. Mai 1953	Ableben in Wiesbaden

Nachruf von Grete OSTWALD, der Tochter von Wilhelm OSTWALD (Auszug), Mai 1953:

„Eugen Ristenpart, ein Frankfurter Kind, studierte in Berlin Chemie und machte seinen Doktor bei Emil Fischer. Wanderjahre führten ihn als Textilchemiker nach Amerika. Das Vaterland holte ihn sich zurück und er fand seinen Schwerpunkt als Professor der Textilchemie an der Akademie für Technik in Chemnitz. Als ein herausragender Lehrer bildete er hier nicht nur eine große Schar wissenschaftlicher und praktischer Schüler aus, sondern schrieb auch eine ganze Reihe noch heute hochgeschätzte Lehrbücher auf seinem Spezialgebiet der Färberei. Er war einer der allerersten, der auf Wilhelm Ostwalds Farbforschungen aufmerksam wurde, ihren Lehr- und Wissenschaftswert erkannte und sie in seinen Lehrplan und in seinen Lehrbüchern mit größtem Verständnis aufnahm. ...

Nach Wilhelm Ostwalds Tod 1932 blieb er der sachkundigste und treueste Streiter mit Wort und Schrift für W.O.'s Farbordnung und Farbnormung aufgrund der Farbmessung. Auch dem Wilhelm-Ostwald-Archiv war er der uneigennützigste und beste Helfer und gab vier nachgelassene Schriften heraus. 1938 war er in den Ruhestand gegangen. Es hatte ihn wieder in seine Kinderheimat gezogen und in Wiesbaden verbrachte er den bis zuletzt arbeitsfrohen Lebensabend. ... Achtzigjährig versagte sein verbrauchter Körper und verwandelte sich wieder in ruhende Energie, unter voller Zustimmung des bis zuletzt klar denkenden Gelehrtenhirns.“

Veröffentlichungen Eugen Ristenparts zur Farbenlehre

Monographien

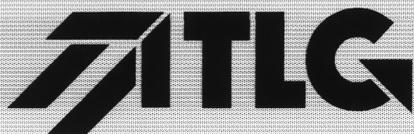
- Die Ostwald'sche Farbenlehre und ihr Nutzen für die Textilindustrie. - Leipzig : Martins Textilverlag, 1926. - 71 S. - 19 Abb., 16 Buntdrucktafeln im Text
- OSTWALD, Wilhelm: Er und ich. - Nachgel. Hs. von Wilhelm Ostwald / [hrsg. v. E. Ristenpart]. - Leipzig : Martins Textilverl., 1936. - 112 S. : 13 Abb. - [Zwiegespräch in 8 Kapiteln: Auseinandersetzung Ostwalds m. d. Gegnern d. Farbenlehre]
- OSTWALD, Wilhelm: Chemische Farblehre. Nachgel. Hs. von Wilhelm Ostwald / ergänzt u. hrsg. v. E. Ristenpart. - Leipzig : Theodor Martins Textilverlag. 1939 (Die Farbenlehre : in fünf Büchern ; 3).
- Der Nutzen der Ostwaldschen Farblehre : Weitere Beiträge zu einer leicht faßlichen Farblehre. - Leipzig : Martins Textilverlag, 1943. - 79 S. [nur Korrekturabzug?]
- Die Ostwaldsche Farblehre und ihr Nutzen. - Berlin : Technischer Verlag Herbert Cram, 1948. - 70 S.

Aufsätze

- Die Ostwald'sche Farbenlehre und die Textilindustrie (Diskussion). - In: Leipziger Monatschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 35(1920)6. - S. 68-70.
- Die Bedeutung der Ostwald'schen Farbenlehre für die Färbereien. II. - In: Textilberichte über Wissenschaft, Industrie und Handel. - Mannheim 3(1922)4. - S. 63-64.
- Die Farbnormen auf Textilien. - In: Leipziger Monatschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 37(1922)1. - S. 17-18.
- Zur Metamerie der Farben. - In: Leipziger Monatschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 37(1922)4. - S. 78-80.
- KRÜGER, F. A. O. ; RISTENPART, E. ; WIELAND, P.: Die Farbnormen auf Wolle. Tl. 1-3.- In: Leipziger Monatschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 37(1922)5. - S. 98; 8. - S. 157; 12. - S. 237.
- Papierfärberei. - In: Das Papier. Biberach (1920). - S. 298-339.
- Das Weiß und Schwarz der Farbenlehre in der Gespinnstfärberei. - In: Textilberichte über Wissenschaft, Industrie und Handel. - Mannheim 3(1922)10. - S. 208.
- Das Färben im Lichte der Farbenlehre. Festvortrag, gehalten auf der Hauptversammlung des Reichsverbandes der Deutschen Färbereien und chemischen Waschanstalten am 10. Juli 1922 in Halle. - In: Textilberichte über Wissenschaft, Industrie und Handel. - Mannheim 3(1922)15. - S. 297-300.
- RISTENPART, Eugen ; WIELAND, P.: Die Farbnormen auf Baumwolle. - In: Leipziger Monatschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 37(1922)9. - S. 177; 38(1923)1. - S. 15.
- Die Ostwaldsche Farbenlehre. - In: Kalender für Spinnerei und Weberei. - Altenburg 13(1922/23). - S. 501-505.
- Wilhelm Ostwald zu seinem 70. Geburtstage am 2. September 1923. Festrede, gehalten am 31. August 1923 in den Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. - In:

