

MITTEILUNGEN

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

SONDERHEFT 13

Wilhelm Ostwald

Die Philosophie der Farbe

**Briefunterricht zur Farben- und
Formenlehre**



Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.
7. Jg. 2002, Sonderheft 13
ISSN 1433-3910

Wilhelm Ostwald

Die Philosophie der Farbe

Irrwege und Richtwege der Farblehre

Briefunterricht zur Farben- und Formenlehre

Zwölf Lehrbriefe

herausgegeben und bearbeitet
von
Ingeborg Mauer



© Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V. 2002
7. Jahrgang (2002) - Sonderheft 13. ISSN 1433-3910

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“.

Inhalt

Einführung des Herausgebers	5
Die Philosophie der Farbe	6
Vorwort	6
Vorbemerkung	6
Farbelemente	7
Die Farbenlehre ist eine psychologische Wissenschaft	8
Das Sehen des Urauges ist einfältig	8
Vermischung der absoluten Lichtstärken	9
Bezogene und unbezogene Farben	9
Mischung	10
Biologische Bedeutung	11
Unbezogen	11
Methodisches	11
Unbunt und bunt	12
Das Spektrum	12
Die Stufen des Farbensehens	13
Mischung	13
Vollfarben	14
Der Farbtonkreis	14
Das Spektrum	16
Unbezogene Buntfarben	17
Bezogene Buntfarben	18
Das Rätsel der Gegenfarben	19
Ein mathetischer Widerspruch	20
Die Verteilung der Spektralfarben	20
Farbenhalbe	21
Arten der Farbenhalbs	22
Die Lösung des ersten Problems	24
Die Lösung des zweiten Problems	24
Primäre und sekundäre Veränderliche	26
Helligkeit	28
Innere Kompensation	30
Messung der Farben	31
Spektrophotometrie	32
Grau	35
Das Fechnersche Gesetz	37
Weiß und Schwarz	37
Das logarithmische farbtongleiche Dreieck	38
Nachwort	40

Briefunterricht zur Farben- und Formenlehre	41
Einführung	41
I Bunt und unbunt.....	44
Aufgaben zu I.....	46
II Die unbunte Reihe.....	47
Aufgaben zu II.	50
III Unbunte Farbnormen	51
IV Graue Harmonien.....	55
V Harmonie der Formen.....	59
VI Die drei Wiederholungen.....	63
VII Die bunten Farben.....	67
VIII Die Normung des Farbtonkreises	71
IX Raum schlüssige Formen	75
X Bunte Harmonien.....	79
XI Wellen	83
XII Die Harmoniefinder	88
Weitere Literatur zu Ostwalds Farben- und Formenlehre	92

Einführung des Herausgebers

Das vorliegende Sonderheft der „Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft zu Großbothen e.V.“ vereinigt zwei nach unseren Kenntnissen bisher unveröffentlichte Manuskripte OSTWALDS zu seiner Farben- und Formenlehre.

Für den ersten Beitrag *Philosophie der Farbe* ist das Entstehungsjahr 1928 überliefert. Er befasst sich mit den Begriffen der ostwaldschen Farbenlehre und stellt eine Zusammenfassung seiner fast 20-jährigen Forschungsarbeit auf diesem Gebiet dar. Das Material kann aber auch als Einführung für die etwa zeitgleich geschriebenen Ausführungen zur Harmonielehre sowie für das fünfte und letzte Buch seiner Farbenlehre betrachtet werden.

OSTWALD hat sich, beginnend mit den Vorlesungen über Naturphilosophie 1901, in vielen Arbeiten mit den allgemeinen Eigenschaften von Begriffen beschäftigt und bei der Begründung neuer Wissenschaftszweige eine Vielzahl von Begriffen kreiert. Hier sei besonders an seine Aufsätze und Monografien zur Pyramide der Wissenschaften erinnert. Begriffe sind nach dem ostwaldschen Wissenschaftsverständnis wichtige Elemente im Gebäude jedes Wissenschaftszweiges. Sie charakterisieren das jeweilige Arbeitsgebiet, unterliegen aber Alterungserscheinungen, werden mit der Entwicklung des Wissenschaftszweiges unkorrekt und müssen nachgeführt werden. Sieht man Messen als eine der Grundlagen eines Wissenschaftszweiges an, ist OSTWALD als Begründer einer wissenschaftlichen Farbenlehre zu betrachten. Der Beitrag *Philosophie der Farbe* gibt ausgehend von dem 1928 erreichten Entwicklungsstand eine aktuelle begriffliche Grundlegung dieses Wissenschaftszweiges.

Der zweite Beitrag entstand vermutlich ebenfalls 1928. Er stellt als Dialog – eine Darstellungsform, die OSTWALD erstmals 1903/04 in seiner *Schule der Chemie* und danach in etwa 50 weiteren Arbeiten anwendete – zwischen Lehrer und Schüler die wichtigsten Elemente der OSTWALDSchen Farben- und Formenlehre dar. In mehreren Lektionen werden ihre Grundzüge vermittelt. Eingestreut sind Vorlesungen zur Formenlehre, da Farben in der Regel nicht ohne Formen existieren. Dabei geht OSTWALD auch auf die so genannten raumschlüssigen Formen ein, wie sie durch den Niederländer Maurits Cornelis ESCHER so bekannt geworden sind.

Um 1928 begannen in Deutschland erste zaghafte Versuche, nach amerikanischem Vorbild Briefschulen anzubieten. In dem Aufsatz *Die Briefschule* in einer Beilage zur Berliner *Bücherwarte* von 1928 verweist OSTWALD auf das amerikanische Vorbild und empfiehlt, diese Erfahrungen in Deutschland zu nutzen. Der Aufsatz sollte ein Beitrag zur Entwicklung der neuen Unterrichtsform sein, fand aber kein Publikationsorgan.

Der Text wurde an die heute gültige Rechtschreibung angeglichen. Die Bildunterschriften, soweit nicht vorhanden, wurden ergänzt. Für die „Zwölf Lehrbriefe...“ stand ein maschinengeschriebenes Manuskript zur Verfügung.

Die Wilhelm-Ostwald Gesellschaft dankt der Sparkasse Muldental für die finanzielle Unterstützung bei der Produktion des Heftes und dem Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften für die Genehmigung zur Veröffentlichung der Manuskripte.

Die Philosophie der Farbe

Irrwege und Richtwege der Farblehre

Vorwort

Dies Buch *Die Philosophie der Farbe* hat zwei Entstehungsursachen. Die eine besteht in der Ansammlung einer größeren Anzahl von Überlegungen und Schlüssen über die verschiedensten Seiten dieses Gebietes, dessen Erforschung ich mich seit anderthalb Dezennien fast ausschließlich gewidmet habe. Sie reichen nicht aus, um für die in Aussicht genommene systematische Psychologische Farblehre, welche den Schlussband des Gesamtwerkes über die Farblehre bilden sollte,¹ eine abgerundete, wenn auch nicht geschlossene Darstellung zu ermöglichen, enthalten aber, wenn ich mir dies Urteil erlauben darf, so viel Nützliches und Erwägenswertes, dass ich das Material in einer weniger strengen und anspruchsvollen Gestalt den Mitarbeitern auf dem wichtigen Gebiet nicht vorenthalten wollte.

Die zweite Ursache ist, dass in letzter Zeit einige Aufsätze über meinerseits bearbeitete Seiten der Farblehre erschienen sind, welche meines Erachtens bei eingehender Überlegung oder genauerer Kenntnis meiner Arbeiten besser nicht hätten geschrieben werden sollen. Statt mich auf eine unmittelbare Polemik einzulassen, bei der, wie mich eine lange Erfahrung gelehrt hat, es sehr schwer hält, die Sache selbst zu fördern, habe ich es für besser gehalten, die Dinge, in denen ich m. E. missverstanden oder übersehen worden bin, im Hinblick auf jene Fehler und Mängel eingehender und umfassender darzustellen, als dies früher geschehen war. Wiewohl ich nicht glaube, damit die Gegner überzeugen zu können, glaube ich doch, manchen Lehrern, welche den Wunsch haben, tiefer in die Sache einzudringen, die Arbeit erleichtern zu können.

Vorbemerkung

Der Umstand, dass die neue Farblehre während der Kriegsjahre mit ihren großen Schwierigkeiten der Veröffentlichung und der auf ganz andere Dinge gerichteten

¹ OSTWALD, Wilhelm: Die Farblehre : in fünf Büchern. Leipzig : Unesma, 1918-1939.

Erstes Buch. Mathetische Farblehre. 1918. - XI, 129 S.

Zweites Buch. Physikalische Farblehre. 1919. - XII, 259 S.

Drittes Buch. Chemische Farblehre. Nachgel. Hs. von Wilhelm Ostwald / ergänzt u. hrsg. von E. Ristenpart. Leipzig : Martins Textilverl., 1939. - 219 S.

Viertes Buch. Physiologische Farblehre / H. Podestà. Mit e. Vorwort von W. Ostwald. Leipzig : Unesma, 1922. - XII, 274 S.

Aufmerksamkeit der Zeitgenossen entstanden war, hat bewirkt, dass eine ganze Anzahl grundsätzlich neuer Gesichtspunkte und Beziehungen auf einmal in Buchform an die Öffentlichkeit trat und den Anspruch erhob, die gewohnten Ansichten zu ersetzen. Man kann eine Semmel nicht verschlucken, wenn man sie ganz in den Mund nimmt, während es leicht ist, sie bissenweise zu verzehren. So erklären sich die zahlreichen Einwendungen, die gegen die Lehre erhoben worden sind; sie lassen sich alle auf Missverständnisse oder Übersehen meiner Darlegungen zurückführen. Daneben spielt das geistige Trägheitsgesetz seine unvermeidliche Rolle.

Nachstehend sollen die Hauptpunkte der angestrebten und der erreichten Fortschritte mit Rücksicht auf jene Irrtümer erörtert werden. Dass hierbei ganz elementare Dinge behandelt werden müssen, liegt an der elementaren Beschaffenheit der Angelegenheit. Ich habe dabei die begrifflichen Fortschritte der neuen Farbenlehre besonders in den Vordergrund rücken müssen, weil ich hier am meisten das Verständnis meiner Zeitgenossen vermisst habe.

In neueren und neuesten Schriften über Farbenlehre finden sich ferner vielfach Gedanken vorgetragen (und weil sie von meinen abweichen, als Fortschritte anempföhlen), die ich seinerzeit erwogen und zu Gunsten besserer verworfen habe. Die nachfolgenden Darlegungen werden zeigen, wie die Probleme unter bewusster Anwendung der Lehre vom ausgezeichneten Fall bearbeitet worden sind, wodurch eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür besteht, dass von den vorhandenen Möglichkeiten jeweils tatsächlich die günstigste seinerzeit gewählt worden ist.

Farbelemente

Der erste und Hauptpunkt ist die Frage nach den Elementen der Farben. Es ist bisher als selbstverständlich angenommen worden (und wird es meist noch heute), dass die homogenen Lichter gleicher Wellenlänge als solche Elemente anzusehen seien und das daher jede wissenschaftliche Bearbeitung der Farbenlehre von ihnen auszugehen habe.

Man braucht nur irgend ein Buch oder Kapitel über Farbenlehre in die Hand zu nehmen: von HELMHOLTZ² monumentaler physiologischer Optik³ bis zum kleinen populären Schrifichen von gestern beginnt ein jedes mit der prismatischen Zerlegung des weißen Lichts in der „selbstverständlichen“, d.h. weiter nicht bedachten Voraussetzung, dass die homogenen Lichter die Grundlage alles Farbwissens seien. Das es vor den bunten Farben, die in Spektrum erscheinen, ein Grundgebiet der unbunten Farben gab und gibt, die mit dem Spektrum nichts zu tun haben, wird dabei übersehen und man schreitet, wenn sie hernach überhaupt Erwähnung finden, vom verwickelten zum einfacheren, entgegen aller Ordnung und Unterrichtskunst. Man kann aber Farbkunde gründlich lehren, ohne überhaupt Prisma und Spektrum zu erwähnen. Hiervon kann sich jedermann aus meiner „Farbfibel“⁴ überzeugen.

² Hermann Ludwig Ferdinand VON HELMHOLTZ (1821-1894), 1871 Prof. für Physik an der Univ. Berlin, 1888 Präsident der Phys.-Techn. Reichsanstalt Berlin

³ V. HELMHOLTZ, Hermann: Handbuch der physiologischen Optik. 3 Bde. Hamburg; Leipzig : Voss, 1909-1910

⁴ OSTWALD, Wilhelm: Die Farbfibel. - Leipzig : Unesma, 1917. - VII, 45 S. : 8 Ill., 192 Farben; bis 1944 in 16 Auflagen erschienen, auch ins Englische übertragen u.d.T.: The color primer: a basic

Die Farbenlehre ist eine psychologische Wissenschaft

Wenn es sich um eine physikalische Angelegenheit handelte, so wäre jenes Verfahren berechtigt. Da aber die Farbenlehre eine psychologische Wissenschaft ist, zu der die Physik nur im Verhältnis einer Hilfswissenschaft steht, so ist zunächst eine Untersuchung anzustellen, ob die homogenen Lichter auch als die psychologischen Elemente der Farben angesehen werden müssen oder dürfen. Den leitenden Gedanken hierzu finden wir schon bei GOETHE.⁵

„Das Auge hat sein Dasein dem Licht zu danken. Aus gleichgültigen tierischen Hilfsorganen ruft sich das Licht ein Organ hervor.“⁶ Dies wurde zu einer Zeit geschrieben, in der es noch keine Entwicklungsgeschichte gab; doch würden wir auch heute die Verhältnisse nicht angemessener beschreiben können.

Aus dem Pigmentfleck, der nur durch etwas stärkere Erwärmung auf strahlende Energie reagierte, ohne das Unterschiede der Wellenlänge d. h. Farben sich geltend machten, hat sich stetig das menschliche Linsenaug mit dem verwickelten Empfangsorgan der Netzhaut entwickelt, welches Farben und mit ihrer Hilfe Formen zu unterscheiden ermöglicht.

Das Urauge hat also als erste Stufe nur ein Mehr oder Weniger von strahlender Energie unterschieden. Alle besonderen Eigenschaften dieser, wie Wellenlänge, Polarisationszustand usw. kommen nicht zur Geltung, mit Ausnahme des Umstandes, dass nicht alle Wellen vom Pigmentfleck verschluckt werden und empfunden werden können. Es bestand also eine Beschränkung auf gewisse mittlere Gebiete der Wellenlänge, nämlich die, welche das aufnehmende Organ beeinflussen können. Der Pigmentfleck bedeutet die Fähigkeit einer vollständigeren Schluckung, als sie in den angrenzenden Hautgebieten stattfindet. Dadurch entwickelt sich auch die Fähigkeit quantitativer Unterscheidung, indem der stärkeren oder schwächeren Strahlung entsprechend abgestufte Empfindungen zugeordnet werden.

Das Sehen des Urauges ist einfältig

Die Entwicklungen der optischen Eigenschaften des Organs, welche Richtung und Form der Gegenstände zu erkennen ermöglichen, beschäftigt uns hier nicht. Wohl aber die beginnende Unterscheidungsfähigkeit für Verschiedenheiten der Wellenlängen. Im Menschaugen haben wir in den Stäbchen der Netzhaut noch das primitive Organ, das nur *Stärke*unterschiede der Strahlung anzubieten vermag. Die Wellenlänge hat nur insofern einen Einfluss, als die Empfindlichkeit des Organs eine Funktion derselben ist, mit einem Höchstwert bei der Wellenlänge 530 [nm]. Wenn sich die Energien verschiedener Lichter umgekehrt verhalten, wie die Empfindlichkeiten, so erweisen sich die hervorgerufenen Empfindungen als ununterscheidbar gleich. Qualitative Verschiedenheiten, die von der Wellenlänge abhängen, bestehen nicht.

Wir stellen also fest: entwicklungsgeschichtlich waren die unbunten Farben viel früher da, als die bunten. Sie bilden methodisch die natürliche Grundlage und Voraus-

treatise on the color system of Wilhelm Ostwald. Edited and with a foreword and evaluation by Faber Birren. New York : Reinhold, 1969. - 96 S.

⁵ Johann Wolfgang VON GOETHE (1749-1832), dt. Dichter, Wissenschaftler und Staatsmann

⁶ v. GOETHE, Johann W.:

setzung für das Studium des späteren und verwickelteren Empfindungsgebietes, dem der bunten Farben.

Die Kennzeichnung der Gruppe der unbunten Farben ist hiernach leicht auszusprechen. Es handelt sich um eine einfaltige oder lineare, endliche und stetige Gruppe mit zwei verschiedenen Endpunkten Weiß und Schwarz; das erste entspricht der vollen Betätigung des Organs,⁷ das zweite dem Ausbleiben des Reizes. Dazwischen kann die Betätigung beliebig bis zu Null vermindert werden. Diese Zwischenstufen heißen Grau.

Vermischung der absoluten Lichtstärken

Die Stärkeunterschiede des Lichtes machen sich, im Auge des Menschen absolut genommen, für die Empfindung nur sehr abgeschwächt geltend. Wir haben biologisch ein viel größeres Interesse daran, innerhalb des Gesichtsfeldes die örtlichen Verschiedenheiten zu empfinden, da durch sie das Erkennen der Außenwelt vermittelt wird, als die allgemeine Beleuchtungsstärke zu beurteilen. Wir müssen unter sehr wechselnden Lichtstärken leben und das Organ hat sich daher in solcher Richtung entwickelt, dass das Sehen trotz dieser Verschiedenheiten annähernd gleich gut erfolgen kann. Hierzu dient sowohl eine selbsttätige Regelung des Reizes, wie eine der Empfindlichkeit. Die erste geschieht durch die Einstellung der Pupille, welche bei starkem Lichtstrom sich verengt, bei schwachem sich erweitert. Die zweite erfolgt dadurch, dass bei starkem Licht sich die Menge des Sehpurpurs vermindert, wodurch die Empfindlichkeit herabgesetzt wird. Beide Selbstregelungen wirken dafür, die Verschiedenheiten der allgemeinen Beleuchtung für das Auge objektiv wie subjektiv bedeutend abzuschwächen, so dass unser Urteil über diese nur sehr grobe Stufen erfasst und sehr unbestimmt ist.

Bezogene und unbezogene Farben

Hier tritt nun eine sehr wichtige Begriffsbildung ein, die zu einer quantitativen Bemessung der hergehörigen Erscheinungen führt. Es ist die Unterscheidung der *bezogenen* und *unbezogenen* Farben, die durch meine Untersuchungen eingeführt wurde.

Bezogen heißen solche Farben, die uns an Körperoberflächen unter bekannten Beleuchtungsverhältnissen erscheinen. Nennen wir mit E. HERING⁸ *Remission* das Verhältnis des zurückgeworfenen Lichts zu dem auffallenden, *so können wir die bezogenen Farben durch die zugehörigen Remissionwerte definieren*. Demgemäß ist absolut weiß eine Fläche mit der Remission Eins, die alles Licht zerstreut zurückwirft, absolut schwarz eine Fläche mit der Remission Null, die alles verschluckt, und jedes zwischenliegende Grau wird durch den zwischenliegenden Bruchwert des remittierten Lichts gemessen. Man kann also alle unbunten Farben durch die Gleichung $w + s = 1$ darstellen, wo w der Weißanteil, das remittierte, s der Schwarzanteil, das verschluckte Licht misst. Da die Remission eine physikalische Eigenschaft und von psychologischen Einflüssen ganz frei ist, so liegt hier eine *objektive* Definition der bezogenen

⁷ Fußnote im Original: Weiter unten wird eine genaue Definition gegeben werden.

⁸ Ewald HERING (1834-1918), 1865 Prof. für Physiologie an der Univ. Wien, 1895 dasselbe an der Univ. Leipzig

unbunten Farben vor. Sie ist auch insofern *absolut*, als die entsprechenden Zahlenwerte von keiner anderweit zu definierenden Einheit abhängen. Experimentell bedarf man zu jeder Graumessung des absoluten Weiß und Schwarz.

Während man das zweite leicht durch den kirchhoffschen Hohlraum⁹ verwirklichen kann, erforderte die absolute Messung der Weißen (albedo) eine ziemlich verwickelte Versuchsanordnung, die indessen keine neuen Voraussetzungen enthält. Praktisch kommt eine mindestens 5 mm dicke Schicht von chemisch reinem Bariumsulfat der Weiße Eins hinreichend nahe.

Mischung

Die relative Verminderung der Lichtmenge, welche von der Flächeneinheit in unser Auge gelangt und zur Empfindung Grau führt, kann auf mannigfaltige Weise bewirkt werden. Das allgemeinste Mittel dazu ist die *Mischung*¹⁰ aus Weiß und Schwarz.

Hierfür kann man entweder durch optische Mittel gleichzeitig Weiß und Schwarz in messbarem Verhältnis auf das Auge wirken lassen, oder man kann ein räumliches oder zeitliches Neben- oder Nacheinander beider so betätigen, dass die Wechsel unterhalb der Schwelle¹¹ bleiben. Das erste, indem man die Flecken oder Punkte klein genug, das zweite, indem man den Wechsel schnell genug macht, dass sie unterhalb der Schwelle bleiben.

Alle diese Verfahren ergeben ein völlig einheitliches Grau, in welchem man nichts mehr von den Bestandteilen Weiß und Schwarz erkennen kann. Dies ist eine grundlegende Eigenschaft des Auges, welche für die Gesetze des Sehens entscheidend ist.

Alle eben angedeuteten Verfahren gestatten, die Anteile von Weiß und Schwarz zu messen, welche gleichzeitig die Einheit des Gesichtsfeldes erfüllen. Wir sehen wieder, dass jedes Grau durch eine Gleichung von der Gestalt $w + s = 1$ gekennzeichnet ist, wo w und s die Bruchteile Weiß und Schwarz sind, die sich an der Bildung des Grau beteiligt haben. Wie auch die Mischung ausgeführt sein mag: alle Grau mit gleichen Werten von w (und somit auch von s) sehen gleich aus. Der Wert von w kennzeichnet somit das Grau vollständig. Die Reihe der unbunten Farben Weiß, Grau, Schwarz ist also *einfaltig*. Sie ist stetig, wie alle Farbreihen.

⁹ Gustav Robert KIRCHHOFF (1824-1887), 1875 Prof. für mathematische Physik an der Univ. Berlin. Kirchhoffscher Hohlraum: In einen undurchsichtigen Hohlraum mit sehr kleiner Öffnung lässt man einen Lichtstrahl durch diese Öffnung fallen. Das Licht wird an den Wänden des Hohlraums mehrfach reflektiert. Bei jeder Reflexion wird ein Teil absorbiert. Ist die Öffnung klein genug, gelangt schließlich fast nichts mehr von der zugeführten Strahlung nach außen. Die gesamte Lichtstrahlung wird absorbiert und man hat einen schwarzen Körper, das absolute Schwarz, s. a. BOUMA, J. P.: Farbe und Farbwahrnehmung. Ausg. d. N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken Eindhoven (Holland), 1951, S. 122-125.

¹⁰ Fußnote im Original: Es ist immer nur die von HELMHOLTZ definierte additive oder physikalische Mischung gemeint.

¹¹ „Wenn man einen Reiz beständig kleiner werden lässt, so verkleinert sich die Empfindung nicht ebenso, sondern bei einem bestimmten endlichen Wert des Reizes hört sie ganz auf. Diese Grenze nennt man die Schwelle“, vgl. OSTWALD, Wilhelm: Farbkunde: ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Naturforscher, Ärzte, Physiologen, Psychologen, Coloristen, Farbtechniker, Drucker, Keramiker, Färber, Weber, Maler, Kunstgewerber, Musterzeichner, Plakatkünstler, Modisten. Leipzig: Hirzel, 1923, S. 50-53. - (Chem. u. Tech. der Gegenwart; 1).

Biologische Bedeutung

Das Sehen hat den Zweck, uns das Zurechtfinden in der Außenwelt zu ermöglichen. Durch die Ausbildung des bezogenen Sehens ist diese Aufgabe in sehr vollkommener Weise gelöst, denn es macht uns unabhängig von der wechselnden objektiven Beleuchtung und subjektiven Stimmungen des Sehorgans. Das Licht kann wie 1 : 1000 und mehr wechseln, ohne dass unsere Beurteilung der relativen Lichtverhältnisse gestört wird. Da zudem die Remission eine objektive Eigenschaft der Gegenstände ist, vermittelt uns das bezogenen Sehen ein von subjektiven Mannigfaltigkeiten hochgradig befreites Urteil über die objektive Beschaffenheit der Außenwelt.

Unbezogen

Ein *unbezogenes* Unbunt erlebt man, wenn man sich in einem Dunkelzimmer mit einer durch ein Mattglas geschlossenen Lichtöffnung befindet, die man verschieden hell von außen beleuchten kann. *Es ist unmöglich, unter diesen Umständen Grau zu sehen.* Auch wenn man die Beleuchtung des Mattglases vermindert, scheint es nicht grau, sondern man stellt nur fest, dass es weniger hell geworden ist. Auch die subjektive Änderung der Adaptation ändert hieran nur, dass die oberhalb des normalen Sehens eintretende Blendung bei verschiedener absoluter Lichtstärke beginnt; ebenso ist die untere Schwelle veränderlich.

Diese Erscheinung ist eine Folge der oben (S. 9) geschilderten selbsttätigen Einrichtungen im Auge, welche der Wirkung des jeweiligen objektiven Lichts entgegenarbeiten. Da die Kompensation nicht vollständig ist, bleiben einige Reste von Bezogenheit als zeitliche Erinnerung an frühere Zustände zurück, doch tritt das wesentliche der Unbezogenheit deutlich genug in die Erscheinung.

Es sei hier ein für allemal bemerkt, dass wie überall auch hier Übergänge vorhanden sind, die zwischen beiden typischen Gruppen liegen. Sie verhindern aber nicht die Kennzeichnung der reinen Typen.

Wir haben also hier die interessante Tatsache einer Gruppe von der psychologischen Mannigfaltigkeit Null. Dies rührt daher, dass wir hier innerhalb des Gebietes des normalen Sehens keinen Anhaltspunkt für die Messung oder Schätzung der absoluten Helligkeit haben und daher keine wiedererkennen können, wenn sie etwa nach inzwischen erfolgten Änderungen wiederkehrt. Nur an den physiologischen Grenzen der Leistungsfähigkeit des Organs (Blendung und Dunkelschwelle) treten Unterscheidungen auf.

Da die Empfindung des unbezogenen Unbunt der des Weiß ähnlich ist und sicher nicht Schwarz genannt werden kann, so kennzeichnet sich der Unterschied zwischen Bezogenen und Unbezogenen durch den Verlust der Veränderlichen Schwarz. Die Gleichung $w + s = I$ geht über in $w = I$, d. h. die Veränderlichkeit verschwindet, da jede unbezogene Empfindung nur für sich vorhanden ist.

Methodisches

Bei strenger Darstellung hätte das unbezogene Unbunt als die denkbar einfachste Lichtempfindung ohne wahrgenommene Mannigfaltigkeit mit der elementaren Gleichung $w = I$ zuerst abgehandelt werden müssen. Vielleicht wird dies in Zukunft möglich sein, wenn die elementaren Begriffe der rationellen Farbenlehre die angemessene

Verbreitung gefunden haben werden. Zurzeit stehen aber die bezogenen Farben unserer täglichen Umgebung so sehr im Vordergrund unserer Erfahrung, dass für die Einführung der neuen Begriffe zweckmäßiger erschien, von diesen auszugehen. Ebenso verhalten sich bei den Buntfarben die bezogenen oder Körperfarben. Nur dem Physiker sind die unbezogenen Buntfarben der wissenschaftlichen Apparate geläufiger als die bezogenen einer unwissenschaftlichen Außenwelt und es bedarf ihm einer Besinnung darauf (die nicht immer gelingt), dass die Farben seiner Apparate ein viel beschränkteres Gebiet umfassen, als die seiner Umwelt.

Unbunt und bunt

Wir wenden uns nun zu den bunten Farben. Entwicklungsgeschichtlich stellen sie sich als eine *Zufügung* zu den unbunten dar, die durch sie nicht etwa ersetzt oder verdrängt, sondern bereichert werden. Denn die unbunten Farben bilden auch für das farbtüchtige Auge einen grundlegenden Anteil seiner Farbenwelt. Dies ist ein Haupt Gesichtspunkt für das rationelle Verständnis und die Ordnung des neuen Gebiets.

Das Neue, welches hier erscheint, nennen wir nach HELMHOLTZ den *Farbton*. Es ist das Gelb, Rot, Blau, Grün usw. unserer Farbenwelt. Farben, die mit der Eigenschaft des Farbtons behaftet sind, nennen wir bunt.

Der Farbton hat unmittelbar nichts mit den unbunten oder grauen Farben zu tun; er ist eine Eigenschaft, die außerhalb ihres Bereichs liegt. Er drückt die Fähigkeit des Auges aus, gewisse Verschiedenheiten der Wellenlängen des Lichts wahrzunehmen, wenn auch keineswegs alle.

Das Spektrum

Hier ist der Ort, wo sich die grundlegende Entdeckung NEWTONS¹² geltend macht, dass das weiße Licht nicht einheitlich gebrochen wird und dass solche Lichter, welche verschiedene Brechung im Prisma aufweisen, im Auge auch verschiedene bunte Farberempfindungen hervorrufen. Die Verschiedenheiten der Brechung haben sich später als solche der *Wellenlängen* erwiesen, und daraus hat sich der Begriff der *homogenen Lichter* ergeben, die nur strahlende Energie von je *einer* Wellenlänge enthalten. Jeder Wellenlänge erweist sich ein bestimmter Farbton stetig zugeordnet und die gemäß den Wellenlängen ausgebreiteten Lichter ergeben das Spektrum, das bei den jüngsten Wellen mit Rot beginnt und über Gelb, Grün, Blau mit Veil (Violett) endet.

Mischt man alle diese Lichter zusammen, so entsteht wieder Weiß.

NEWTON hatte schon die Farben des Spektrums zu einem Kreise, dem Farbenkreise, genauer Farbtonkreise, geordnet, da das Veil des Endes sich beinahe an das Rot des Anfangs schließt.

In diesem Kreise stehen sich solche Farben gegenüber, die einander am unähnlichsten sind. Genauer sind sie dadurch gekennzeichnet, dass sie bei der Mischung ebenso Weiß (oder Grau) geben, wie die Gesamtheit aller Lichter, nur schwieriger. Sie heißen Gegenfarben.

¹² Isaac NEWTON (1643-1727), engl. Physiker, Mathematiker und Astronom.

Die Stufen des Farbensehens

Es sprechen bekanntlich mancherlei Gründe dafür (und keiner dagegen), dass entwicklungsgeschichtlich das erste Farbenpaar, welches unterschieden wurde, Blau - Gelb war. Gelb entsteht, wenn von der Gesamtheit der sichtbaren Wellen alle fortgenommen werden, die unterhalb der Wellenlänge 490 [nm] liegen, Blau, wenn alle oberhalb 490 [nm] verschluckt werden. Diese Bedingungen sind die einfachsten, unter denen in der Natur Farben entstehen; eine einseitige Schluckung genügt. Sie braucht auch keineswegs genau bis 490 [nm] zu gehen. Geht sie weiter, so wird die entstehende Farbe dunkler und rötlicher, geht sie nicht so weit, so entstehen weißliche Farben ohne wesentliche Änderung des Farbtons.

Liegt ein Schluckgebiet inmitten des Spektrums und lässt beide Enden frei, so entsteht Rot und Purpur; werden beide Enden verschluckt und die Mitte freigelassen, so entsteht Grün. Diese Voraussetzungen sind nicht ganz so einfach, wie die für Gelb und Blau, insbesondere beim Grün etwas verwickelter. Deshalb sind in der Technik die gelben, blauen und roten Farbstoffe so zahlreich vertreten, während die grünen viel seltener sind. In der Natur entsteht das viele Grün durch einen ungemein verbreiteten Farbstoff, das Blattgrün der Pflanzen.

Es ist also auch biologisch verständlich, dass in zweiter Linie das Farbenpaar Rot - Grün sich aus dem Grau emporarbeitete und ins Bewusstsein übertrat. Auf dieser Stufe befindet sich zurzeit das menschliche Auge und es sind noch keine Anzeichen dafür vorhanden, dass eine Entwicklung darüber hinaus begonnen hätte.

Mischung

Für das Urauge hat die Frage nach der Einheitlichkeit des Lichts bezüglich der Wellenlänge überhaupt keine Bedeutung. Jede strahlende Energie, deren Wellenlänge innerhalb des Gebietes der Schluckung liegt, bewirkt dieselbe Art Empfindung, die nur nach der Stärke abgestuft ist, gleichgültig ob homogenes Licht vorliegt oder ein beliebiges Gemisch verschiedener Wellen.

Die Fähigkeit, Farben zu empfinden und zu unterscheiden, beruht dagegen auf qualitativen Verschiedenheiten, die sich im Sehorgan bei der Einwirkung von Wellen verschiedener Länge betätigen und über deren Natur wir zurzeit nur Hypothesen haben.

Es liegt in der Natur der Entwicklung, dass keineswegs die ganze Mannigfaltigkeit der Lichtwellen in den vermerkten Empfindungen abgebildet wird, sondern nur ein Teil, welcher der Umwelt gemäß ist, innerhalb derer die Entwicklung sich vollzieht.

In unserer Umwelt sind nur Lichtgemische verschiedener Wellenlängen vorhanden, die sich meist über einen erheblichen Teil, die Hälfte und mehr des Spektrums erstrecken. Streng homogene Lichter von einer einzigen Wellenlänge gibt es auch experimentell nicht, sondern nur Mischungen innerhalb mehr oder weniger enger Grenzen, die zudem immer an diesen Grenzen abgeschottet sind. Aber selbst solche annähernd homogenen Lichter sind in unserer Umwelt nirgends vorhanden, sondern kommen nur in physikalischen Apparaten vor. Die schönsten und reinsten Körperfarben, wie wir sie z. B. an Blumen und Schmetterlingen sehen, erweisen sich bei der spektralen Untersuchung stets als Gemische breiter Wellengebiete; so finden sich z. B. im reinsten (bezogenen) Gelb alle Lichter des Spektrums, deren Wellenlängen

größer sind als 490 [nm], und zwar ohne jede Schluckung in diesem ganzen Gebiet von Rot bis Blaugrün. Man muss also von vornherein den weit verbreiteten Irrtum aufgeben, als wären gesättigte oder reine Farben dadurch gekennzeichnet, dass sie aus homogenen Lichtern bestehen. Körper, die homogene Lichter remittieren, würden schwarz aussehen, da das homogene Licht immer nur einen verschwindend kleinen Bruchteil des auffallenden Lichts ausmacht, während wir Körper schon schwarz nennen, die 5 v. H. (oder weniger) weißes Licht remittieren. Da die Helligkeit der reinsten oder gesättigtsten Körperfarben (Vollfarben) von 10 v. H. (Ultramarinblau) bis 90 v. H. (Reingelb) des Weiß beträgt, so folgt schon aus dieser Tatsache, dass ihr Licht aus breiten Massen benachbarter Wellenlängen bestehen muss, da sonst eine so große Helligkeit nicht zustande kommen könnte.

Vollfarben

Wie eben gezeigt worden ist, müsste eine Fläche schwarz aussehen, wenn sie nur vollkommen homogenes Licht irgendwelcher Farbe zu remittieren fähig wäre, während sie weiß aussieht, wenn sie alle Lichter remittiert. Es muss also notwendig dazwischen irgend einen Zwischenzustand der Remission geben, bei welchem der Farbton so vollkommen entwickelt ist, dass er kein Schwarz mehr und noch kein Weiß enthält. Es liegt also wieder ein ausgezeichnete Fall vor, der nur je einmal in einer stetigen Reihe von Möglichkeiten vorhanden ist. Solch eine Farbe wollen wir eine Vollfarbe nennen.

Von den eben ausgesprochenen Bedingungen ist die zweite am leichtesten zu verwirklichen. Die Erfahrung lehrt, dass gegenfarbige Lichter sich zu Weiß mischen. Solche dürfen also in dem Lichtgemisch der Vollfarbe nicht vorhanden sein. Die äußerste Möglichkeit für die Breite des Lichtgemisches liegt also dort, wo die ersten und letzten Wellen, die es begrenzen, im Verhältnis der Gegenfarbe stehen.

Damit ist der ausgezeichnete Fall gefunden, der zwischen den Grenzen der homogenen Lichter und der gesamten Lichter des Weiß liegt. Wir nennen die Gesamtheit der Lichter, welche zwischen zwei Gegenfarben liegen, ein *Farbenhalb*, und definieren die Vollfarbe damit, dass in ihr alle Lichter eines Farbenhalbes zusammenwirken.

Es sei noch bemerkt, dass zwischen den gegenfarbigen Grenzen zwei Gruppen von Lichtern sich zu einem Farbenhalb verbinden können, je nach der Seite des Farbtonkreises, der die Lichter angehören, die remittiert und die verschluckt werden. Die entsprechenden Vollfarben sind gegenfarbig.

Durch die Bedingung, dass die Vollfarbe kein Weiß enthalten darf, wird die Breite des Wellengebietes der vorhandenen Lichter bis zur Grenze der Gegenfarben beschränkt: es darf nicht breiter sein. Die andere Bedingung, dass die Vollfarbe unter den weißfreien die hellste sein soll, beschränkt die Grenze von der anderen Seite: das Gebiet darf nicht enger sein, als bis zu den Gegenfarben. So ist die nach dem Grundsatz des ausgezeichneten Falles gefundene Definition durch die Einzeluntersuchung von beiden Seiten her bestätigt und gesichert.

Der Farbtonkreis

Fragen wir nun nach der Mannigfaltigkeit dieses neuen Elements der Farben, des Farbtons, so finden wir eine einfaltige stetige Gruppe, die keinen Anfang und Ende

hat, sondern in sich zurückläuft: den Farbtonkreis. Durch die Stetigkeit ist die Reihenfolge der Farbtöne ein für allemal gesichert.

Wenn aber auch die Reihenfolge der Farbtöne gesichert ist, so sind es doch noch nicht die Abstände. Zu deren Ordnung stellen wir zunächst die Forderung, dass die Gegenfarbenpaare, die sich zu Weiß (oder Grau) mischen lassen, je an den Enden eines Kreisdurchmessers angebracht werden. Ferner bringen wir die hellste Farbe Gelb in den obersten Punkt des Kreises.

Es bleibt noch die Bestimmung der Abstände übrig. Hierüber gab es früher kein grundsätzliches Verfahren. Fragt man nach einem solchen, so bieten sich zwei an. Zuerst das von mir so genannte *Prinzip der inneren Symmetrie*. Es verlangt, dass der durch Mischung zweier beliebiger Vollfarben nach gleichen Mengen entstehende Mischton in der Mitte zwischen den Bestandteilen angebracht werden muss. Dies Prinzip reicht aus, um eine eindeutige Teilung des Farbtonkreises festzulegen.

Ein zweites Prinzip, das gleichfalls zureichend ist, verlangt, dass Farbtöne so geordnet werden, bis überall die gleiche Unterschiedsschwelle besteht, wieder gleiche Farbmengen beim Vergleich vorausgesetzt.

Beide Prinzipien ergeben übereinstimmende Ordnungen, wie dies durch die alten Messungen von KÖNIG¹³ und DIETERICI¹⁴ sehr wahrscheinlich gemacht¹⁵ und durch noch unveröffentlichte Untersuchungen von Herrn ADAM¹⁶ in meinem Laboratorium bestätigt worden ist.

Von den älteren Ordnungen, die auf persönlichen Schätzungen beruhen, kommen die von O. ROOD¹⁷ und A. HERING¹⁸ der rationellen am nächsten.

Diese rationelle Ordnung lässt acht Hauptfarben erkennen, indem zwischen den gleichabständigen vier Urfarben Gelb, Rot, Blau, Grün noch vier symmetrisch dazwischen liegende Farbtöne anzuerkennen sind. Wir unterscheiden deshalb acht Hauptfarben mittels folgender Namen: Gelb, Kress (Orange), Rot, Veil (Violett), Ublau (Ultramarinblau), Eisblau (Grünblau), Seegrün (Blaugrün), Laubgrün (Gelbgrün).

Zu der noch heute praktisch vorherrschenden Lehre von den drei Grundfarben Gelb, Rot, Blau und den drei „sekundären“ Kress, Veil, Grün steht jene rationelle Ordnung in Widerspruch. Die Entscheidung ist leicht. Die Gegenfarben zu Gelb, Rot, Blau sind nicht Veil, Grün, Kress, wie diese alte Lehre behauptet, sondern zu Gelb, Kress, Rot, Veil gehören die Gegenfarben Ublau, Eisblau, Seegrün, Laubgrün, wie man sich jeden Augenblick durch den Versuch mit dem Farbkreiseln überzeugen kann.

¹³ Arthur KÖNIG (1856-1901), Philosoph, Assistent bei HELMHOLTZ.

¹⁴ Conrad Heinrich DIETERICI (1858-1929), Philosoph, Schüler von HELMHOLTZ.

¹⁵ KÖNIG, Arthur ; DIETERICI, Conrad H.: Die Grundempfindungen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum. In: Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. Physik.-math. Kl. 29 (1886), S. 805ff.; Dies.: Die Grundempfindungen in normalen und abnormalen Farbsystemen und ihre Intensitätsverteilung im Spektrum. In: Zeitschr. Physiol. Psych. Sinnesorg. 4 (1893), S. 241 ff.

¹⁶ Manfred ADAM (1901-1987), arbeitete 1924-27 an der Herstellung des Wollfarbenatlases, 1927-32 in den Semesterferien als „Farborgehelfer“ bei W. OSTWALD in Großbothen.

¹⁷ Ogden N. ROOD (1831-1902), 1863 Prof. für Physik am Columbian College, New York.

ROOD, Ogden N.: Colour : a text-book of modern chromatics, with applications to art and industry. 5. Aufl. London : Kegan Paul, Trench, Trübner & Co., 1910. - 330 S. - Die 1. Auflage erschien 1879 u.d.T. 'Modern chromatics with application to art and industry' in Chicago.

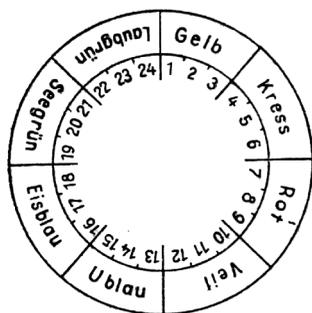
¹⁸ HERING, Ewald: Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. 2. Lfg. Leipzig : Engelmann, 1907, S. 81-160.

Der Fortschritt der neuen Ordnung besteht darin, dass Blau und Grün in je zwei Farbtöne geteilt werden, die ebenso verschieden sind wie Gelb und Kress oder Rot und Veil, die man schon seit Jahrhunderten unterscheidet.

Es bedarf zunächst einiger Übung, um sich die Unterschiede der beiden Blau und Grün ebenso geläufig zu machen wie die in der anderen Hälfte des Farbtönenkreises es schon lange sind. Doch hat die Erfahrung ausgiebigst erwiesen, dass sich diese Fähigkeit sehr schnell, in wenigen Monaten bei jedem Farbtüchtigen entwickeln lässt.