- Leipziger Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 38(1923)Sonderh. 3. - S. 1-19.
- RISTENPART, Eugen ; DÖRING, Paul: Die Farbnormen auf Wolle 4. - In: Leipziger Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 39(1924)3. - S. 85.
- Die Ostwald'sche Farbenlehre und ihr Nutzen für die Textilindustrie. Vortrag auf dem schwedischen färberei-technischen Kongreß zu Borås am 7. August 1925. - In: Leipziger Monatsschrift für die Textilindustrie. - Leipzig 40(1925)11. - S. 447-451; 12. - S. 484-491.
- Farbnamen und Farbzeichen. - In: Zeitschrift für die gesamte Textil-Industrie. - Leipzig 30(1927)34. - S. 565-566.
- Die Farbangleichung in der Färberei. Vortrag, gehalten auf der Jahresversammlung der Werkstelle für Farbkunde zu Chemnitz am 13. Juni 1928. - In: Leipziger Monatsschrift für Textil-Industrie - Leipzig 43(1928)7. - S. 309-310
- Veröffentlichungen zur Farbenlehre (Auszug). - In: Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 45(1930)12. - 2 S.
- Die Beherrschung der Farbe in der Färberei. - In: Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 46(1931)10. - S. 344-346; 11 - S. 370-372.
- Wilhelm Ostwald. Gedenkrede, gehalten bei der Entlassungsfeier am 30. September 1932 im Festsaal der Staatlichen Akademie für Technik zu Chemnitz. - In: Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 47(1932)11. - S. 229-230.
- Wilhelm Ostwald =. - In: Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 47(1932)5 - S. 99.
- Mitteilungen aus der Werkstelle für Farbkunde an der Staatlichen Färbereischule zu Chemnitz. - In: Leipziger Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 49(1934)4. - S. 91.
- Die Glanzzahl. - In: Monatsschrift für Textil-Industrie. - Leipzig 49(1934)5. - S. 110-114; 6. - S. 133-134.
- Über Glanz und Glanzmessung. - In: Melliand-Textilberichte. - Heidelberg 15(1934). - S. 418-420.
- RISTENPART, Eugen ; SCHWERDTNER, H.: Die Glanzmessung an bunten Oberflächen. - In: Melliand-Textilberichte. - Heidelberg 16(1935)9. - S. 197.
- Photozelle und Auge. - In: Melliand-Textilberichte. - Heidelberg 17(1936)9. - S. 732-733.
- VON LAGORIO, A. ; RISTENPART, Eugen: Der gegenwärtige Stand der Farbmessung. - In: Melliand-Textilberichte. - Heidelberg 19(1938)4. - S. 361-363.
- Wilhelm OSTWALDS Veröffentlichungen zur Farbenlehre sind im Sonderheft 7 dieser Mitteilungen zusammengestellt:
- BRÜCKNER, Isabell ; HANSEL, Karl (Hrsg.): Wilhelm Ostwald : Bibliographie zur Farbenlehre. - In: Mitt. d. Wilhelm-Ostwald-Ges. 4(1999)Sonderh. 7

Sie suchen einen Gewerbestandort in Grimma oder Wurzen ?



TLG Gewerbepark Grimma GmbH
Bahnhofstraße 5, 04668 Grimma
Tel.: 03437/97 33 23, Fax 97 20 24
Internet: www.ggi-gewerbepark.de

Wir bieten Ihnen Flächen für:

- Produktion
- Handwerk
- Handel
- Büro
- Lager
- GGI Muldenhalle
- Sport
- Freizeit
- Gastronomie
- GGI Festplatz
- Wohnungen:
Gabelsbergerstr. 5
Grimma

Unser Geschäftsführer
Herr Letzner
steht Ihnen für Ihre Anfragen
gern zur Verfügung

Sport-, Freizeit- und Kulturveranstaltungen bis zu 1400 Besucherplätze
Tel. 0 34 37 / 97 20 00, Fax 0 34 37 / 97 33 33



Großbothen/Sachsen des sächsischen Nobelpreisträgers Wilhelm Ostwald - seit 90 Jahren ein Ort kreativen Arbeitens

- Sie finden beste Arbeitsbedingungen für:
- Seminare
 - Tagungen
 - Klausurtagungen
 - Trainings
 - Workshops
 - Studienaufenthalte

Die beiden Tagungshäuser liegen in einem weitläufigen, abwechslungsreichen Park und zeichnen sich durch persönliche Atmosphäre, unaufdringlichen Komfort und ein historisches Ambiente aus.