Da eine wesentliche Änderung dieser neuen Ordnung in Zukunft nicht zu erwarten ist, muss die allgemeine Forderung erhoben werden, jene fehlerhafte Drei- und Sechsteilung des Farbtönenkreises endgültig aufzugeben.

Es sei noch hinzugefügt, dass für die Praxis die acht Hauptfarben zu weit von einander entfernt sind. Man hat deshalb in jeder drei Abstufungen unterschieden, welche Erstes, Zweites und Drittes Gelb, Kress, Rot usw. genannt werden. Dies gibt insgesamt 24 Farbtönennormen, welche definitionsgemäß psychologisch gleichabständig sind, und denen zur kurzen Kennzeichnung die Nummern 1-24 zugeordnet werden. Sind engere Stufen zu bezeichnen, so kann man Dezimalen zufügen. Bild 1 gibt eine Anschauung von der Ordnung des rationalen Farbtönenkreises.



	Erstes	Zweites	Drittes ¹⁹
Gelb	1	2	3
Kress	4	5	6
Rot	7	8	9
Veil	10	11	12
Ublau	13	14	15
Eisblau	16	17	18
Seegrün	19	20	21
Laubgrün	22	23	24

Bild 1: Der 24-teilige Farbtönenkreis²⁰

Das Spektrum

Geschichtlich ist die stetige Reihe der Farbtöne und ihre Kreisordnung zum ersten Mal von NEWTON im prismatischen Spektrum nachgewiesen worden, wo die (annähernd) homogenen Lichter in der Reihe ihres Brechvermögens oder ihrer Wellenlängen ausgearbeitet sind.²¹ Hierbei hatte sich herausgestellt, dass die Spektralfarben

¹⁹ vgl. auch OSTWALD, Wilhelm: Einführung in die Farbenlehre. Leipzig : Reclam, 1919, S. 96. - (Bücher der Naturwissenschaft 26). - (Reclams Universal-Bibliothek 6041/6044).

²⁰ Abbildung aus: RISTENPART, Eugen: Die Ostwaldsche Farbenlehre und ihr Nutzen. In: Mitt. d. Wilhelm-Ostwald-Ges. 6 (2001), Sonderh. 12, S. 9.

²¹ NEWTON, Isaac ; ABENDROTH, William (Hrsg.): Sir Isaac Newton's Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts (1704): 3 Bücher. Leipzig : Engelmann, 1898. - 132 S. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften ; 96, 97).

keinen vollständigen Kreis ergeben, da durch das Fehlen der Purpurfarben eine Lücke bewirkt wird.

Das zeitliche Verhältnis hat sich während der inzwischen verlaufenen 2½ Jahrhunderte im Bewusstsein der Farbforscher in ein kausales umgewandelt. Weil der Farbtonkreis zuerst an homogenen Lichtern beobachtet worden war, wurden die homogenen Lichter als die Grundlagen oder Elemente der Buntfarben überhaupt angesehen, und diese als „selbstverständlich“ empfundene Auffassung hat sich ungeprüft bis auf den heutigen Tag erhalten. Sie steht aber mit wohlbekanntem Tatsachen vielfältig im Widerspruch und es gehört zu den größten Merkwürdigkeiten der an solchen Geschichten nicht armen Wissenschaften, dass diese Widersprüche anscheinend nie bemerkt worden sind. Wir verstehen dies am ehesten, wenn wir uns vergegenwärtigen, dass man an ihnen deshalb lieber vorüberging, weil man sich außerstande sah, sie zu beseitigen. Jetzt freilich, wo neben ihrem Nachweis auch ihre Verbesserung mitgeteilt wird, fehlt auch diese Entschuldigung und nur das Trägheitsgesetz erklärt die Beibehaltung jenes Grundfehlers. Erklären bedeutet hier aber nicht entschuldigen.

Unbezogene Buntfarben

Die unbezogenen Buntfarben, die wiederum dadurch gekennzeichnet sind, dass sie einzeln in einem dunklen Gesichtsfeld erscheinen, bilden eine zweifaltige Gruppe. Denn zu der Mannigfaltigkeit Null der unbunten unbezogenen Farben treten hier wie bei den bezogenen Buntfarben die zwei neuen Veränderlichen: Anteil der Buntfarbe neben Weiß und ihr Farbton.

Da früher der Unterschied der bezogenen und unbezogenen Farben nicht begrifflich erfasst und klargestellt war, (wenn auch viele zugehörige Tatsachen richtig beobachtet vorlagen), so findet sich eine Erkenntnis ihrer Zweifaltigkeit nicht klar ausgesprochen. HELMHOLTZ, der fast nur mit den unbezogenen Farben optischer Geräte arbeitete, drückt sich in seiner Physiologischen Optik²² folgendermaßen aus: „*Der Farbeindruck, den eine gewisse Quantität x beliebig gemischten Lichts macht, kann stets auch hervorgebracht werden durch Mischung einer gewissen Quantität a weißen Lichts und einer gewissen Quantität b einer gesättigten Farbe (Spektralfarbe oder Purpur von bestimmtem Farbton ...). Abstrahiert man nämlich zunächst von den Unterschieden der Lichtstärke, so bleiben noch zwei Veränderliche übrig, von denen die Qualität der Farbe abhängt, nämlich der Farbton und das Verhältnis des farbigen zum weißen Licht.*“

Da bei den unbezogenen Buntfarben kein Bezug auf die Lichtstärke genommen werden kann, so bleiben tatsächlich nur diese beiden Veränderlichen übrig. Man kann alsdann die Gesamtheit aller Farben, wie HELMHOLTZ zeigt, in einer Kreisebene abbilden, die am Umfang die gesättigten oder Vollfarben und in der Mitte Weiß enthält,

„Newton arrangiert die Farben des Spektrums nach ihrer Reihenfolge und ihrem jeweiligen Anteil, wobei er die Komponenten der Mischfarben geometrisch anordnet. Der Kreis verläuft in einer durchgehenden Farbenfolge von Rot bis Violett, wobei die Position der Farbe auf ihrer engen Beziehung zu den sie flankierenden Farbtönen beruht“, vgl. GAGE, John: Kulturgeschichte der Farbe. Ravensburg : Maier, 1994, S. 171.

²² v. HELMHOLTZ, Hermann: Handbuch der physiologischen Optik. Bd. 2. Die Lehre von den Gesichtsempfindungen. 3. Aufl. Hamburg; Leipzig : Voss, 1911, S. 110.

während längs jedes Halbmessers²³ die Mischungen aus Vollfarbe und Weiß in stetigen Übergängen angebracht sind.

Es ist wesentlich, schon hier zu betonen, *dass den unbezogenen Buntfarben das Schwarz fehlt*. Denn sie bestehen ja nach der durchaus zutreffenden Analyse von HELMHOLTZ nur aus gesättigter Buntfarbe und Weiß. Das entspricht der Tatsache, dass auch der unbezogenen Unbuntfarbe das Schwarz fehlt (S. 11).

Nicht zutreffend ist dagegen die von HELMHOLTZ daran geschlossene Darstellung, als könne man durch bloße Verminderung der Helligkeit die im unbezogenen Gebiet nicht vorhandenen Farben Olivgrün, Graublau, Rotbraun, Braun aus Grün, Blau, Rot und Gelb erzeugen.

Bringt man im Dunkelraum (S. 11) an dem Lichtloch etwa ein gelbes Glas an (beim Gelb ist ein Schwarzgehalt am auffallendsten sichtbar) und vermindert den Lichtstrom von außen, so sieht man immer nur Gelb, niemals Braun. Um dieses zu sehen, muss man die Farbe bezogen machen. So beschreibt HELMHOLTZ selbst, dass man ein kleines gelbes Lichtfeld braun erscheinen lassen kann, wenn man unmittelbar daneben ein großes Feld von hellem Weiß herstellt. Es wird dann nämlich das schwache Gelb auf das helle Weiß bezogen und da so wenig Licht nur von einer mit viel Schwarz vermischten Farbe stammen kann (die braun aussieht), wird das kleine Feld als braun empfunden. Doch hatte HELMHOLTZ die Begriffsbildung bezogen : unbezogen nicht ausgeführt und gab daher keine Erklärung für die Notwendigkeit des weißen Feldes.

Bezogene Buntfarben

Wie im unbunten Gebiet sind die bezogenen Farben durch die Remission der betreffenden Körperoberflächen physikalisch definiert, unabhängig von den psychologischen Umständen, unter denen sie gesehen werden. Wenn nämlich die Wellenlänge mit der Remission verschieden ist, erscheinen die Flächen bunt. Zu dem Weiß und Schwarz, in das sich die unbunten bezogenen Farben auflösen lassen, gesellt sich hier ein Anteil an bunter Vollfarbe, die nach Menge und Farbton veränderlich sein kann. Dadurch vermehrt sich der Anteil der Variablen um zwei, und die bezogenen Buntfarben bilden daher eine dreifaltige Gruppe. Zu ihrer Darstellung ist eine räumliche Anordnung nötig und ausreichend.²⁴

²³ OSTWALD war bestrebt, auch in der Fachsprache deutsche Begriffe einzuführen. Er sprach deshalb von Halbmesser anstelle von Radius.

²⁴ Fußnote im Original: Obwohl diese Verhältnisse längst bekannt sind, ist noch in jüngster Zeit in einer wissenschaftlichen Zeitschrift die Behauptung aufgestellt worden, dass die Gruppe der bezogenen oder Körperfarben nicht dreifaltig sei, sondern von der Mannigfaltigkeit unendlich. Als Begründung wurde angegeben, dass die Kombinierbarkeit verschiedener Wellenlängen von dieser Mannigfaltigkeit sei. Hierbei ist unbeachtet geblieben, dass keineswegs jeder anderen Kombination von Wellen eine andere Farbe zugeordnet ist. Vielmehr gibt es zahllose Kombinationen, die ununterscheidbar gleich aussehen, und dadurch reduziert sich die Mannigfaltigkeit wie angegeben. Seit T. MAYER, LAMBERT, RUNGE u.a. ist die Dreifaltigkeit der bezogenen Farbenwelt wohl bewiesene Tatsache.

Johann Tobias MEYER (1723-1762), Mathematiker, Prof. in Göttingen, versuchte die Anzahl der Farben zu bestimmen, die das Auge exakt unterscheiden kann. Sein Farbendreieck arbeitet mit drei Grundfarben: Zinnober, Königs gelb und Bergblau, und führt alle Mischungen an, bei denen einer

Das Rätsel der Gegenfarben

Es wurde oben erwähnt, dass die von Rot verschiedenste Farbe Seegrün sich etwa in der Mitte des Spektrums befindet. Sie hat die Eigenschaft, dass sie bei additiver Mischung mit Rot ein unbuntes Grau oder Weiß ergibt.

Ebenso lassen sich für andere Farben des Spektrums solche Gegen- oder Ergänzungsfarben ermitteln, doch nicht für alle. Für mittleres und gelbliches Grün gibt es im Spektrum keine Gegenfarben, da diese im Purpur liegen, das im Spektrum nicht vorhanden ist.

Zwischen den Wellenlängen der Gegenfarben besteht keine einfache Beziehung. HELMHOLTZ hat gezeigt, dass ihre Zahlenwerte sich annähernd den Armen einer Hyperbel zuordnen lassen, doch hat sich seine Formel bisher einer physikalischen oder physiologischen Deutung entzogen.

Eine Farbenlehre, welche keine Erklärung dafür gibt, weshalb gerade Lichter von den Wellenlängen 440 und 571, 478 und 585, 484 und 634, 489 und 661 [nm] usw. sich zu Weiß oder Grau mischen lassen und andere nicht, muss sehr unzulänglich genannt werden. Zumal wenn noch die Tatsache hinzutritt, dass die Bestandteile sich nur sehr schwierig zu Unbunt verbinden. HELMHOLTZ hatte zuerst angegeben, nur Rot und Grün ließen sich zu Weiß mischen, die anderen Gegenfarbenpaare aber nicht. Erst nachdem GROßMANN²⁵ aus mathematischen²⁶ Gründen die Notwendigkeit erwiesen hatte, dass alle Gegenfarbenpaare Weiß ergeben müssen, hat HELMHOLTZ dies auch experimentell verwirklicht. Auch hierfür hat die bisherige Farbenlehre keine Erklärung angeboten.

Nun ist aber zu beachten, dass die *Stetigkeit* der Farbfolge im Kreise die Reihenfolge der Einzelfarben ein für allemal unveränderlich festlegt. Es ist nicht möglich, stetig von Gelb zu Blau über Rot zu gehen, ohne dazwischen Kress und Veil durchzumachen, gleichgültig, ob man diese Stetigkeit durch Lichtbrechung, Pigmentmischung, Interferenz oder sonst irgendwie hervorbringt. Die Übereinstimmung der Farbtonordnung im Farbtonkreise und im Spektrum ist also eine methodische Notwendigkeit unabhängig von allen möglichen Formen der Beziehung zwischen Wellenlänge und Farbton und kein Beweis für die elementare Natur der Farben der homogenen Lichter.

Ausgangsfarbe mindestens ein Zwölftel einer anderen Farbe hinzugefügt worden ist. Weiß und Schwarz werden als Vertreter von Licht und Finsternis berücksichtigt, die Farben entweder aufhellen oder verdunkeln.

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

Philipp Otto RUNGE (1777-1810), Maler, seine Farbkugel trägt die reinen Farben entlang des Äquators. Ausgangspunkt sind die Primärfarben Rot, Gelb und Blau, die in gleichen Abständen erscheinen. Die Pole der Kugel sind Weiß und Schwarz. Er wollte nicht das Verhältnis von Mischungen, sondern vor allem die Harmonie anschaulich fassen und Ordnung in die Gesamtheit der möglichen Farben bringen, vgl. RUNGE, Ph. O.: Farbkugel. Hamburg, 1810.

²⁵ Hermann Günther GRABMANN (1809-1877), Theologe, Sprachforscher, Physiker, Mathematiker. Er formulierte 1853 Gesetze zur additiven Farbmischung, die als „Grassmannsche Gesetze“ in die Farbenlehre eingegangen sind.

²⁶ Mathetik = OSTWALDS Begriff für Ordnungswissenschaft.

Ein mathetischer Widerspruch

Dagegen besteht zwischen den psychologischen Eigenschaften der Spektralfarben und der Ordnung der Wellenlängen ein vollkommener Widerspruch. Rotes Licht hat die längsten Wellen; die folgenden Farbtöne haben immer kürzere und veiles Licht hat die kürzesten im Gebiet des Sichtbaren.

Es liegt also für die Wellenlängen eine einfaltige Reihe mit zwei verschiedenen Enden vor, wie wir sie für die Reihe Weiß-Grau-Schwarz festgestellt haben. Wären die Farbtöne unmittelbare Auswirkungen der Wellenlängen homogener Lichter, so müsste ihre Reihe (ohne Purpur) von ähnlicher Beschaffenheit sein, wie die unbunte Reihe, d.h. Rot und Veil müssten den größten Unterschied aufweisen, und alle anderen Farbtöne müssten sich in kleineren Verschiedenheiten dazwischen schalten. Statt dessen besteht der größte Gegensatz zu Rot in der Mitte des Spektrums bei Seegrün, und darüber hinaus nähern sich die Farbtöne dem Anfang, statt sich von ihm zu entfernen, bis am Ende des Spektrums sich eine starke Annäherung herausstellt. Farbtöne und Wellenlängen gehören also zwei ganz verschiedenen Ordnungstypen an, und es ist ausgeschlossen, dass die eine eine einfache Funktion der anderen ist. Eine Farbenlehre, welche nicht erklärt, wie aus der einsinnig veränderlichen Gruppe der Wellenlängen die wiederkehrende Gruppe der Farbtöne entstehen kann, muss ganz unzulänglich genannt werden. Die bisherige Farbenlehre verdient dieses Prädikat nicht nur aus diesem Grunde.

Wir lernen alsbald einige weitere Widersprüche kennen.

Die Verteilung der Spektralfarben

Von den Spektren sind die durch Beugung in Gittern erzeugten physikalisch die gesetzmäßigsten, da die Abstände der Farben sich verhalten wie die Unterschiede der Wellenlängen. Betrachtet man ein Beugungsspektrum, das man kurz genug wählt, um es vollständig im Gesichtsfelde zu haben, so scheint es aus nur drei Farben zusammengesetzt: Rot, Laubgrün und Ublau, obwohl es stetig ist. Die dazwischen liegenden Farben sind zwar vorhanden, aber so eng zusammengedrängt, dass man sie einzeln herausblenden muss, um sie überhaupt zu sehen.

Dies weist darauf hin, dass die Ordnung der Wellenlängen durchaus nicht mit der Ordnung der Farbtonempfindungen übereinstimmt. Untersucht man nach der Schwel lenmethode die Abstände der Farbtöne im Spektrum, welche gleichen Verschiedenheiten der Empfindung entsprechen, so findet man mannigfaltige Verhältnisse, wie dies zuerst von KÖNIG und DIETERICI in der oben erwähnten Arbeit²⁷ festgestellt wurde. Im Rot muss man ein längeres Stück vorschreiten, um eine erkennbare Farbtonverschiebung zu sehen. Im Kress werden die Abstände der Wellenlängen kleiner und im Gelb sind sie ganz klein geworden. Dann nehmen sie wieder zu und sind im Laubgrün so breit wie im Rot. Dann folgt wieder ein Gebiet schneller Änderungen im Seegrün und Eisblau und eines langsamer im Ublau. Im Veil rücken die Änderungen schon wieder etwas zusammen.

Es kann also nicht die Rede davon sein, die Einteilung des Farbtonkreises etwa nach Wellenlängen oder Schwingzahlen vorzunehmen, man käme in unerträgliche

²⁷ Vgl. Fussnote 14.

Widersprüche zu den Empfindungen. Für den, der in den homogenen Lichtern die Grundlage der Farbenlehre sieht, liegt von neuem ein unerklärter Widerspruch vor, denn von einem brauchbaren Farbtonkreis muss man verlangen, dass er psychologisch gleichabständig ist.

Die Beziehung zwischen dem psychologisch so wichtigen Farbtonkreis und den Farben des Spektrums sind im Bild 2 dargestellt. Der Kreis ist so geordnet, wie im Bild 1, S. 16; außen sind dazu die Wellenlängen eingetragen. Im Rot, Laubgrün und Ublau, wo der Farbton sich langsam mit der Wellenlänge ändert, drängen sich die zugehörigen Wellen eng zusammen; im Gelb und Eisblau, wo die Änderung im Spektrum schnell ist, ziehen sie sich weit auseinander.

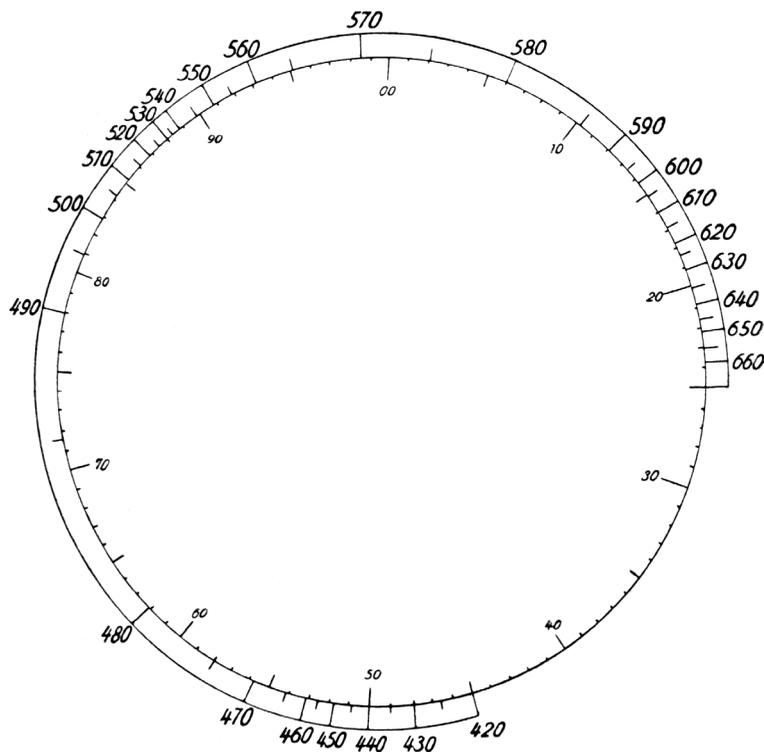


Bild 2: Wellenlängen im Farbtonkreis²⁸

Farbenhalbe

Alle diese Tatsachen stimmen negativ dahin zusammen, dass die homogenen Lichter sicher nicht als die psychologischen Elemente der Farbe anzusehen sind. Positiv folgt

²⁸ OSTWALD, Wilhelm: Die Farbenlehre : in fünf Büchern. Zweites Buch. Physikalische Farbenlehre. Leipzig : Unesma, 1919, S. 111.

daraus zunächst, dass somit *Lichtgemische* diese Funktion übernehmen müssen. Es ist nun die Frage zu beantworten: welche Gemische?

Wir behandeln zunächst das jetzt erwähnte ungelöste Problem der alten Lehre, weshalb die Gegenfarben sich zu weiß mischen lassen. Weiß besteht aus allen Lichtern, die im sichtbaren Gebiet vorhanden sind.

Damit zwei Farben bei der Mischung sicher und unfehlbar Weiß ergeben, müssen sie zusammen alle Lichter erhalten, jede von ihnen also die Hälfte aller Lichter, wobei eine genaue Bestimmung des Begriffs Hälfte vorbehalten bleibt.

Man kann die Aufgabe, zwei Farben zu mischen, von denen jede die Hälfte aller sichtbaren Lichter enthält, experimentell auf verschiedene Weise lösen. Technisch am einfachsten wenn auch nur angenähert, indem man doppelbrechende Kristallplatten wie Glimmer oder Gips mit Interferenzfarben zweiter Ordnung zwischen ein polarisierendes und ein doppelbrechendes Gerät (Nicol- und Wollaston-Prisma) nimmt und weißes Licht durchfallen lässt. Man sieht dann von einer passend angebrachten Lichtöffnung zwei gegenfarbige Bilder neben einander, die durch die Pracht und Reinheit ihrer Farben überraschen. Ähnliche Farben sieht man bei jeder Art der Häftung des weißen Lichts. Leitet man die Spaltung so, dass man die Größe der beiderseitigen Anteile beliebig verschieben kann, so erscheint im Allgemeinen die eine Mischfarbe hell und weißlich, die andere dunkel und schwärzlich. Doch gibt es einen ausgezeichneten Fall der Teilung, wo beide Farben gleichzeitig rein aussehen. Diesen Fall nennen wir die Häftung des weißen Lichts und gewinnen so die oben versprochene Definition. Jede solche Hälfte heißt ein *Farbenhalb* und es wird die Behauptung aufgestellt, dass die idealen Farben, welche nur die Farbtöne ohne alle Trübung aufweisen, durch solche Farbenhalbe gebildet werden. Wir nennen sie Vollfarben. Die Untersuchung wird ergeben, dass alle die oben dargelegten Schwierigkeiten der alten Lehre durch die Lehre vom Farbenhalb verschwinden.

Arten der Farbenhalbs

Zunächst verschaffen wir uns einen vollständigen Überblick über die Gruppe der möglichen Farbenhalbe. Für diesen Zweck ordnen wir die Farben des Spektrums so im Kreise, dass die Gegenfarben sich gegenüberliegen. Damit die hellste Farbe Gelb oben liegt, beginnen wir mit Rot im ersten Quadranten rechts und haben dann links Grün, unten Blau. Bild 2 zeigt diese Anordnung mit eingetragenen Wellenlängen. Die eigentümliche Zusammendrängung der Wellen im Kress (rechts oben), im Laubgrün (links oben) und im Ublau (unten), ist nicht willkürlich, sondern durch die Forderung erzwungen, dass die Gegenfarbenpaare an den Enden je eines Durchmesser und dass überall die Farbtöne psychologisch gleichabständig angeordnet sein sollen.

Man übersieht die möglichen Farbenhalbe am bequemsten, wenn man mit einer gerade abgeschnittenen durchsichtigen Platte die Hälfte des Kreises zudeckt und die Schnittlinie sich um den Mittelpunkt drehen lässt. Was unter der Platte liegt, sei fortgenommen, was frei liegt, die wirksam gebliebene Hälfte der Lichter.

Wird zunächst die untere Hälfte des Kreises zugedeckt, so bleiben wirksam alle Lichter, deren Wellen länger sind als 487 [nm], während alle kürzeren Wellen ausgelöscht sind. Wir haben schon oben gesehen, dass dies der experimentelle Befund bei allen Farben vom ersten Gelb ist.

Gelb liegt deshalb symmetrisch zu den beiden Enden dieses ersten Farbenhalses im obersten Punkt des Kreises.

Drehen wir die Platte im Gegensinn des Uhrzeigers weiter, so gerät rechts das äußerste Rot unter die verschluckten Lichter, während links eisblaue Lichter zutreten.

Die Farbe des Halbes, die immer im rechten Winkel zur Grenzgeraden steht, geht in Laubgrün über. Dieses wird beim Weiterdrehen immer blauer (Seegrün) und bei senkrechter Stellung der Grenzgeraden ist der Übergang von Seegrün in Eisblau für den resultierenden Farbton des Farbenhalses erreicht.

Hierbei ist die purpurne Lücke der Spektralfarben immer in dem ausgelöschten Farbenhals geblieben, hat also keinen Einfluss auf die wirksame Hälfte gehabt. Die Auslöschung hat dabei an beiden Enden des Spektrums stattgefunden, indem sie im Rot nach Gelb zunahm, im Blau und Veil sich verminderte. Dies geht so weiter bis zur Wellenlänge 565 [nm], welche die Gegenfarbe des letzten Veil 420 [nm] ist; der zugehörige Farbton ist ein grünliches Eisblau 484 [nm]. Drehen wir noch weiter, so beginnt die spektrale Lücke sich im tätigen Farbenhals geltend zu machen. Dieses ist nicht mehr durch zwei Gegenfarben begrenzt, weil die nun am anderen Ende vorhandenen grünen Lichter keine Gegenfarben im Spektrum haben. Die Lücke macht sich immer breiter geltend, bis die Grenzgerade wieder waagerecht liegt und nun die obere Hälfte des Kreises abgedeckt ist. Der Farbton des Farbenhalses ist das erste Ublau.

Drehen wir noch weiter, so tritt das erste rote Licht in das wirksame Farbenhals und dies besteht nun aus zwei Stücken von beiden Enden des Spektrums, zunächst

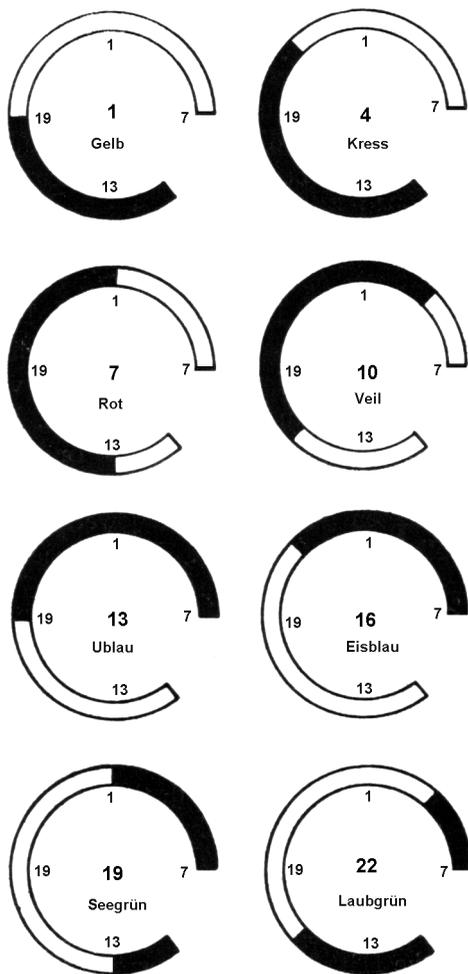


Bild 3: Farbenhals²⁹

²⁹ Abbildung nach: OSTWALD, Farbkunde, Fußnote 11, S. 124.

einem großen mit Blau und Veil und einem kleinen mit Rot. Das ist die Kombination, welche Veil gibt.

Weiteres Drehen verkleinert den blauen und vergrößert den roten Anteil: es entstehen die Purpurfarben, die immer röter werden, bis im beginnenden Kress das letzte Veil verschwindet. Das wirksame Licht der folgenden Farbenhälfte besteht dann nur noch aus langwelligen Lichtern, deren Mischung zunehmend gelber wird und bis endlich wieder die waagerechte Stellung der Grenzgeraden erreicht ist, von der wir ausgingen und die dem ersten Gelb entspricht.

Die Lösung des ersten Problems

Hier finden wir nun die Erklärung, wie aus der einsinnigen Ordnung der Wellenlängen die in sich zurücklaufende Ordnung der Farbtöne entsteht. Sie beruht in letzter Analyse darauf, dass sich innerhalb der Farben der homogenen Lichter die beschriebenen Gegenfarbenpaare vorfinden. Wie kommen aber diese hinein?

Sie entstehen eben durch die Häftung der Gesamtlichter des Weiß; dies war ja die Definition der Vollfarben. Mischt man zwei gegenfarbige Vollfarben, so muss definitionsgemäß wieder Weiß entstehen. Dies ist die Antwort auf die Frage, warum die Gegenfarben sich zu Weiß mischen.

Die Lösung des zweiten Problems

Aber die Farben der homogenen Lichter sind doch nicht Vollfarben! wird man hier mit Recht einwenden. Das ist richtig, und wir müssen daher den Übergang einer Vollfarbe in die „homogene“ Farbe untersuchen.

Geht man von einem Farbenhälfte aus, so kann man es an beiden Enden gleichzeitig so kürzen, dass der Farbton erhalten bleibt; die Farbe wird nur dunkler. Fährt man mit der Kürzung fort, so gelangt man schließlich zu einem schmalen Farbenband, das man dem homogenen Licht soweit annähern kann, wie man will. Alle diese Farben haben den gleichen Farbton, geben also mit der gleichen Gegenfarbe Weiß bzw. Grau; also hat auch das homogene Licht die gleiche Eigenschaft, was zu beweisen war.

Die gleiche Verschmälnerung kann auch mit der Gegenfarbe vorgenommen werden, so dass schließlich beiderseits beliebig homogene Farben gebildet werden, die sich immer noch gegenseitig aufheben. Das dabei entstehende Grau ist aber, wie weiter unten gesagt werden wird, im höchsten Grade „unvollkommen“, d. h. es wird durch die kleinsten Verschiebungen gestört. Daraus erklärt sich die oben erwähnte Schwierigkeit, homogene Gegenfarben sich neutralisieren zu lassen, die auch von späteren Beobachtern empfunden worden ist.

HELMHOLTZ hat hierfür zwei Gruppen von je drei Veränderlichen angegeben. Zunächst die Gruppe Farbton, Reinheit, Helligkeit. Unter Helligkeit verstand er ganz zweifellos die objektive Lichtstärke.³⁰

³⁰ Fußnote im Original: Für HELMHOLTZ war die Anwendung der spezifischen Helligkeit als Messhilfsmittel ganz ausgeschlossen, da er eine starke Abhängigkeit derselben von der absoluten Lichtstärke vertrat. (Vgl. z. B. *Physiol. Optik*, II, 168 die Bemerkung über Frauenhofers Messungen), wodurch sie sich für den Zweck der Messung unmöglich machte.

Da man aber damit nicht zum Ziel kommt, haben seine Nachfolger dafür die spezifische Helligkeit der Farbe eingeführt, der zufolge Gelb die hellste, Ublau die dunkelste Farbe ist.

Dieses Missverständnis eines Wortes hat die üble Folge gehabt, dass eine große Menge ergebnisloser Arbeit an jene unzweckmäßigsten aller Variabelndreier vergeudet worden ist. Viel eingehender hat er die zweite Gruppe behandelt, nämlich den Aufbau der Farbenwelt aus drei Grundfarben Rot, Ublau und Laubgrün. Er knüpfte an die von YOUNG³¹ zu Beginn des 19. Jahrhunderts aufgestellte Hypothese an, dass in der Netzhaut des Auges drei buntempfindlicher Nervenendigungen vorhanden seien, die auf jene Farben ansprechen. Verschieden starke Erregungen dieser drei Nerven sollen sich dann im Bewusstsein als verschiedene Farben abbilden.

Die nächstliegende und einfachste Annahme, dass diese Nerven nur für Lichter jener bestimmten Farben empfindlich seien, musste alsbald aufgegeben und durch die Annahme ersetzt werden, dass jede Nervenart durch alle Wellenlängen empfindlich ist, nur am stärksten für jene besonderen Lichter.

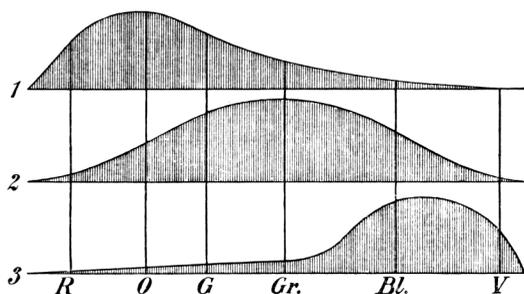


Bild 4: Verlauf der Farbempfindungen³²

Bild 4 gibt die Vorstellung wieder, welche sich HELMHOLTZ von dem Verlauf der Empfindlichkeiten gemacht hat.³³

³¹ Thomas YOUNG (1773-1829), engl. Naturwissenschaftler, 1801 Prof. für Naturphilosophie an der Royal Inst. London

YOUNG, Thomas: On the theory of light and colours. In: Phil. Trans. Roy. Soc. 12 (1802), S. 92; auch in: Lectures in natural philosophy 2 (1807), S. 613

³² Abbildung aus ebenda, S. 120

³³ „YOUNG nimmt an:

1. Es gibt im Auge drei Arten von Nervenfasern. Reizung der ersten erregt die Empfindung des Rot, Reizung der zweiten die des Grün, Reizung der dritten die Empfindung des Violett.

2. Objektives homogenes Licht erregt diese drei Arten von Fasern je nach seiner Wellenlänge in verschiedener Stärke. Die rotempfindenden Fasern werden am stärksten erregt von dem Lichte größter Wellenlänge, die grünempfindenden von dem Lichte mittlerer Wellenlänge, die violett empfindenden von dem Lichte kleinster Wellenlänge. Indessen ist dabei nicht ausgeschlossen, muss vielmehr zur Erklärung einer Reihe von Erscheinungen angenommen werden, dass jede Spektralfarbe alle Arten von Fasern erregt, aber die einen schwach, die andern stark. Denken wir in Fig. 21 [hier Bild 4] in horizontaler Richtung die Spektralfarben in ihrer natürlichen Reihenfolge aufgetragen, anfangend vom Rot R bis zum Violett V, so können die drei Kurven etwa die Erregungszu-

Mit dieser Annahme haben seitdem fast alle Farbforscher das Problem zu lösen versucht. Den Erfolg, oder vielmehr den Mangel an Erfolg kennzeichnet die Tatsache, dass inzwischen nicht einmal ein Versuch gemacht worden ist, auf dieser Grundlage eine reale Ordnung und Übersicht der Farben, einen „Farbatlas“ herzustellen.

Auch wo dieses Ziel ins Auge gefasst worden ist, wie bei der Amerikanischen und Englischen physikalischen Reichsanstalt, ist man in den allerersten Anfängen stecken geblieben und es lässt sich nicht absehen, wie die Hindernisse überwunden werden können, die sich hier alsbald aufgetan haben.

Primäre und sekundäre Veränderliche

Zur besseren Übersicht seien zunächst einige allgemeine Betrachtungen vorausgeschickt. Seien x y z drei Veränderliche einer Gruppe, von denen keine aus den beiden anderen abgeleitet werden kann, so kann bekanntlich die gleiche Gruppe durch jeden anderen Satz von Veränderlichen $f_1(x, y, z)$, $f_2(x, y, z)$, $f_3(x, y, z)$ dargestellt werden, wenn auch diese die Bedingung der Nichtableitbarkeit erfüllen. Mathematisch gesprochen sind alle diese Fälle gleichwertig, indem alle sich ineinander überführen lassen.

Für die wirkliche Arbeit sind sie aber keineswegs gleichwertig. Auch hier gibt es einen ausgezeichneten Fall (oder eine endliche Anzahl solcher), welche eine kürzere, einfachere und daher bessere Darstellung ermöglicht, als die anderen. Dieser Fall wird durch die Besonderheiten der darzustellenden Gruppe, hier ihre physikalischen und psychologischen Eigenschaften bedingt. Um anschaulich zu machen, denken wir an die Gruppe der geographischen Orte auf der Erdoberfläche. Wir könnten sie durch kartesische Koordinaten nebst der Gleichung der Kugelfläche ebenso mathematisch einwandfrei darstellen, wie durch das übliche System der Längen- und Breitengrade. Wir werden aber nicht daran denken, jenes System zu wählen, weil es in höchstem Maße unhandlich und unübersichtlich ist.

Nun ist in jüngster Zeit zur Rechtfertigung jenes unfruchtbaren Dreifarbensystems immer wieder gesagt worden, dass jeder Satz von drei unabhängigen Variablen für die Darstellung der Farbenwelt gleich gut sei. Daran ist nur soviel wahr, dass mit jedem solchen Satz die Darstellung möglich ist.

stände der drei Arten von Fasern darstellen, Nr. 1 die der rotempfindenden, Nr. 2 der grünempfindenden, Nr. 3 der violett empfindenden.

Das einfache Rot erregt stark die rotempfindenden, schwach die beiden andern Faserarten; Empfindung: rot.

Das einfache Gelb erregt mäßig stark die rot- und grünempfindenden, schwach die violette, Empfindung: gelb.

Das einfache Grün erregt stark die grünempfindenden, viel schwächer die beiden anderen Arten; Empfindung: grün.

Das einfache Blau erregt mäßig stark die grün- und violett empfindenden, schwach die roten; Empfindung: blau.

Das einfache Violett erregt stark die gleichnamigen, schwach die andern Fasern; Empfindung: violett.

Erregung aller Fasern von ziemlich gleicher Stärke gibt die Empfindung von Weiß und weißlichen Farben", vgl.: HELMHOLTZ, Hermann von: Handbuch der physiologischen Optik. Bd. 2. 3. Aufl. Hamburg ; Leipzig : Voss, 1911, S. 119-120.

Aber wenn er die Auswahl hat, greift ein wissenschaftlicher Arbeiter nicht nach irgend einem Werkzeug, etwa weil es bisher gebräuchlich war, sondern er fragt nach den Wertunterschieden für die Arbeit und wählt das Beste, nicht das Zufällige.

Die Unkenntnis der grundsätzlichen Verschiedenheit zwischen den Urvariablen der Farben und abgeleiteten musste so lange bestehen bleiben, als man jene Urvariablen oder ihre ausgezeichnete Beschaffenheit nicht kannte. Die unüberwindbaren Schwierigkeiten, auf die man beim Gebrauch der abgeleiteten Variablen stieß, wurden daher der Farbenlehre selbst zugeschrieben und die Überzeugung hiervon wurzelte so tief, dass der Nachweis der einfachen und durchsichtigen Verhältnisse, die sich beim Gebrauch der Urvariablen herausstellen, auf die im älteren Gedankenkreise Eingewöhnten den Eindruck machte, als sei der Farbenlehre etwas Wesentliches genommen.

Es soll zunächst nachgewiesen werden, dass die Dreifarbengruppe sicher nicht das Beste ist. Und zwar liegt ihr Fehler in ihrer Beziehung auf homogene Lichter.

Schon an früheren Stellen ist wiederholt gezeigt worden, wie sehr dieser Ausgangspunkt die Lösung der vorhandenen Probleme erschwert oder unmöglich macht, während durch den Begriff des Farbenhalbs, der das Gegenteil der homogenen Lichter ist, überall Einsicht und Klarheit erzielt werden konnte.

Die Wahl der homogenen Lichter zum Ausgangspunkt ist offenbar durch den Wunsch bewirkt worden, mit möglichst einfachen Begriffen zu arbeiten, nämlich mit solchen, bei denen die Variablen getrennt sind. Experimentell lässt sich die erfolgte Trennung dadurch erkennen, dass man jede Veränderliche einzeln durch ihr ganzes Gebiet führen kann, während die beiden anderen konstant bleiben. Dies ist bei der Gruppe Farbton, Weiß und Schwarz möglich; man kann bei konstantem Weiß- und Schwarzanteil den Farbton durch den ganzen Kreis führen, man kann bei konstantem Farbton und Weiß das Schwarz und bei konstantem Farbton und Schwarz das Weiß frei bewegen.

Auf den ersten Blick scheint eine gleiche Freiheit auch bei der Darstellung durch die drei Grundfarben nach YOUNG-HELMHOLTZ vorzuliegen, und HELMHOLTZ hat sie wohl auch aus diesem Grunde gewählt. Der Versuch der Anwendung aber hat ihn alsbald gezwungen, statt der einfachen Variablen r b g (Rot, Blau, Grün), Funktionen von der Gestalt $f_r(r, b, g)$, $f_b(r, b, g)$, $f_g(r, b, g)$ anzunehmen, indem er jeder der drei Nervenarten die Fähigkeit zuschrieb, alle drei Farben zu empfinden, nur in verschiedenem Maße. Dadurch wurde die erhoffte Einfachheit so gründlich zerstört, dass die entstandenen Schwierigkeiten bis auf den heutigen Tag nicht überwunden sind, und auch schwerlich überwunden werden können.

Es ist deshalb vom wissenschaftlichen Standpunkt aus unverständlich, wenn auch in neuester Zeit immer wieder behauptet wird, man könne eine Farbenlehre ebensogut auf der Dreifarbenhypothese errichten wie mittels anderer, den tatsächlichen Verhältnissen angepassten Variablen.

Helligkeit

Die drei Grundfarben sind nur dann wirkliche Variablen, wenn nicht durch eine Zusatzgleichung die Freiheit vermindert wird. Umgekehrt kann durch solch eine Gleichung (etwa $r + b + g = \text{const.}$) Raum für die Einfügung einer anderen Veränderlichen geschaffen werden. Als solche ist mehrfach die (spezifische) Helligkeit der Vollfarben gewählt worden, offenbar im Anschluss an die Benutzung des gleichen Wortes, wenn auch nicht des gleichen Begriffs bei HELMHOLTZ.

Um in diesem Sinne methodisch vorzugehen, sind an verschiedenen Stellen in weitem Umfange Messungen über die Verteilung der Helligkeit im Spektrum angestellt worden.

Der englische Forscher GUILD hat etwa 120 derartige Reihen zusammengestellt.³⁴ Das Ergebnis war niederschmetternd durch die Größe der individuellen Abweichungen. Bei sehr freigiebigen Zugeständnissen für die zugelassenen Abweichungen stellte sich heraus, dass noch nicht ein Viertel der untersuchten Personen als einigermaßen normal, d. h. mäßig abweichend vom allgemeinen Mittel angesehen werden konnten; die übrigen drei Viertel erschienen hoffnungslos abnorm.