Unsere Gäste schätzen diese Abgeschiedenheit für ungestörtes Arbeiten und kommen gern wieder.

Bei Bedarf können Gästezimmer im Ort vermittelt werden.

Wir empfehlen Ihnen auch einen Besuch der musealen Räume im
Haus „Energie“

Rufen Sie an: Dr. Hansel, Tel.: 034384/7 12 83

e-Mail-Adresse: ostwald.energie@t-online.de

Internet-Adresse: <http://www.wilhelm-ostwald.de>

Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen, Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen

Aus dem Inhalt der 2001 erschienen Mitteilung der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft:

- Heft 1/2001 Ostwalds Jahre am Physikalisch-chemische Institut der Universität Leipzig 1897-1906
Der Austauschprofessor – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
Die Vorbereitung des Harvard-Aufenthaltes Wilhelm Ostwalds (*Karl Hansel und Christa Pludra*)
Zum Ausscheiden Wilhelm Ostwalds aus der Universitätslaufbahn – eine Materialsammlung (*Isabell Brückner und Karl Hansel*)
- Heft 2/2001 Ostwalds Jahre am Physikalisch-chemische Institut der Universität Leipzig 1897-1906
Der Austauschprofessor (Schluß) – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
Berichterstattung Ostwalds an F. Althoff (*Wilhelm Ostwald*)
Persönlichkeit und Unsterblichkeit – Ingersoll-Lecture, gelesen am 13. Dezember 1905 in der Harvard-University (*Wilhelm Ostwald*)
Zum Ausscheiden Wilhelm Ostwalds aus der Universitätslaufbahn – eine Materialsammlung (Teil 2) (*Isabell Brückner und Karl Hansel*)
- Heft 3/2001 Ostwalds Jahre als freier Wissenschaftler 1906-1932
Der Monistenbund – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
Was wollen die Monisten (*Wilhelm Ostwald*)
Der „Energetismus“ Wilhelm Ostwalds – Urteile und Vorurteile zu einem philosophischen Versuch (*Jan-Peter Domschke*)
Die monistische Periode im philosophischen Werdegang Wilhelm Ostwalds (*Danuta Sobczynska und Ewa Czerwinska*)
Wilhelm Ostwald: Tragweite und Grenzen des Monismus (*Kurt Reiprich*)
- Heft 4/2001 Ostwalds Jahre als freier Wissenschaftler 1906-1932
Große Männer und die Schule – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
Zum Ausscheiden Wilhelm Ostwalds aus der Universitätslaufbahn – eine Materialsammlung (Teil 3) (*Isabell Brückner und Karl Hansel*)
Einweihung des Denkmals für Wilhelm Ostwald in Riga am 14. August 2001
Wilhelm Ostwald als Pionier naturwissenschaftlicher Gemäldeuntersuchung (*Albrecht Pohlmann und Helmut Materna*)
Note about an unfinished book on Ostwald by the late Casper Hakfoort, and about its author (*H. Floris Cohen*)
Briefwechsel zwischen Raphael Eduard Liesegang und Wilhelm Ostwald (*Hans-Jürgen Krug*)

Bisher erschienen in den **MITTEILUNGEN** der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. folgende Sonderhefte:

- Sonderheft 1 Ernst Beckmann und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
- Sonderheft 2 Max Le Blanc und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
- Sonderheft 3 Theodor Paul und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
- Sonderheft 4 Georg Bredig und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
- Sonderheft 5 Robert Luther und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
- Sonderheft 6 Aus dem Briefwechsel Wilhelm Ostwalds zur Einführung einer Weltsprache**
- Sonderheft 7 Wilhelm Ostwald - Bibliographie zur Farbenlehre**
- Sonderheft 8 Die Farbenlehre Wilhelm Ostwalds - Der Farbenatlas**
- Sonderheft 9 Carl Schmidt und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
- Sonderheft 10 Wilhelm Ostwald : eine Kurzbiografie**
- Sonderheft 11 William Ramsay und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**
- Sonderheft 12 Die Ostwaldsche Farbenlehre und ihr Nutzen**

zu beziehen über:

Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.
Grimmaer Str. 25, 04668 Großbothen
Tel. (034384) 7 12 83, Fax: (034384) 7 26 91

Heft 1-5, 7-10 und 12 je € 5,-

Heft 6 und 11 je € 11,-

Dieser Betrag trägt den Charakter einer Spende und enthält keine Mehrwertsteuer.

Für weitere Information besuchen Sie bitte unsere Internet-Seite
<http://www.wilhelm-ostwald.de>