Aus neuester Zeit liegt eine ähnliche Untersuchung von E. HASCHEK³⁵ vor, bei der 10 Personen nach gleichem Verfahren untersucht wurden, wo also die methodischen Fehler, soweit vorhanden, überall gleich waren. Bild 5 zeigt die Helligkeiten als Funktionen der Wellenlängen im Bogenlichtspektrum, wobei die hellste Stelle gleich 100 gesetzt wurde. Diese hellste Stelle schwankt zwischen den Wellenlängen 551 bis 574 [nm], d. h. vom ersten Laubgrün 22,8 bis zum ersten Gelb 1,2; der Verlauf der Kurven zeigt sehr große Abweichungen. Am roten Ende zwischen 685 und 670 [nm] sieht z. B. ein Beobachter die Farbe 400 mal heller, als ein anderer. Das ist die größte Abweichung; im günstigsten Gebiet beim Maximum beträgt sie 6 v. H.

Es liegt auf der Hand, dass ein Mittelwert aus solchen Einzelwerten keinen sachlichen Sinn hat. Auch die in solchen Fällen übliche Verweisung auf eine künftige Vermehrung des Materials gewährt keinen Trost, denn dadurch werden nur die äußersten Abweichungen noch größer werden. Den unvermeidlichen Schluss, dass die ganze Fragestellung verfehlt ist und umgebaut werden muss, hat man nicht zu ziehen gewagt.

³⁴ John GUILD (1889-...), Physiker.

GUILD, John: The Colorimetric Properties of the Spectrum. In: Phil. Trans. Roy. Soc. Ser. A 230 (1931), S. 149-187.

³⁵ Eduard HASCHEK (...-...), Physiker, in den 20er Jahren Dozent für Farbenlehre an der Akademie der bildenden Künste Wien.

HASCHEK, E.: Quantitative Beziehungen in der Farbenlehre. In: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 136 (1927), S. 461-468.

	Exner	Ortner	Frl. Reichenberg	Svoboda	S. Martina	König	Frl. Jankovic	Hochreiter	Bergles	Frl. Berger	$\frac{\max}{\min}^{36}$
	558	558	564	572	569	572	572	574	557	551	
685	3,4	4,0	3,7	16,1	3,7	7,4	1,5	0,1	3,1	3,4	160
670	7,4	10,0	8,5	24,6	8,5	13,3	4,6	0,3	5,4	9,1	82
660	11,2	14,5	14,4	33,4	15,5	20,1	9,6	1,1	9,0	14,0	30
650	16,6	20,3	22,5	43,0	22,2	29,2	16,4	2,8	14,7	20,0	15
640	24,2	26,5	33,7	52,5	30,9	42,0	26,6	6,8	22,2	28,5	7,7
630	32,7	34,4	47,7	61,7	43,6	55,4	40,1	15,0	32,9	43,6	4,1
620	44,7	43,0	63,0	72,3	56,5	67,0	55,5	31,4	51,0	55,5	2,3
610	57,3	54,0	77,0	81,0	70,2	77,0	72,0	51,6	66,6	63,6	1,6
600	70,8	65,0	86,1	89,0	82,6	83,6	85,2	72,6	78,1	70,4	1,37
590	83,0	76,0	92,3	94,9	91,9	93,6	93,7	91,4	85,4	75,8	1,25
580	93,2	87,0	96,5	98,8	97,6	98,8	97,6	98,0	91,0	81,2	1,21
570	98,6	95,0	99,4	99,8	99,6	100,0	99,7	98,5	95,4	88,5	1,13
558	100,0	100,0	98,7	95,1	95,6	94,2	87,8	84,4	99,6	99,9	1,18
550	99,0	97,5	92,7	88,3	88,2	82,0	77,6	66,7	97,9	99,6	1,49
540	93,8	89,0	82,9	77,8	76,4	63,4	59,5	44,2	94,5	91,4	2,14
530	81,7	77,5	67,0	62,4	60,2	41,5	42,7	26,3	88,5	82,6	3,36
520	61,2	61,0	49,3	45,1	43,6	25,3	27,8	14,2	78,8	69,7	5,55
510	39,0	42,0	29,6	30,3	28,2	13,8	16,2	6,9	69,6	51,6	10,0
500	23,4	28,5	15,0	17,5	16,5	9,3	8,1	3,3	42,4	34,9	12,8
490	14,2	23,6	8,4	9,1	10,8	8,0	4,5	2,0	28,8	29,0	14,5
480	11,4	19,6	5,7	5,6	9,4	7,7	3,0	1,7	22,7	23,7	14
470	8,5	16,0	4,4	3,3	7,6	5,9	2,1	1,5	19,0	17,4	13
460	6,0	12,0	3,0	2,2	6,4	4,3	1,4	1,1	13,7	13,4	12
450	4,9	9,0	2,0	1,6	6,3	2,6	0,8	1,0	11,4	-	14

Bild 5: Helligkeiten im Bogenlichtspektrum³⁷³⁶ Die letzte Spalte wurde von W. OSTWALD ergänzt.³⁷ aus: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 136 (1927), Nr. 7, S. 466.

Innere Kompensation

Prüfe ich nämlich die Erfahrungen, welche ich und die zahlreichen Beobachter, die nach meinen Methoden arbeiteten, bei den Messungen derselben Farben durch verschiedene Personen und mit verschiedenen Apparaten gemacht haben, so stellen sich ganz entgegen gesetzte Verhältnisse heraus. Bei den Messungen des Weiß- und Schwarzgehaltes haben sich überhaupt keine Andeutungen systematischer Abweichungen auffinden lassen, die von der Person des Beobachters abhängig gewesen wären. Bei der Messung des Farbtons wurde das gleiche festgestellt, mit einer Ausnahme. Während jüngere Beobachter bis zu 50 Jahren keine Abweichungen erkennen ließen, stellte ein 72-jähriger (ich selbst) die Gegenfarben Rot-Grün um etwa eine viertel bis halbe Stufe abweichend ein: offenbar eine Folge der Altersvergilbung der Sehgrube oder der Linse. Sogar ausgesprochene Gegner der neuen Lehre haben zugestanden, dass die Messungen nach meinem Verfahren überraschend gleich ausfallen.

Hierdurch wird bewiesen, dass jene hoffnungslos erscheinenden Abweichungen nicht das Farbsehen als solches betreffen, sondern durch besondere, nicht notwendige oder nicht richtige Problemstellungen verursacht worden sind. Es ist also eine hochwichtige Angelegenheit, die Quelle dieser Schwierigkeiten aufzudecken, um sie zu beseitigen.

Diese Quelle ist uns schon aus früheren Betrachtungen bekannt: sie liegt im Arbeiten mit „homogenen“ Lichtern.

Bei seinen Farbenforschungen, die ihn zur Bestätigung der linearen Beschaffenheit der Farbmischgleichungen (für additive Mischung) führten, hat J. C. MAXWELL³⁸ zuerst mit bunten Papieren und dem Farbkreisel gearbeitet und dabei festgestellt, dass verschiedene Beobachter, falls sie nur nicht farbenblind waren, fast identische Gleichungen fanden, dass sie m[it] a[nderen] W[orten] die Farben übereinstimmend sahen. Es waren dies die Farben von Papieren, die mit Zinnober, Schweinfurtergrün, Chromgelb und anderen möglichst farbklaren Pigmenten gestrichen waren. Solche ergeben bei der spektralen Untersuchung breite Remissions- und Schluckgebiete, ohne Spitzen oder Löcher.

Von dem Wunsch des Physikers in ihm geleitet, unter „spektralen“ Bedingungen, nämlich mit homogenen Lichtern seine Versuche zu wiederholen, hat er später ein Gerät erbaut (ein umgekehrtes Spektroskop), das diese Aufgabe in sinnreicher Weise zu liefern ermöglichte. Während das allgemeine Ergebnis, die lineare Beschaffenheit der Farbmischgleichungen, dasselbe blieb, zeigte sich im Unterschied darin, dass nunmehr zwischen den Beobachtern sehr auffällige persönliche Abweichungen beobachtet wurden, aus denen hervorging, dass jeder das Spektrum anders und individuell sah.

MAXWELL hatte nicht unternommen, die Ursache dieser Verschiedenheit aufzuklären. Fragen wir uns, was in beiden Versuchsweisen verschieden war, so ist die Antwort, dass bei den älteren breite Lichtgemische, annähernd Farbenhalbe, verwendet wurden, bei den neueren annähernd homogene Lichter. Der Schluss hieraus lautet: es

³⁸ James Clerk MAXWELL (1831-1879), 1856 Prof. für Physik an den Univ. Aberdeen und London, 1871 an der Univ. Cambridge.

MAXWELL, James Clerk: On the theory of compound colours of the spectrum. In: Proc. Roy. Soc. 10 (1869), S. 404 u. 484.

finden im menschlichen Auge Vorgänge statt, durch welche die bei homogenen Lichtern vorhandenen individuellen Unterschiede derart ausgeglichen werden, dass sie beim Sehen von Farbenhalben verschwinden. Vermutlich nicht vollständig, aber doch so weitgehend, dass die übrig bleibenden Abweichungen um eine ganze Ordnung kleiner sind.

Dieser Schluss wird durch Erfahrungen auf einem ganz anderen Gebiet bestätigt. Zur Ermittlung von Farbsinnanomalien benutzt man die Einstellung der so genannten RAYLEIGH³⁹-Gleichung, indem gemessen wird, welche Anteile Rot und Grün (Lithium- und Thalliumlicht) ein gewisses Gelb (Natriumlicht) ergeben. Hierbei hat sich herausgestellt, dass manche Menschen starke Abweichungen zeigen, welche die Körperfärbungen normal sehen. Es sind sehr mannigfaltige Untersuchungen über derartige „anomale Trichromaten“⁴⁰ angestellt worden. Dass für Verschiedenheiten beim Sehen homogener und gewöhnlicher „breiter“ Lichter mitwirken, ist anscheinend bisher nicht in Betracht gezogen worden, aber nach dem Gesagten fast sicher.

Die menschlichen Augen verhalten sich demgemäß so, dass die ziemlich beträchtlichen individuellen Verschiedenheiten bei der Empfindung homogener Lichter in weitestgehendem Maße bei der Betrachtung breiter Lichtgemische ausgeglichen werden, wie dies ja auch biologisch nahe liegt. Auf welche Weise dies erfolgt, ist noch unbekannt; die Aufklärung wird seinerzeit ein weitreichendes Licht über den Vorgang des Sehens verbreiten. Alsdann werden auch die zahlreichen Untersuchungen über das Verhalten des Auges zu homogenen Lichtern, deren Ergebnisse heute noch ein unentwirrbares Chaos bilden, wissenschaftlich verwertbar werden. Freilich wird ihre Bedeutung weit hinter die zurücktreten, die man ihnen heute noch zuschreiben zu müssen glaubt.

Messung der Farben

Von MAXWELL wurde vor 60 Jahren experimentell bewiesen, dass die Mischungsgleichungen beliebiger Farben linear oder ersten Grades sind.

Diese Erkenntnis ist die Grundlage alles Farbmessens.

MAXWELL zeigte, wie man ausgehend von drei willkürlich gewählten Farben (die voneinander unabhängig in solchem Sinne sind, dass man keine aus den beiden andern ermischen kann) alle anderen Farben nach Farbton und Reinheit messend auf sie beziehen kann.

Die Wahl der drei Ausgangsfarben blieb aber ganz willkürlich. Denn wie viel Mischungsgleichungen zwischen irgendwie gewählten Farben man auch experimentell herstellen mag, man erhält immer zwei Gleichungen weniger, als man Farben genommen hat.

³⁹ Lord John William RAYLEIGH (1842-1919), 1879 Prof. für Physik an der Univ. Cambridge
RAYLEIGH, John W.: Experiments on colour. In: Nature 25 (1882), S. 64. RAYLEIGH-Gleichung s. a. BOUMA, Fußnote 9.

⁴⁰ Anomale Trichromaten sind Personen mit angeborener Farbfehlsichtigkeit, die in der Unterempfindlichkeit für bestimmte Farben besteht, vgl. auch OSTWALD, Wilhelm: Die Farbenlehre : in fünf Büchern. Viertes Buch. Physiologische Farbenlehre / von H. Podestà. Leipzig : Unesma, 1922, S. 194-210.

Es ist also nicht möglich, auf diesem Wege eine Einzelfarbe durch nur von ihr abhängige Werte zu kennzeichnen. Vielmehr kann man unbegrenzt viele Farbsysteme je nach der Wahl der drei Grundfarben und ihrer gegenseitigen Aufstellung errichten, die auf einander durch lineare Transformation zurückführbar sind und unter denen sich ein ausgezeichneter Fall nicht erkennen lässt.

Auf diesem Standpunkt ist die Farbenlehre bis 1915 geblieben, d. h. bis in Farbton, Weiß- und Schwarzgehalt die Urvariablen der Farben entdeckt waren, worauf sich die Methoden zu ihrer unabhängigen Messung verhältnismäßig leicht ergaben. Diejenigen, welche sich dieser neuen Denkmittel nicht bedienen, bleiben auch heute noch zwangsläufig in jenem unvollkommenen Zustande, d. h. sie müssen von drei willkürlich gewählten Farben ausgehen.

Spektrophotometrie

Der Denkfehler, dass die physikalischen Elemente der Farben, die homogenen Lichter auch ihre psychologischen Elemente seien, macht sich auch in dem Gedanken geltend, dass man jede gegebene Farbe durch die Angabe kennzeichnen könne und müsse, wie groß die Schluckung oder Remission für jede Wellenlänge des sichtbaren Spektrums sei. Jeder, der mit einem solchen Spektrophotometer gearbeitet hat, musste erfahren, dass zwar das Durchmessen einer gegebenen Farbe ausführbar, wenn auch mühsam ist, dass aber eine Kennzeichnung der untersuchten Farbe durch die erhaltenen Zahlen, bzw. ihrer Schlucklinie nicht erreicht wird. Es gibt kein Mittel, aus den Ergebnissen der Analyse die Synthese eben dieser Farbe rechnerisch oder technisch auszuführen, und so bleibt die Aufgabe ungelöst.

Die Ursache liegt in der Grundtatsache, dass eine bestimmte Farbe durch unbegrenzt viele Wellenlängenmischungen erzeugt werden kann und dass die Wissenschaft noch weit davon entfernt ist, angeben zu können, welches die Bedingungen hierfür sind. Der Mannigfaltigkeit 00^∞ , welche die möglichen Wellenlängenkombinationen kennzeichnet, steht die Mannigfaltigkeit 00^3 der Farben gegenüber (wenn wir beiderseits von der Einschränkung der Unterschiedschwelle absehen), und man kennt den Weg noch nicht, die eine auf die andere zurückzuführen.

Der Weg dazu ist 1918 in meiner Physikalischen Farbenlehre (S. 237)⁴¹ gezeigt worden. Doch war und bin ich nicht in der Lage, die zugehörigen experimentellen Arbeiten auszuführen, durch die er für jedermann gangbar würde. Er besteht in der Aus- und Durcharbeitung des Begriffs des reduzierten Spektrums.

Denkt man sich alle Spektren mit den zugehörigen Schlucklinien aufgezeichnet, die zu allen Farben gleichen Aussehens gehören, so darf man in dieser Unendlichkeit eine endliche und kleine Anzahl ausgezeichneter Fälle erwarten, mit deren Hilfe man die zugehörigen Gesetze leichter wird aussprechen können, als aus jener Unendlichkeit. Die Untersuchung ergibt drei ausgezeichnete Fälle, von denen sich wie zu erwarten, einer als der beste, die beiden anderen als die schlechtesten in methodischer Hinsicht erweisen.

Der gute ausgezeichnete Fall oder das ideale Spektrum liegt vor, wenn die drei Elemente der Farbe: Vollfarbe, Weiß und Schwarz sich unmittelbar darstellen (Bild

⁴¹ OSTWALD, Wilhelm: Die Farbenlehre : in fünf Büchern. Zweites Buch. Physikalische Farbenlehre. Leipzig : Unesma, 1919. - XII, 259 S.

6). Im Schwarz geht die Schluckung $a e f d$ durch das ganze Spektrum $a b c d$, in der Vollfarbe $g h i k$ geht sie durch das halbe und im Weiß $l b c m$ ist das ganze Spektrum frei. Somit wird die Vollfarbe durch die Höhe $e l$, Weiß durch $l b$ und Schwarz durch $a e$ gemessen. Umgekehrt braucht man nur diese Höhen (zwei von ihnen genügen) in das Rechteck $a b c d$ einzutragen, um für eine Farbe, deren Kennzahl gegeben ist, alsbald das ideale Spektrum zu zeichnen.

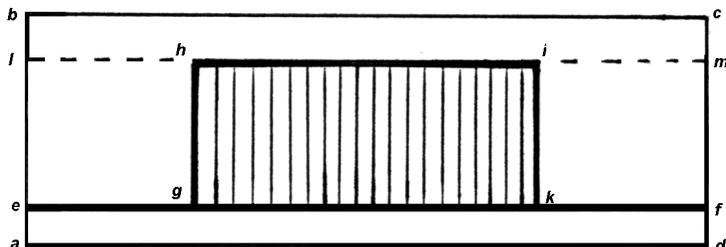


Bild 6: Teilweise Schluckung

Die begrenzenden Wellenlängen ergeben sich aus dem Farbton mit Hilfe von Bild 2, S. 21 oder aus einer entsprechenden Tabelle.⁴²

Die Zeichnung gilt für den Fall, dass das Schluckgebiet geschlossen ist, also für Rot und Veil. Die anderen Fälle ergeben sich ebenso einfach aus den jeweiligen Grenzen der Farbenhalbe.

Als eine andere Art der Vereinfachung des Spektrums ist vorgeschlagen worden, dass man das Schluckgebiet vollständig, also die ganze Höhe des Spektrumbildes einnehmend macht und es so schmal und breit nimmt, wie es die Zusammensetzung der Farbe erfordert.

Prüft man das Ergebnis eines solchen Verfahrens, so findet man, dass man auf solche Weise keineswegs alle Farben erreichen kann, sondern nur hell- oder dunkelklare mit den Bestandteilen Vollfarbe + Weiß oder Vollfarbe + Schwarz. Dies ergibt sich schon daraus, dass man bei der Festlegung der beiden Grenzen zwischen vollkommener Schluckung und vollkommenem Durchlass nur über zwei Veränderliche verfügt, also den dreifaltigen Farbkörper überhaupt nicht ausfüllen kann. Man muss noch ein Mittel zu Hilfe nehmen, Schwarz oder Weiß in gemessenem Betrage zuzufügen.

Ist nämlich das Schluckgebiet schmalere als ein Farbenhalb, so bedeutet dies, dass aus dem Gesamtweiß nur ein Teil herausgenommen ist, dessen gegenfarbiges Gebiet den Buntanteil ergibt, während alles übrige Licht sich zu Weiß mischt.

Ist das Schluckgebiet breitere, so bedeutet es, dass zum Schwarz, das der gesamten Schluckung entspricht, die durchgelassenen Lichter sich als gegenfarbiger Buntanteil mischen.

Dazwischen liegt der Grenzfall der Vollfarbe. Im ersten Falle besteht keine Möglichkeit, dass gleichzeitig ein Anteil Schwarz zugegen wäre; im zweiten Falle besteht

⁴² Ebenda, 2. Aufl. 1923, S. 110, Tabelle für den 100-teiligen Farbtonkreis.

der gleiche Mangel für Weiß. Man kann also auf diese Weise nur die Oberfläche des Farbkörpers erreichen, nicht aber in das Innere dringen.

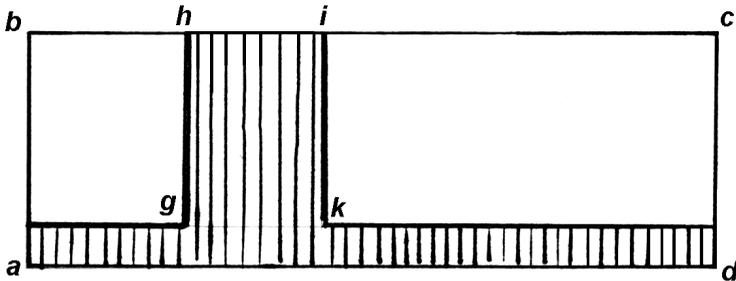


Bild 7: Ergänztes Schluckgebiet (Schwarz)

Es ist also nötig, das Verfahren dahin zu ergänzen, dass man im ersten Falle, nach Bedarf Schwarz, im zweiten Weiß zufügt. Das erste geschieht, indem man zu dem senkrechten Schluckstreifen noch einen waagerechten fügt, von der Höhe, die dem Schwarzgehalt entspricht, Bild 7. Im zweiten Falle muss das Weiß durch Verkürzung senkrecht des Schluckgebiets hergestellt werden, Bild 8.

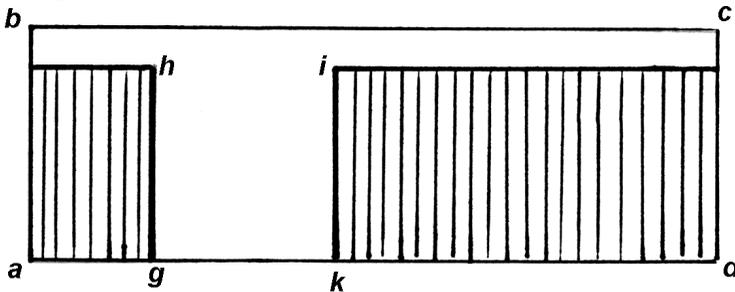
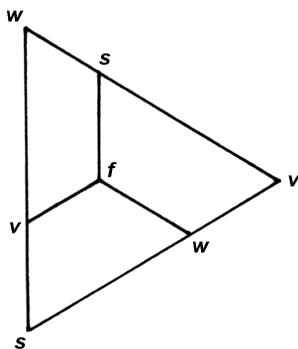


Bild 8: Verkürztes Schluckgebiet (Weiß)



Im farbtongleichen Dreieck stellen sich diese Dinge folgendermaßen dar. Ist f der Punkt, der die gegebene Farbe bedeutet, so messen die Strecken fv , fw , fs die Anteile Vollfarbe, Weiß, Schwarz, ergeben also unmittelbar die drei Höhen im Bild 9. Dies ist der gute Fall.

Im ersten schlechten Fall muss man zunächst die hellklare Farbe h einstellen, deren Punkt man findet, wenn man die Gerade sf sieht. Dann ist hW der Anteil Vollfarbe, hV der Anteil Weiß darin. Diese hellklare Farbe muss nun durch den Zusatz von Schwarz verdunkelt werden, bis sie nach f gelangt ist (Bild 10).

Bild 9: Farbtongleiches Drei-

Eine einfache Konstruktion des Spektrums lässt sich hieraus nicht entnehmen.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse im anderen schlechten Fall. Man muss die dunkelklare Farbe d erzeugen und sie durch Zusatz von Weiß in den angestrebten Punkt f führen (Bild 10).

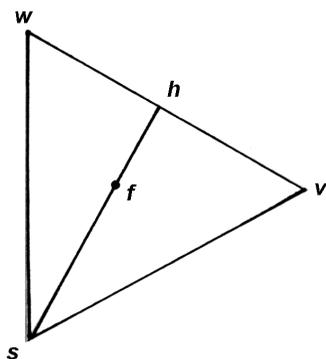
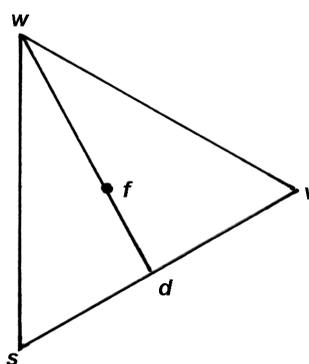


Bild 10: Farbtongleiche Dreiecke
10a) Einstellung des Farbpunktes
von hellklarer Farbe ausgehend



10b) Einstellung des Farbpunktes
von dunkelklarer Farbe ausgehend

Grau

Ein Grau, in welchem sämtliche Lichter nach gleichem Verhältnis vermindert sind, habe ich ein vollkommenes Grau genannt. Es verdient diesen Namen, weil es immer grau aussieht, auch wenn die Zusammensetzung der allgemeinen Beleuchtung weitgehend wechselt, wie z. B. beim Übergang vom Tageslicht zum Lampenlicht. Denn wie es auch zusammengesetzt sein mag: jedes vorhandene Licht wird im gleichen Verhältnis getrübt; es gelangt nie eines der Lichter unverhältnismäßig in den Vordergrund oder in den Rückstand.

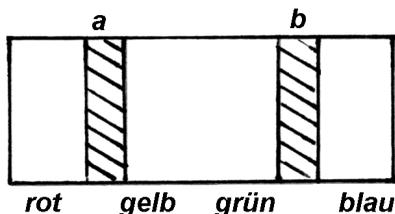


Bild 11: Unvollkommenes Grau mit zwei
Schluckgebieten

Ein Grau von entgegen gesetzten Eigenschaften entsteht, wenn man zwei Streifen gegenfarbiger Lichter aus dem Weiß herausnimmt, und die übrigen unbeeinflusst lässt. Geschieht dies in gleichwertigem Betrage, so ist die entstehende Farbe wieder ein neutrales Grau; es ist aber im Gegensatz zum vollkommenen Grau höchst empfindlich gegen Änderungen der Beleuchtung und erscheint bunt schon bei sonst unmerklichen Verschiebungen in der

Zusammensetzung des allgemeinen Lichts.

Es sei Bild 11, ein solches unvollkommenes Grau durch die Schluckstreifen *a* und *b* im Rot und See grün zustande gebracht worden. Ändert sich dann die Beleuchtung etwa so, dass die innerhalb *a* liegenden Lichter stärker werden, so sehen alle Gegenstände etwas röter aus, was man nicht bemerkt, weil die Änderung allgemein ist. Nur dieses Grau bleibt objektiv unverändert, weil die Änderung in das Schluckgebiet fällt, also unwirksam gemacht wird. Die Folge ist, dass das Grau grün erscheint, weil es auf die röter gewordene Umgebung bezogen wird.

Ähnliche Verhältnisse entstehen, wenn man ein unvollkommenes Grau durch drei hinreichend entfernte Schluckgebiete erzeugt, Bild 12.

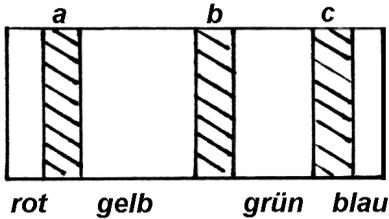


Bild 12: Unvollkommenes Grau mit drei Schluckgebieten

Man kann sie immer so gegeneinander abstimmen, dass kein Farbton vorwiegt, also ein neutrales Grau erscheint. Dies Gleichgewicht verschwindet aber sofort, falls die allgemeine Beleuchtung sich ändert, und das Grau erscheint nach der Seite bunt, wo die Änderung durch ein Schluckgebiet unwirksam gemacht wird.

Wenn das unvollkommene Grau eine etwas größere Fläche bedeckt, so kann man es auch unmittelbar erkennen. Die Sehgrube in der Netzhaut des Auges enthält bekanntlich einen gelben bis kressen Farbstoff, der in der Umgebung fehlt. Dieser wirkt wie eine örtliche Änderung der Beleuchtung und deshalb sieht man im Fixierungspunkt auf unvollkommenem Grau einen rötlichen Fleck, der mit der Blickrichtung wandert. Die Verfärbung ist so stark, dass man leicht ein negatives Nachbild erzeugen kann, in welchem der Fleck schön eisblau bis see grün aussieht. Hierdurch wird eine eigentümliche Schwierigkeit bei der Betrachtung und Beurteilung solcher grauer Farben hervorgerufen, die den Färbern wohl bekannt ist, wenn sie auch von der Ursache nichts wissen.

Viele Farben zeigen die gleiche Erscheinung auch ohne dass sie unvollkommenes Grau enthalten, weil ihr Licht aus langwelligem Rot und kurzwelligem Veil und Ublau besteht, von denen nur das kurzwellige durch den Farbstoff der Sehgrube verschluckt wird. Der Fleck wird umso deutlicher, je lichtstärker das Veil ist; man sieht ihn daher am deutlichsten, wenn man durch eine ebenwandige Schicht einer Lösung von Methylviolett gegen den hellen Himmel sieht. Augenbewegungen erleichtern seine Auffindung; hat man ihn einmal kennen gelernt, so sieht man ihn leicht wieder.

Die Abhängigkeit grauer Farben von der Beleuchtung, wenn auch nicht ihre Erklärung ist den Färbern von Webstoffen wohl bekannt. Seit der Mitte des 18. Jahrhunderts ist es üblich, sich beim Färben tunlichst nur dreier Farbstoffe zu bedienen, eines gelben, roten und blauen, um durch Mischung trübe Buntfarben, so genannte Modfarben zu erzeugen. Auch Grau wurde so hergestellt, und solche Graufarben brachten die Färber zur Verzweflung durch ihr verschiedenes Aussehen am Tag und Abend. Wenn man noch so getreu nach Muster eingestellt hatte: es stimmte nur für die augenblickliche Beleuchtung, und war bei anderer hoffnungslos verschieden. Am meisten, wenn ein Vergleichsgrau durch Mischen von Schwarz und Weiß hergestellt, also ein vollkommenes Grau war.

Die Abhilfe dagegen liegt auf der Hand. Das Grau wird umso unvollkommener sein, je reinere Farben die drei verwendeten Farbstoffe haben, denn dann wird die Schlucklinie den ausgeprägtesten Buckel zeigen. Da es neutralgraue, einheitliche Farbstoffe kaum gibt, so wird man die beste Annäherung an das Ideal erreichen, wenn man blauschwarze und braunschwarze in passendem Verhältnis mischt und sie so wählt, dass ein möglichst glatter Verlauf der Schlucklinie erreicht wird.

Was hier für graue Farben dargelegt wurde, gilt auch für alle trüben Farben, die sich ja aus Vollfarbe und Grau ermischen lassen. Auch hier wird man die Trübung nicht wie gebräuchlich durch Zusatz der Gegenfarbe bewirken, weil dieser Weg von allen denkbaren der schlechteste ist, sondern durch Zusatz von Neutralgrau, einheitlichem oder gemischtem je nach den verfügbaren Farbstoffen.

Das Fechnersche Gesetz

Zu den ersten Erscheinungen, an denen FECHNER⁴³ die Gültigkeit⁴⁴ seines von WEBER⁴⁵ übernommenen Gesetzes⁴⁶ nachwies, gehören die optischen. Schon die Tatsache, dass man auf Bildern mit zarten Einzelheiten diese mit gleicher Deutlichkeit erkennt, wenn auch die Beleuchtung in sehr weiten Grenzen sich ändert, beweist, dass die Unterschiedschwelle den *Verhältnissen*, nicht etwa den Differenzen der Lichtstärken proportional ist. Denn das Gesetz der Remission besagt, dass eine gegebene Fläche von dem auffallenden Licht stets denselben Bruchteil zurückwirft, unabhängig von der Lichtstärke.

Dies gilt zunächst für reine Helligkeiten, d. h. unbunte Farben. Dass es auch in bestimmtem Sinne für bunte gelten muss, geht daraus hervor, dass die gleiche weitgehende Unabhängigkeit der Deutlichkeit von der absoluten Lichtstärke sich an bunten Bildern beobachten lässt.

Doch ergibt sich hieraus zunächst nur die Gültigkeit des FECHNERSchen Gesetzes für die Abwandlung der Buntfarben nach Schattenreihen, denn in solchen bewegen sich die Farben bei Änderung der Lichtstärke der Beleuchtung. Ich habe mich überzeugt, dass auch innerhalb der Reihen der Weiß- und Schwarzgleichen das FECHNERSche Gesetz in Geltung bleibt, wie zu erwarten war.

Nur übernimmt die Vollfarbe bei den Weißgleichen die Rolle des Weiß, bei den Schwarzgleichen die des Schwarz.

Weiß und Schwarz

Während bei der analytischen Behandlung der Farbenlehre Weiß und Schwarz sich symmetrisch verhalten, betätigen sie sich zufolge des FECHNERSchen Gesetzes ganz

⁴³ Gustav Theodor FECHNER (1801-1887), 1831 a.o. Prof. für Philosophie und seit 1834 o. Prof. für Physik an der Univ. Leipzig, Mitbegründer der experimentellen Psychologie.

⁴⁴ Im Manuskript: Giltigkeit, wurde auch im Folgenden durch Gültigkeit ersetzt.

⁴⁵ Ernst Heinrich WEBER (1795-1878), 1821 Prof. für Anatomie, ab 1840 auch Prof. für Physiologie an der Univ. Leipzig.

⁴⁶ Das Gesetz wurde von WEBER ausgesprochen und von FECHNER entwickelt. Es sagt aus, dass die Reize in geometrischer Reihe abgestuft werden müssen, damit sie in arithmetischer Reihe, also gleichabständig empfunden werden. Die Empfindungen verhalten sich wie die Logarithmen der Reize, vgl. auch RISTENPART, Fußnote 20, S. 10.

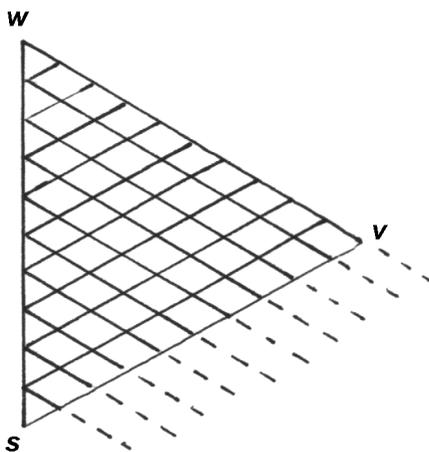
verschieden in psychologischer Hinsicht. Hier wirkt Weiß als Reiz, Schwarz dagegen als Hintergrund, auf dem der Reiz sich entwickelt. Daher muss der Weißgehalt nach konstantem Verhältnis (in einer geometrischen Reihe) abnehmen, damit gleichabständige unbunte Stufen entstehen; Schwarz hat diese Werte zu Eins zu ergänzen. Eine unmittelbare Folge davon ist, dass am weißen Ende der Reihe große Mengen Schwarz nötig sind, um sichtbare Änderungen der Farbe zu bewirken, während am schwarzen Ende sehr kleine Mengen Weiß hierfür genügen.

Da der Logarithmus von Null - ∞ ist, so wäre die Anzahl endlicher Stufen bis zum reinen Schwarz, wo der Reiz Weiß den Nullwert annimmt, unendlich groß, wenn nicht hier die Tatsache der Schwelle Endlichkeit hineinbrächte. Die Schwelle ist aber von der absoluten Beleuchtung abhängig, so dass sie durch deren Steigerung weitgehend nach unten verschoben werden kann. Daher ist am schwarzen Ende die Erstarbung einer gleichstufigen Leiter wenn auch nicht unendlich, so doch unbestimmt weit und sie hat dort keinen definierbaren Abschluss, während der Anfang am weißen Ende vollkommen bestimmt ist.

Diese Verhältnisse sind von maßgebender Bedeutung für die Gestaltung einer brauchbaren, wissenschaftlichen Farbenlehre. Während die Mischungsgesetze von den analytischen Werten der Farben abhängen, werden die psychologischen Farbensetze durch deren Logarithmen bestimmt. Es muss daher dafür gesorgt werden, dass man leicht von dem analytischen Farbkörper zum logarithmischen übergehen kann, weil nur dieser die tatsächlich empfundenen Verhältnisse unmittelbar veranschaulicht.

In der auf Vollfarbe, Weiß und Schwarz beruhenden Farbordnung ist dies vollständig geleistet, wie alsbald im Einzelnen aufgewiesen werden soll. Keine der anderen Farbordnungen hat diese Aufgabe bisher in das Auge gefasst, geschweige denn gelöst.

Das logarithmische farbtongleiche Dreieck



Die Logarithmisierung des Farbkörpers⁴⁷ beginnt naturgemäß bei der unbunten Reihe, und zwar vom Weiß aus, dessen Logarithmus Null ist. Die Graustufen mit den Weißgehalten 0,1; 0,01; 0,001 usw. sind dann gleichabständig nach unten abzutragen, weil sie psychologisch gleichen Stufen mit den Logarithmen -1, -2, -3 usw. entsprechen. Da Schwarz mit 0,01 Weiß schon etwas schwierig herzustellen ist, so schaltet man 10 Zwischenstufen mit den Logarithmen -0,1; -0,2; -0,3; ... -1,1; -1,2; -1,3 ... -2,1; -2,2; -2,3 ... usw. ein, um die stetige Reihe mit einer handlichen

Bild 13: Das logarithmische farbtongleiche Dreieck
Vgl. dazu OSTWALD, FN 19, S. 81 ff.

Skala zu versehen.

Hiermit ist auch schon die Logarithmisierung des farbtongleichen Dreiecks festgelegt. Sei W der Weißpunkt der unbunten Reihe und des Dreiecks, so rückt der Schwarzpunkt S nach unten und der Vollfarbepunkt V seitlich in die Unendlichkeit. Die Abteilungen auf der unbunten Linie WS deuten die oben gekennzeichneten psychologisch gleichabständigen Stufen an. Von diesen Punkten werden Parallelen zu den beiden anderen Dreieckseiten gezogen (von denen SV im Unendlichen liegt) wodurch wie im analytischen Dreieck die Weiß- und die Schwarzgleichen gekennzeichnet werden; (Bild 13) insofern besteht eine Übereinstimmung mit dem analytischen Dreieck. Parallel zur Seite WS liegen aber nicht mehr die analytischen Reingleichen. Sondern es liegen dort jene Farben, die im analytischen Dreieck durch Gerade nach dem Punkt S gekennzeichnet waren. Denn weil S ins Unendliche abgerückt ist, sind die nach S laufenden Linien Parallelle zu WS geworden.

Was ist nun der Zusammenhang der auf einer solchen Linie wie aS liegenden Farben im analytischen Dreieck? Ziehen wir von einem ihrer Punkte die Parallelen zu den Seiten SV und WS , so bedeuten ad , be , cf die Anteile Vollfarbe, ag , bh , ci die Anteile Weiß der Faben a , b , c , so dass überall die beiden Anteile in gleichem Verhältnis stehen, während ihre Gesamtmenge von Eins in a bis Null in S abnimmt. (Bild 14) Dies ist das Kennzeichen der *Schattenreihe* (S. 37). Die Farben der Schattenreihe werden aber als solche gleicher Reinheit empfunden, weil sie aus ein und derselben Farbe durch bloße Beschattung entstehen. Sie sind mit anderen Worten die psychologischen Reingleichen.

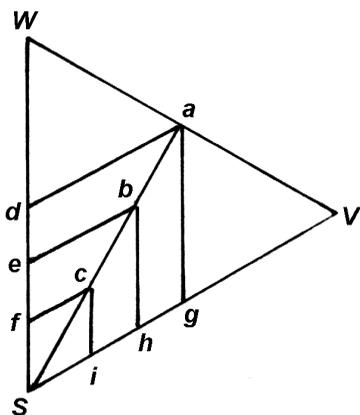


Bild 14: Farbbeziehungen im analytischen Dreieck

Während also im analytischen Dreieck die analytischen Reingleichen der Seite WS parallel verlaufen, tun es im logarithmischen Dreieck die psychologischen. Daher ist auch der Name psychologisches Dreieck für das logarithmische wohl berechtigt.

Denn die analytischen Reingleichen sehen keineswegs reingleich aus, sondern scheinen umso reiner, je mehr in ihnen Weiß durch Schwarz ersetzt wird, je tiefer also der Punkt im analytischen Dreieck auf der Parallelen zu SW liegt.

Denn wie mehrfach erwähnt: Weiß unterdrückt das bunte Aussehen unverhältnismäßig viel mehr als Schwarz. Eine hellklare Farbe mit 0,1 Vollfarbe und 0,9 Weiß sieht rein weiß aus; bei 0,2 Vollfarbe lässt sich der Farbton kaum oder gar nicht erkennen und erst von

0,25 Vollfarbe ab kann der Farbton einigermaßen gesehen werden.

Auf der anderen Seite genügt schon 0,01 Vollfarbe neben 0,99 Schwarz, um den kräftigen Eindruck einer reichen und tiefen Buntfarbe zu bewirken. Es ist dies eine Folge der Geltung des FECHNERSchen Gesetzes auch in den hell- und dunkelklaren Reihen.

Durch die S. 38 angegebene Konstruktion ist die logarithmische Einteilung der hellklaren Reihe im psychologischen Dreieck selbsttätig erfolgt. Ebenso die aller Weiß- und Schwarzgleichen. Dadurch bewirkt ein derartiges ausgeführtes Dreieck einen allseitig gesetzmäßigen Eindruck, der sich bei jedem Beschauer alsbald als ein starker schönheitlicher Reiz geltend macht.

Das logarithmische Dreieck unterscheidet sich somit vom analytischen hauptsächlich dadurch, dass es sich nach der Seite *SV* theoretisch ins Unendliche erstreckt und daher praktisch ungeschlossen ist. Dies ist ein Ausdruck der Tatsache, dass Schwarz und Vollfarbe Ideale sind, denen sich die Wirklichkeit zunehmend annähern kann, die sie aber nie erreichen kann.

Nachwort

Eine wissenschaftliche Arbeit, die sich vorwiegend in der Gestaltung, Abgrenzung und Wechselwirkung von *Begriffen* bewegt, wird von jeher Philosophie genannt. Wiewohl zugegeben werden soll, dass eine vollendete Wissenschaft diese Begriffsbildung vollständig in sich aufgenommen hat und gegebenenfalls darlegt, so besteht doch umgekehrt dort, wo die Vollendung noch nicht erreicht ist, vielfach eine (zu überwindende) Trennung der begrifflichen und der experimentellen Arbeit. Ganz besonders trifft dies bei der Farblehre zu, deren niedere Entwicklungsstufe dadurch gekennzeichnet ist, dass sie eben erst den Übergang von einer qualitativen zu einer quantitativen Wissenschaft vollzieht.⁴⁸

⁴⁸ Nachwort von Grete OSTWALD.

Briefunterricht zur Farben- und Formenlehre

Zwölf Lehrbriefe

Einführung

Der gebräuchliche Schulunterricht in Klassen hat zwar den Vorzug, dass der Schüler beständig in persönlicher Berührung mit dem Lehrer steht und so dessen unmittelbare Beeinflussung erfährt, die so sehr zur Wirksamkeit des Unterrichts beiträgt. Er hat aber den Nachteil, dass alle Schüler der Klasse gezwungen werden, den Lehrstoff in der gleichen Zeit, der Unterrichtsstunde, aufzunehmen, obwohl ihre geistige Reaktionsgeschwindigkeit sehr verschieden ist. Hierdurch leiden am meisten die wertvollen Sonderbegabungen, die Gründlichen und die Genialen. Für die ersten geht der Unterricht zu schnell, weil ihnen bei jedem Schritt hundert Fragen aufsteigen, über die sie in Ruhe nachdenken möchten, während doch der Lehrer bereits zu neuen Dingen übergeht. Für die anderen ist der Fortgang zu langsam, denn ihr geschwinder Geist hat längst die folgenden Schritte zurückgelegt, die der Lehrer aus Rücksicht auf die Mehrzahl langsam entwickeln muss.

Ein idealer Unterricht müsste also den Lehrgang so individualisieren, dass jedem Schüler ermöglicht wird, mit der seiner besonderen Beanlagung entsprechenden Geschwindigkeit vorzugehen, und dass ihm dabei die Sicherheit wird, das Vorangegangene, das für die Weiterarbeit vorausgesetzt wird, richtig und fehlerfrei aufgenommen zu haben.

Am nächsten kommt diesem Ideal der wissenschaftliche Laboratoriumsunterricht, wie er an den Universitäten, den technischen Hochschulen und ähnlichen Lehranstalten geübt wird. Doch ist er kostspielig, nur Auserlesenen zugänglich und anspruchsvoll bezüglich der Zeit.

Frei von diesen Beschränkungen ist der *Briefunterricht*, der seine Vorteile freilich mit dem Fortfall der unmittelbaren Berührung zwischen Lehrer und Schüler erkaufen muss. Er besteht bekanntlich darin, dass der Schüler den Lehrstoff in wohl bemessenen, logisch aufgereihten Teilen in Gestalt von *Lehrheften* empfängt, die er gemäß seiner Begabung und seiner verfügbaren Zeit durcharbeitet. Dass er sich den Inhalt richtig und wirksam angeeignet hat, prüft er, indem er die in jedem Lehrheft enthaltenen *Aufgaben* löst und die Lösungen zur Beurteilung an die Lehrstelle einsendet. Von dieser empfängt er sie binnen einer Woche mit der Kritik des Lehrers zurück, wonach er je nach deren Ausfall die Arbeit wiederholt, oder zum Studium des gleichzeitig erhaltenen nächsten Lehrheftes übergeht.

Die Lehrhefte bleiben im Besitz des Schülers und stellen für ihn ein an Wert beständig wachsendes geistiges Kapital dar. Denn wenn er auch die vorgetragenen Ge-

setze richtig verstanden hat, so kann ihm doch deren Bedeutung erst langsam aufgehen in dem Masse, wie er durch das fortgeführte Studium seinen Gesichtskreis erweitert und die Gesetze durch praktische Anwendungen sich zum geistigen Eigentum macht.

Was der Student durch Nachschreiben der Vorlesung nur unvollkommen erzielt, nämlich die Lehre schwarz auf weiß zu besitzen, ist durch die Lehrhefte in vollkommener Gestalt erreicht.

Nachdem Wilhelm OSTWALD in dem Grundsatz *Gesetzlichkeit ergibt Harmonie* den Schlüssel für die bis dahin vergeblich gesuchte Harmonielehre der Farben gefunden hatte, sah er sich bald genötigt, den gleichen Grundsatz auf die Formen anzuwenden und eine entsprechende Lehre von der *Harmonie der Formen* zu entwickeln. Auch hierüber hat er ein Buch geschrieben. Da aber der Gedanke, die Schönheit der Formen gesetzlich zu erfassen, der Zeit noch ferner lag, als der der Farbenharmonie, so haben nur Wenige den Mut gefunden, die von ihm entdeckten Mittel, schöne Formen in unbegrenzter Mannigfaltigkeit zu erzeugen, praktisch anzuwenden. Wo es geschehen ist, hat man alsbald erkannt, dass hier tatsächlich eine unerschöpflich reich fließende Quelle schöner Formen aufgedeckt worden ist. Sie sind zum gerößten Teil neu, denn die gesamte Kunst aller Zeiten und Völker hat durch die freie Fantasie der Künstler nur einen ganz geringen Bruchteil von dem zutage fördern können, was die Wissenschaft jedem ernstlich Arbeitenden unmittelbar darbietet. Hierbei wird, wie alsbald betont werden soll, die freischaffende Fantasie nicht etwa gefesselt, sondern sie wird recht eigentlich befreit, da sie sich nunmehr von ihren Flügeln über die ganze Welt des Möglichen tragen lassen kann, statt wie bisher auf die engen Winkel des Zufälligen beschränkt zu bleiben.

Die Harmoniegesetze der Formen beruhen auf ganz elementaren geometrischen Vorgängen, wie Schiebung, Drehung und Spiegelung und ihr Verständnis ist daher jedem Volksschüler zugänglich. Nach der wohlbekanntesten Regel, dass man auf das Einfachste immer erst zuletzt kommt, hat man bisher diese überaus einfachen Grundlagen übersehen, wenn auch mancherlei Anwendungen, wie Schablone, Winkelspiegel usw. dem praktischen Künstler von jeher geläufig waren. Was aber bisher als zufällige Einzelheit erschien, wird durch die neue Lehre in das wohlgeordnete System der Formenharmonik eingefügt, welche außerdem unzählige neue Wege weist, die zur Schönheit führen.

Da im Bildwerk Form und Farbe eng verbunden sind, um gemeinsam die schöne Wirkung zu erzeugen, so ist es am besten, beide nebeneinander in ihrer Gesetzlichkeit und Harmonie zu studieren. Man gewinnt dabei den besonderen Vorteil, durch die gemeinsamen Bestandteile beider Lehren einen viel tieferen Blick in das Wesen der Schönheit tun zu können, als es bei der Beschränkung auf eines der Gebiete allein möglich wäre. Demgemäß behandeln die Lehrhefte Farben und Formen nebeneinander, doch so, dass jedes einzelne Heft ganz vorwiegend dem einen oder dem anderen Gebiet gewidmet ist. Bei der Aufbewahrung der Hefte wird man daher in der Lage sein, je eine Sondermappe für die Farbenlehre wie für die Formenlehre einzurichten, wodurch ein späteres Auffinden irgendeiner Darlegung, auf die man zurückgehen möchte, sehr erleichtert wird.

In dem vorliegenden Falle ist der Briefunterricht die einzige Form, die für den Einzelunterricht überhaupt möglich ist. Bekanntlich hat Wilhelm OSTWALD durch die

grundlegende Entdeckung der Farbenmessung eine wissenschaftliche Farbenlehre erst möglich gemacht und es gibt noch keine Stelle, wo sie in vollem Umfange, insbesondere nach der künstlerischen Seite gelehrt wird. Zwar hat er in einer Anzahl Schriften und Büchern die Lehre vorgetragen, von der ganz elementaren Farbenfibel ab, die in dreizehnter Auflage vorliegt, bis zu den streng wissenschaftlichen Werken: Harmonie der Farben und Farbenlehre, 1. und 2. Band, die gleichfalls mehrere Auflagen hinter sich haben. Aber die Erfahrung zeigt immer wieder, dass es nicht Jedermanns Sache ist, sich aus Büchern allein befriedigend zu unterrichten. So hat Wilhelm Ostwald sich entschlossen, nicht nur die Lehrhefte selbst zu verfassen, sondern auch persönlich die Kritik der eingesandten Lösungen zu überwachen, solange seine Kräfte dazu reichen.

Der Text der Lehrhefte ist in der Gestalt von Gesprächen zwischen Lehrer und Schüler abgefasst. In seiner weltbekannten, in etwa ein Dutzend anderer Sprachen übersetzten *Schule der Chemie* hat Wilhelm OSTWALD sich als ein Meister dieser Schreibart erwiesen, die wie keine andere geeignet ist, dem Schüler die Aufnahme der vorgetragenen Gedanken zu erleichtern. Immer wieder wird der Leser dadurch freudig überrascht, dass der „Schüler“ genau die Fragen stellt, die er selbst an den Lehrer richten würde, wenn dieser vor ihm stände. Dadurch ersetzen die Lehrhefte tatsächlich den Lehrer so vollständig, als dies ohne dessen persönliche Gegenwart überhaupt möglich ist.

I Bunt und unbunt

Lehrer: Die erste Aufgabe, welche wir lösen wollen, besteht darin, Ordnung und Übersicht über die ganze Welt der Farben zu schaffen. Dazu müssen wir erst feststellen, was Farbe ist, oder besser gesagt, was wir in streng wissenschaftlicher Weise Farbe nennen wollen.

Schüler: Steht denn das in unserer Gewalt?

Lehrer: In einen gewissen Umfange gewiss. Die tägliche Sprache ist nicht sehr genau und man kommt in allerlei Verwirrungen, wenn man nicht vorher das Ding scharf beschrieben hat, das einen bestimmten Namen tragen soll. Was stellen Sie sich unter „Farbe“ vor?

Schüler: Nun, Zinnober oder Berlinerblau oder Chromgelb usw.

Lehrer: Stoffe, welche Farbe haben oder zeigen, nennt man in genauer Sprache *Farbstoffe*. Kommen Farben nur an solchen Stoffen vor?

Schüler: Nein, der Regenbogen hat Farben, die durch die Zerstreung des Lichts in den farblosen Regentropfen entstehen.

Lehrer: Richtig. Und wenn man bei geschlossenen Lidern auf den Augapfel einen Druck ausübt, so erscheinen auch Farben, ohne das Licht auf das Auge wirkt.

Schüler: Ja, woher kommen denn die?

Lehrer: Sie entstehen durch die Reizung der Sehnerven, die das Auge mit dem Gehirn verbinden.

Schüler: Dann müssten also diese Farben im Gehirn entstehen

Lehrer: Alle Farben entstehen im Gehirn, denn sie sind *Empfindungen*. Diese Empfindungen werden ganz vorwiegend dadurch hervorgerufen, dass das Licht, welches von der Sonne oder von irgendwelchen Lampen kommt, von den Gegenständen verändert zurückgeworfen wird, auf das Auge einwirkt und die Netzhaut, welche das Auge auskleidet, reizt. Diese Reize gehen durch den Augennerv zum Gehirn und bewirken dort jene besonderen Empfindungen, welche wir Farbe nennen.

Schüler: Also wäre Farbe überhaupt alles, was wir sehen?

Lehrer: Ganz richtig. Unser Gesichtsfeld besteht aus lauter farbigen Flecken, die neben einander liegen und eine Fläche, das *Gesichtsfeld*, ausfüllen.

Schüler: Aber wir sehen doch Menschen und Häuser und alles mögliche andere. Das ist doch nicht bloße Farbe.

Lehrer: Unmittelbar sehen wir nur Farbflecken. Wenn diese in bestimmter Weise geordnet sind, so können wir schließen, dass sie von einem Menschen, einem Hause usw. herrühren.

Schüler: Aber ich sehe diese Dinge doch unmittelbar, ohne erst lange schließen zu müssen!

Lehrer: Nicht unmittelbar. Sie haben aber so gut gelernt, welche Farbenscheinungen zu den Dingen gehören, dass Sie sich des Schrittes von dem einem zum anderen nicht bewusst werden.

Schüler: Das kann ich so nicht glauben, das müssen Sie mir erst beweisen.

Lehrer: Es wird dadurch bewiesen, dass Blindgewesene, die durch eine Operation zu sehen fähig geworden sind, zunächst gar nicht wissen, was die Farbflecken bedeuten, die sie sehen. Sie müssen das erst lernen, indem sie die Dinge in ihrer Weise durch Betasten erkennen und sich einprägen, welche Farbflecken dazu gehören. Auch an

Kindern kann man beobachten, wie sie erst *sehen lernen*, d. h. den Farbflecken ihres Gesichtsfeldes Dingvorstellungen zuordnen lernen müssen.

Schüler: Ja, das ist wahr. Aber etwas Anderes stört mich noch. Sie nennen Farbe alles, was im Gesichtsfeld vorkommt. Es gibt da aber doch auch farblose Flecken, weiße, graue und schwarze.

Lehrer: Weiß, Grau und Schwarz sind auch Farben.

Schüler: Ich habe gelernt, sie farblos zu nennen.

Lehrer: Was sind sie denn, wenn sie nicht Farbe sein sollen?

Schüler: Ja, das kann ich nicht sogleich sagen.

Lehrer: Wir haben es hier wieder mit einer Unbestimmtheit der gewöhnlichen Sprache zu tun und beseitigen sie, indem wir kraft des Rechts der Wissenschaft festsetzen, dass *alle* unmittelbaren Gesichtsempfindungen Farben heißen sollen, dass also neben Grün und Rot und Blau und Gelb auch Weiß, Grau und Schwarz Farben sind.

Schüler: Aber Weiß, Grau und Schwarz bilden doch sicher eine Gruppe für sich gegenüber den bunten Farben Gelb, Rot usw.

Lehrer: Das ist richtig und auch wichtig. Tatsächlich kann man die Gesamtheit aller Farben in die beiden großen Gruppen der *unbunten* und der *bunten* Farben teilen.

Schüler: Dann müsste man also Weiß, Grau und Schwarz nicht farblos nennen, sondern unbunt?

Lehrer: Ganz richtig, und alle anderen Farben heißen bunt.

Schüler: Da habe ich aber noch ein Bedenken. Bunt nennt man doch die Zusammenstellung *verschiedener* Farben, und Sie nennen bunt auch eine Einzelfarbe, wie Rot oder Blau.

Lehrer: Beide Bedeutungen werden in der gewöhnlichen Sprache gebraucht und man muss sich für die eine oder andere entscheiden, wenn man *genau* sprechen will. Wir brauchen das Wort bunt künftig nur in der Bedeutung, dass wir jede Farbe bunt nennen, die nicht Weiß, Grau oder Schwarz ist. Diese heißen ihrerseits unbunt, und es besteht überall eindeutig Ordnung.

Schüler: Unbunt ist ein Wort, das es gar nicht gibt.

Lehrer: Es gab dieses Wort früher nicht. Als aber die Farbenlehre sich zu einer genauen Wissenschaft entwickelte, stellte sich die Notwendigkeit heraus, diesem Begriff einen bestimmten Namen zu geben. Als bester erwies sich das Wort unbunt, und so wurde es geschaffen und eingeführt.

Schüler: Darf man denn so ohne weiteres ein neues Wort einführen?

Lehrer: Wenn die Wissenschaft einen Begriff neu gebildet oder klar gestellt hat, so ist ein neuer Name unbedingt notwendig und muss geschaffen werden. Es stellt sich dann später heraus, ob die Begriffsbildung gut und dauerhaft geraten war oder nicht. Demgemäß wird auch das neue Wort in Gebrauch genommen oder vergessen.

Schüler: Ich will zugeben, dass damit eine stramme Äußere Ordnung erreicht worden ist. Aber ich hege den Wunsch, die Notwendigkeit einer solchen Ordnung auch innerlich zu begreifen. Warum bildet man gerade die Begriffe Unbunt und Bunt? Man könnte ebenso gut z. B. die gelben Farben allen anderen gegenüberstellen und die Begriffe Gelb und Ungelb bilden. Und so mit jeder anderen Farbe.

Lehrer: Das ist sehr gut gefragt. Die Antwort liegt in der Entwicklungsgeschichte des Sehens. Die aller einfachsten Augen, die wir im Tierreich kennen, sind nicht viel

mehr, als dunkle Flecken in der Oberhaut, von denen Nervenleitungen zum Hauptorgan führen.

Schüler: Wie kann man denn damit sehen?

Lehrer: Der dunkle Fleck verschluckt mehr Licht, als seine Umgebung; er wird also etwas wärmer, und der Nerv meldet das. Die Nachricht enthält allerdings nicht mehr, als dass je nachdem ein Dunkles (schwach Strahlendes) oder ein Helles (stärker Strahlendes) sich vor jenem Fleck befindet.

Schüler: Das ist nicht viel!

Lehrer: Das Wesen erfährt doch schon so etwas von der Außenwelt. Dann senkt sich der Fleck ein, es bildet sich etwa eine Linse vor der Vertiefung und so wird die Nachricht immer bestimmter.

Schüler: Ein solches Wesen würde also Hell und Dunkel unterscheiden, und auch ungefähr Gestalten erkennen.

Lehrer: Ganz richtig; Hell und Dunkel, also unbunt weil noch keine Einrichtung vorhanden ist, die Buntfarben zu unterscheiden. Solche Einrichtungen entwickeln sich erst viel später.

Schüler: Dann wäre also das ursprüngliche Sehen richtig unbunt?

Lehrer: Jawohl. Alles Sehen fängt damit an, und deshalb bilden die unbunten Farben Weiß, Grau, Schwarz die Grundlage oder das Fundament der Farbenwelt. Von Gelb oder Rot usw. kann man das nicht sagen.

Schüler: Also wäre die Unterscheidung von Bunt und Unbunt uns sozusagen angeboren?

Lehrer: Man kann es ganz wohl so nennen. Es gibt sogar Menschen, wenn auch recht selten, bei denen die Entwicklung hier stehen geblieben ist. Es sind die *Totalfarbenblinden*. Sie sehen die Welt so, wie wir ein fotografisches Bild oder einen Schwarzdruck sehen und kennen die Empfindung Bunt überhaupt nicht. Also sind die beiden Gruppen Unbunt und Bunt nicht willkürlich gebildet, sondern stellen die natürliche Ordnung der Farben dar.

Aufgaben zu I.

1. Was ist Farbe, was Farbstoff? Was ist ihnen gemeinsam und worin sind sie verschieden?

Die Antwort ist möglichst klar, kurz und bestimmt auszusprechen.

Umfang eine Seite.

2. Was bedeuten die Worte *bunt* und *unbunt*? Ihr Gemeinsames und Verschiedenes. Welche Gruppe ist älter, welche jünger? Welche ist einfacher, welche verwickelter?

II Die unbunte Reihe

Lehrer: Wir haben uns in der vorigen Stunde überzeugt, dass die unbunten Farben ein Teil der gesamten Farbenwelt sind und eine Familie für sich bilden, und zwar die älteste. Sie sind auch die Grundlage für alle Buntfarben, nur dass bei diesen ein neues Element, eben die Buntheit, dazu tritt. Wir müssen sie daher genau kennen lernen, denn was wir hier finden, hat in seiner Weise für die ganze Farbwelt Geltung.

Schüler: Ich sehe nicht, was hier noch viel zu finden wäre. Es gibt eben die Farben Weiß, Schwarz, Grau.

Lehrer: Gibt es denn nur ein Grau?

Schüler: Doch wohl nicht. Es gibt Hellgrau und Dunkelgrau und warmes Grau und kaltes Grau, also eigentlich unendlich viele verschiedene graue Farben.

Lehrer: Dann müssen wir eben Ordnung schaffen. Zunächst das kalte und warme Grau. Das erste ist bläulich, das andere gelblich.

Schüler: Ja, und grünliches und rötliches usw. Grau gibt es auch.

Lehrer: Alle diese schalten gleich aus, denn sie sind keine rein grauen Farben, sondern bunte mit einem großen Anteil Grau; sie sollen später bei den Buntfarben untersucht werden. Aber auch das reine Grau kann hell und dunkel sein. Wie viele solche Stufen gibt es wohl?

Schüler: Ich wüsste keine Zahl anzugeben. Es werden wohl unendlich viele sein.

Lehrer: Ganz recht. Vom hellsten Weiß kann man völlig stetig, ohne jeden Sprung durch Hellgrau, Mittelgrau, Dunkelgrau bis in das tiefste Schwarz gehen. Denkt man sich eine solche Reihe ausgeführt, z. B. indem man einen Streifen fotografisches Entwicklungspapier von einem Ende zum anderen immer länger belichtet und dann entwickelt, so ist jedes mögliche Grau zwischen den beiden Endgrenzen darin vorhanden und hat einen bestimmten Ort. Alle unbunten Farben bilden also eine stetige Reihe, die man längs einer Linie ordnen kann und an deren Enden einerseits Weiß, andererseits Schwarz steht.

Schüler: Das ist also ganz wie bei den Tönen, die man auch stetig vom tiefsten bis zum höchsten führen kann. Auch hier hat jeder Ton seinen bestimmten Ort in der Reihe.

Lehrer: Das ist ganz richtig und die Ähnlichkeit wird sich später noch als besonders aufklärend erweisen. Beachten Sie aber, dass schon die unbunte Reihe dieselbe Art der Ordnung aufweist, welche das ganze Geschlecht der Töne erfasst. Es ist daher ausgeschlossen, dass die viel mannigfaltigere bunte Farbenwelt so einfach wie bei den Tönen geordnet sein könnte. Die Töne sind einfaltig (eindimensional) und ebenso die unbunten Farben: daher die Ähnlichkeit. Aber die bunten Farben sind dreifaltig (dreidimensional) und lassen sich deshalb gar nicht mit den Tönen vergleichen.

Schüler: Das verstehe ich nicht ganz.

Lehrer: Sie werden später verstehen, wenn ich bei den Buntfarben darauf zurückkommen werde. Einstweilen müssen wir die unbunte Reihe genauer kennen lernen. Dazu stellen wir die grauen Farben aus Weiß und Schwarz durch Mischung mittels des Farbkreisels her. Wenn im Auge verschiedene Farben recht schnell (30 Mal in der Sekunde oder häufiger) wechseln, so werden nicht mehr die einzelnen Farben gesehen, sondern ihre Mischung.

Schüler: Wie kommt das?

Lehrer: Der Gesichtseindruck verwischt nicht im gleichen Augenblicke wie das Licht, sondern hält einige Zeit an, umso länger, je heller das Licht war. Wenn die andere Farbe erscheint, während die erste noch im Auge nachwirkt, so müssen beide sich mischen.

Schüler: Ich erinnere mich jetzt in der Schule den Farbkreisel gesehen zu haben. Es war eine ziemlich große Maschine.

Lehrer: Man kann die Versuche für sich in sehr kleinem Maßstabe anstellen. In eine runde Blechscheibe von 6 cm wird eine 4 cm lange Achse aus 2,5 mm starkem Draht schön senkrecht gelötet, die unten abgerundet ist; sie ragt dort nur 1 cm hervor. Durch geschicktes Drillen zwischen Daumen und Zeigefinger kann man den Kreisel zu schnellem Laufen bringen, das 2 bis 3 Minuten dauert, also lange genug, um die gewünschten Beobachtungen anzustellen. Hier ist ein solcher Kreisel, den ein Bastler für wenige Pfennige herstellen kann; ich lasse ihn laufen und er hält sich recht lange aufrecht.

Schüler: Lassen Sie mich versuchen. Ich kann es gar nicht so schön.

Lehrer: Sie werden es nach kurzer Übung können. Ich habe hier eine Anzahl runder Scheiben aus recht weißem Papier mit einem Loch in der Mitte, die ich auf den Kreisel schieben und mit ihm umlaufen lassen kann.

Schüler: Wo ist aber die Schraube, um die Scheiben festzuhalten?

Lehrer: Sie ist meist unnötig. Wo man sie braucht, dient an ihrer Stelle ein durchbohrtes Stückchen Kautschuk oder Kork, das auf die Achse geschoben und auf das Papier gedrückt wird.

Schüler: Das gefällt mir. Aber was kann man mit dem einfachen Ding viel machen?

Lehrer: Das werden Sie gleich sehen. Zunächst schiebe ich eine Scheibe auf, die halb weiß und halb schwarz ist und lasse laufen. Wie sieht die Mischung aus?

Schüler: Grau. Aber sehr hell, fast weiß.

Lehrer: Jetzt gebe ich $\frac{1}{4}$ Weiß und $\frac{3}{4}$ Schwarz.

Schüler: Immer noch sehr hellgrau.

Lehrer: Um nach Belieben jedes Verhältnis von Weiß und Schwarz einstellen zu können, habe ich hier eine weiße und eine schwarze Scheibe, die beide längs einem Halbmesser aufgeschnitten sind. Ich stecke sie so ineinander, dass die weiße Scheibe durch den Schlitz der schwarzen vorschaut, schiebe beide auf den Kreisel und halte sie durch das darauf geschobene Stückchen Gummi fest. Ich stelle etwa $\frac{1}{10}$ Weiß und

$\frac{9}{10}$ Schwarz ein.

Schüler: Jetzt ist es endlich Dunkelgrau.

Lehrer: Nun gebe ich umgekehrt $\frac{1}{10}$ Schwarz und $\frac{9}{10}$ Weiß.

Schüler: Die Scheibe sieht weiß aus. Man kann gar nicht erkennen, dass Schwarz dabei ist. Das ist aber merkwürdig! Wie kann man das erklären?

Lehrer: Einstweilen merken wir uns, dass wenig Weiß im Schwarz sich deutlich geltend macht, wenig Schwarz im Weiß aber verschwindet. Die Erklärung ergibt sich aus

dem FECHNERSchen Gesetz,¹ auf das ich später eingehen werde. Vorläufig prüfen wir den Satz, dass jedes Grau durch Mischung von Schwarz und Weiß im richtigen Verhältnis hergestellt werden kann. Ich habe hier eine kleinere graue Scheibe ($3\frac{1}{2}$ cm Durchmesser), die ich auf die schwarz-weiße schiebe. Wenn ich den Kreisel laufen lasse, kann ich ihr Grau mit dem Mischgrau des äußeren Ringes vergleichen.

Schüler: Es ist außen viel zu hell.

Lehrer: Ich vermehre also den schwarzen Anteil durch gegenseitige Verdrehung der geschlitzten Scheiben.

Schüler: Jetzt ist es fast recht.

Lehrer: Nach einigen Versuchen finde ich die Stellung, bei der das Mischgrau des Ringes und das Grau der inneren Scheibe gleich aussehen.

Schüler: Das äußere Grau ist aber nicht ganz gleichförmig. Es flimmert.

Lehrer: Das liegt daran, dass man mit der Hand die nötige Drehzahl von 30 je Sekunde nicht leicht erreichen kann. Ich muss deshalb darauf bedacht sein, die Anzahl der Wechsel auf andere Weise zu vermehren.

Schüler: Wie sollte das möglich sein?

Lehrer: Dadurch, dass ich auf der Scheibe nicht einen Wechsel allein anbringe, sondern mehrere. Zwei genügen. Sehen Sie hier diese Scheibe an. Sie enthält abwechselnd zwei weiße und schwarze Kreisausschnitte, und wenn ich sie ebenso laufen lasse, wie bisher die anderen Scheiben, so ist die Wechselzahl verdoppelt und das Grau ist gleichförmig.

Schüler: Ja, so geht es. Aber kann man auch Weiß und Schwarz verstellbar einrichten?

Lehrer: Das ist bei diesen Scheibenpaar erreicht. Hier ist die weiße Scheibe in besonderer Weise ausgeschnitten, während die schwarze nur zwei Schlitze hat, die nicht bis zur Mitte gehen. Die Teile a a der weißen Scheibe werden durch die Schlitze der schwarzen gesteckt und können nach Bedarf eingestellt werden.

Schüler: Damit kann man aber nur etwa ein Halb Weiß geben.

Lehrer: Soviel braucht man ja fast nie, denn das ergibt schon ein ganz helles Grau, wie Sie gesehen haben.

Schüler: Ja, ich erinnere mich; es war die merkwürdige Verschiedenheit bei Weiß und Schwarz. Aber da ist noch ein anderer Nachteil: der mittlere Teil des Kreises bleibt immer schwarz.

Lehrer: Dort kommt ja die kleinere Kreisscheibe hin, welche das gegebene Grau trägt.

Schüler: Das ist wahr. Und ich sehe, dass wirklich das Flimmern ganz aufhört. Was man doch mit einem so einfachen Gerät alles machen kann.

Lehrer: Man kann noch mehr machen. Wenn man den Kreisel mit den Scheiben in den Mittelpunkt dieser Tafel steckt, die eine Kreisteilung in 100 (mit kleinen Zwischenstrichen für 200) trägt, so kann man die Bruchteile Weiß und Schwarz ablesen. Dadurch wird der kleine Kreisel ein ganz brauchbares Messgerät, durch das wir hernach eine Menge Neues lernen werden.

¹ s.a. OSTWALD, Wilhelm: Farbkunde : ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Naturforscher, Ärzte, Physiologen, Psychologen, Coloristen, Farbtechniker, Drucker, Keramiker, Färber, Weber, Maler, Kunstgewerber, Musterzeichner, Plakatkünstler, Modisten. Leipzig : Hirzel, 1923, S. 64-68. (Chem. u. Tech. der Gegenwart 1).

Schüler: Ich kann mir kaum vorstellen, was man Besonderes mit diesem simplen Ding machen könnte. Was habe ich davon, wenn ich z. B. weis, dass dieses Grau aus 20 Weiß und 80 Schwarz auf dem Kreisel gemacht werden kann.

Lehrer: Sie haben das davon, dass dieses Grau nun für alle Zeiten und Orte festgestellt ist. Wenn Sie einem Bekannten auf der anderen Seite der Erde, z. B. in Tokio schreiben, dass ein Vogel Schwanzfedern vom Grau 20 (d. H. 20 v. H. = Weiß enthaltend) hat, so kann es sich dieses Grau genau so herstellen, wie Sie es hier beobachtet haben, und es betrachten. Bisher konnten Sie nur schreiben: hellgrau, mittelgrau oder dunkelgrau, und der Empfänger blieb ganz unsicher, welche Farbe Sie eigentlich meinten.

Schüler: Ich sehe, dass die Sache doch weiter führt als ich gedacht habe.

Lehrer: Denken Sie über folgendes nach. Alle Kultur beruht auf *Überlieferung*. Der Einzelne kann es persönlich noch so weit bringen: wenn er seine Leistungen nicht an Kinder oder Schüler weitergibt, so gehen sie bei seinem Tode der Welt verloren.

Schüler: Das geb' ich zu.

Lehrer: Die Überlieferung geschah zunächst persönlich. Da war sie unsicher und zufälliger Veränderung ausgesetzt. Nachdem aber die Schrift erfunden war, konnte der persönliche Fortschritt aufgeschrieben und so allen kommenden Geschlechtern unverändert mitgeteilt werden. So ist der ungeheure Schatz entstanden, den wir Kultur nennen.

Schüler: Ja, aber für die Farbe haben wir doch noch keine Schrift.

Lehrer: In dem, was wir eben gemacht haben, steckt der Anfang der Farbenschrift, zunächst für die grauen Farben. Wenn ich z. B. ein besonders hübsches Muster aus verschieden tiefem Grund² finde, und ich messe diese grauen Farben, so kann ich allen jetzigen und künftigen Menschen die Nachricht geben: aus den grauen Farben 36, 14 und 6 kann man schöne Muster bilden.

Schüler: Ich sehe die Sache führt viel weiter, als ich mir gedacht habe und es ist wohl der Mühe wert, sie zu lernen.

Aufgaben zu II.

1. Fassen Sie das Wichtigste aus dem Brief auf 2 Seiten zusammen.
2. Schneiden Sie aus grauen Papier irgendwelcher Art Kreisscheiben von 35 mm Durchmesser und bestimmen Sie mit Hilfe des Kreisels den Weißgehalt. Schicken Sie die Scheiben mit den von Ihnen gefundenen Zahlen ein.

² Gemeint ist hier die Farbtiefe.

III Unbunte Farbnormen

Lehrer: Haben Sie über die Dinge nachgedacht die wir in der vorigen Stunde besprochen haben?

Schüler: Ja, sehr. Da bin ich aber gleich zu Anfang auf eine große Schwierigkeit gestoßen. Ich habe begriffen, dass man die grauen Farben messen kann, wie man die Wärme mit dem Thermometer misst. Aber das Thermometer ist erst brauchbar, nachdem man den Nullpunkt und den Siedepunkt bestimmt hat. In der unbunten Reihe sind doch offenbar Weiß und Schwarz die Hauptpunkte?

Lehrer: Ganz richtig.

Schüler: Nun haben Sie mir aber selbst gezeigt, dass man $\frac{1}{10}$ Schwarz zum Weiß mischen kann, ohne dass das deutlich sichtbar wird. Woher nehme ich ein Weiß, in dem sicher kein Schwarz ist?

Lehrer: Das ist sehr gut gefragt. Man hat, um dieses zu finden, alle möglichen weißen Farbstoffe nach genauen Verfahren untersucht und eine Anzahl gefunden, die weißer als alle anderen und untereinander gleich sind. Dass diese wirklich das ideale Weiß darstellen, ist hernach noch durch andere Untersuchungen erwiesen worden. Diese ergaben, dass wirklich alles Licht, das auf solche Pulver fällt, vollständig zurückgeworfen wird. Das ist die theoretische Definition des reinen Weiß.

Schüler: Ganz recht. Aber die praktische?

Lehrer: Praktisch stellt eine Schicht von reinem Barytweiß (Bariumsulfat) reines Weiß dar. Andere weiße Flächen, Anstriche und dergl. kann man daran messen und ihren Schwarzgehalt bestimmen. Gutes weißes Papier hat rund 15 v. H. Schwarz.

Schüler: So viel?

Lehrer: Sie wissen ja, dass man viel Schwarz in Weiß haben muss ehe man es merkt.

Schüler: Wieder diese sonderbare Sache!

Lehrer: Wir kommen bald auf sie zurück.

Schüler: Nun bleibt noch der schwarze Nullpunkt.

Lehrer: Den kann man leicht herstellen. Jeder Hohlraum, der innen schwarz ist, und in dessen Wand sich eine verhältnismäßig kleine Öffnung befindet, zeigt dort ein ideales Schwarz.

Schüler: Kann ich das sehen?

Lehrer: Nehmen Sie ein Stück schwarz gestrichene Pappe und kleben Sie daraus einen Würfel von 10 cm Seite, Schwarz nach innen, nachdem inmitten eines der Quadrate ein Loch von etwa 3 cm gemacht ist. Solch ein Loch ist das Schwärzeste, was es gibt. Hier ist ein solcher Kasten und auch ein Stück vom besten schwarzen Samt. Legen Sie ihn neben das Loch und Sie sehen, dass er etwas heller ist. Er sendet also noch etwas von dem auffallenden Licht zurück, während aus dem Loch keines kommt.

Schüler: Damit ist also auch das schwarze Papier, mit dem wir gearbeitet haben, nicht richtig schwarz?

Lehrer: Nein. Aber es gibt Geräte, Fotometer genannt, welche auf jener Grundlage genau zu messen ermöglichen, wie viel Weiß und Schwarz in einer gegebenen Fläche

enthalten sind. Mit ihnen stellt man die Menge Weiß im schwarzen Papier fest, und die Menge Schwarz im weißen. Danach kann man durch Rechnung die Verbesserungen anbringen, falls man genau arbeiten will.

Schüler: Soviel ich beurteilen kann, scheint alles theoretisch in guter Ordnung zu sein. Aber ich frage mich vergeblich, was das für eine praktische Bedeutung haben kann. Denn auf diese kommt es mir doch an, und nur dafür will ich mich der Mühe des Lernens unterziehen.

Lehrer: Die Bedeutung ist nicht gering. Sie lässt sich in die zwei Worte fassen: *Normen* und *Harmonien*.

Schüler: Diese Worte klingen bedeutend genug. Ich möchte aber den Inhalt dazu sehen.

Lehrer: Zunächst also „Normen“. Die bisherige Untersuchung hat uns unendlich viele unbunte Farben ergeben. Damit kann weder die Technik noch die Kunst etwas anfangen. Um der Unendlichkeit Herr zu werden, dienen eben die Normen.

Schüler: Das verstehe ich nicht.

Lehrer: Normen sind bestimmte Einzelfälle aus einer unendlichen Mannigfaltigkeit. Um z. B. die Papierformate zu normen, müsste man aus den unendlich vielen möglichen Formaten eine kleine Anzahl auswählen und alle anderen ausschließen. Dadurch werden sehr große Vorteile erreicht.

Schüler: Ja das weiß ich. Man normt ja alles Mögliche, bis zu den Küchengeräten.

Lehrer: Die Normen müssen so gewählt werden, dass für jedes wirkliche Bedürfnis ein Vertreter da ist, und das den Bedürfnissen doch durch möglichst Normen genügt wird. Dazu müssen die Normen gleichförmig über das ganze Gebiet verteilt werden.

Schüler: Ich bin gespannt, wie man das bei den Farben gemacht hat. Wie kann man gleichförmig verteilen, wenn Schwarz am weißen Ende fast gar nicht wirkt und Weiß am schwarzen Ende so stark!

Lehrer: Das war in der Tat die größte Schwierigkeit, und wir müssen endlich hier auf die Frage eingehen. Die Lösung liegt im FECHNERSchen Gesetz, welches alle Empfindungen regelt, also auch die Farben, die ja Empfindungen sind.

Schüler: Ich bin sehr gespannt.

Lehrer: Man nennt *Reiz* das, was auf das Sinnesorgan einwirkt und Empfindungen hervorruft. Beim Auge ist es das *Licht*. Stärkeres Licht bewirkt eine stärkere Empfindung und umgekehrt. Bei den unbunten Farben ist der Anteil Weiß als Reiz anzusehen. Schwarz entsteht durch die Abwesenheit von Licht, ist also kein Reiz. Je stärker der Reiz ist umso heller ist das Grau.

Schüler: Das ist klar.

Lehrer: Nun sollte man vermuten, dass eine Reihe von grauen Farben, in denen der Weißgehalt 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 0 beträgt, als gleichförmig abgestuft empfunden wird.

Schüler: Ist das nicht etwa der Fall?

Lehrer: Hier zeige ich Ihnen eine solche Grauleiter. Finden Sie die Stufen gleich groß?

Schüler: Sicher nicht. Am weißen Ende kann man sie kaum unterscheiden und am schwarzen sind es große Sprünge. Aber dabei fällt mir ein, das musste man ja erwarten nach dem, was sich schon früher bei den Versuchen mit dem Kreisel herausgestellt hatte.

Lehrer: Sehr gut. Also ein Gesetz, dass die Empfindungen in gleichen Stufen wachsen oder abnehmen, wie die Reize, darf nicht ausgesprochen werden, denn es ist sicher falsch.

Schüler: Ja, leider. Was machen wir nun?

Lehrer: Darauf hat eben G. Th. FECHNER³ schon vor zwei Menschenaltern die Antwort gefunden. Damit die Empfindungen gleich gestuft sind, müssen die Reize nicht um gleiche Stufen abnehmen, sondern im gleichen Verhältnis.

Schüler: Bitte, erklären Sie mir das deutlicher.

Lehrer: Die Zahlreihe 100, 90, 80, 70 usw. nimmt um gleiche Stufen ab, die Reihe 100, 10, 1, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ usw. in gleichem Verhältnis. Im ersten Falle sind die Unterschiede gleich groß, denn $100-90 = 90-80 = 80-70$ usw. im zweiten die *Quotienten*, denn $\frac{100}{10} = \frac{10}{1} = \frac{1}{0,1}$ usw.

Schüler: In der Schule nannte man das arithmetische und geometrische Reihen.

Lehrer: Ganz recht. Ich zeige Ihnen hier eine Leiter, in der die Weißgehalte in gleichem Verhältnis oder nach einer geometrischen Reihe abnehmen. Erkennen Sie die Stufen als gleich groß an?

Schüler: Ich fühle mich nicht sicher genug, um das zu sagen. Aber ich kann auch nicht widersprechen.

Lehrer: Die Sicherung ist durch mancherlei wissenschaftliche Untersuchungen zu Genüge beschafft.

Schüler: Wie hat man denn die Reihe berechnet?

Lehrer: Es würde zu weit führen, wenn ich Ihnen dies auseinandersetzen wollte; Sie können später in einem Lehrbuch⁴ darüber nachlesen. Für heute genügt folgendes. Zwischen 100 und 10 v. H. sind 10 Stufen eingeschaltet, ebenso zwischen 10 und 1 v.

H., zwischen 1 und $\frac{1}{10}$ v. H. usw. Um diese Stufen kurz zu bezeichnen, sind ihnen

die Buchstaben zugeordnet: a bedeutet Weiß, b hellstes Grau usw. Bei n beginnt das, was wir gewöhnlich Schwarz nennen. Auf Papier kommt man selten über p hinaus, welches die Farbe guter Druckerschwärze ist. Der Punkt z wird nur von schwarzem Samt erreicht. Somit langt das ABC eben aus, um die praktisch vorkommenden Graustufen zu bezeichnen. Auf der Grauleiter, die ich Ihnen zuletzt gezeigt habe, finden Sie die Buchstaben angegeben.

³ Gustav Theodor FECHNER (1801-1887), 1831 a.o. Prof. für Philosophie an der Univ. Leipzig, 1934 Prof. für Physik ebenda, Mitbegründer der experimentellen Psychologie.

⁴ OSTWALD, Wilhelm: Die Farbenlehre : in fünf Büchern. Zweites Buch. Physikalische Farbenlehre. Leipzig : Unesma, 1919, S. 97-99.

Schüler: Es sind aber die Buchstaben a c e g i l n p. Ach, ich sehe, es ist jeder zweite Buchstabe fortgelassen. Weshalb?

Lehrer: Jene Stufen sind streng aus den allgemeinen Grundsätzen der Normung abgeleitet. Beim Gebrauch hat sich herausgestellt, dass die Abstände für die meisten praktischen Zwecke zu eng sind. So hat man jede zweite Stufe fortgelassen.

Schüler: Das wären also die Normen der unbunten Farben?

Lehrer: Ja. Sie haben die Bedeutung, dass man jedes Mal, wenn eine graue Farbe benutzt werden soll, nicht ein beliebiges Grau wählt, sondern diejenigen von den Normen, welche der beabsichtigten grauen Farbe am nächsten liegt.

Schüler: Ja, und wenn man eine bestimmte graue Ölfarbe von der Fabrik bestellen will, so braucht man nur zu schreiben: Grau i oder Grau n und bekommt die Farbe.

Lehrer: Sehr richtig. Nur werden Sie hier besser *Tünche* statt Farbe sagen. Denn wir wollen uns auch in der täglichen Rede der wissenschaftlich genauen Sprache befleißigen. Farbe ist die Empfindung.

Schüler: Aber die anderen sprechen nicht so.

Lehrer: Das Rechte setzt sich immer nur langsam durch, ist aber doch auf die Dauer unwiderstehlich. Nun merken Sie sich folgende Beschreibung der Normen

- a Weiß
- c Grauweiß⁵
- e Hellgrau
- g Mittelgrau
- i Mittelgrau, dunkel
- l Dunkelgrau
- n Grauschwarz
- p Schwarz

Schüler: Wozu soll ich mir das merken?

Lehrer: Um die Normen auswendig zu lernen. Bei den Tönen kommt bekanntlich das absolute Tonbewusstsein nur selten vor. Bei den Farben ist die entsprechende Eigenschaft dagegen allgemein vorhanden. Jedermann kann z. B. Hellgrau und Dunkelgrau unterscheiden. Es bedarf nur einiger Übung, um sich die Normen so genau einzuprägen, dass man sie erkennen kann, wenn man sie vorgelegt bekommt. Man lernt sogar, sie mit guter Annäherung nachzumischen.

Schüler: Das setzt mich in Erstaunen. Aber es ist doch vielleicht nicht unmöglich. Dann wäre man allerdings in der unbunten Farbenwelt zuhause, wie im eigenen Zimmer.

Lehrer: Sie sehen, es lohnt sich schon, Farbenlehre zu treiben.

⁵ An anderer Stelle (Lehrbrief IV) nennt OSTWALD c Weißgrau.

IV Graue Harmonien

Lehrer: Bei der Frage nach der Bedeutung der Messungen an unbunten Farben habe ich die beiden Hauptpunkte erwähnt: Normen und Harmonien. Die Normen sind besprochen worden, jetzt wollen wir uns den Harmonien zuwenden.

Schüler: Ich habe schon danach fragen wollen. Denn ich habe noch niemals etwas von grauen Harmonien gehört.

Lehrer: Sie sind auch erst entdeckt worden, nachdem in den Normen gesetzlich geordnete Farbstufen hergestellt waren.

Schüler: Was hat denn das miteinander zu tun? Normen sind etwas rein Verstandesmäßiges, Harmonien etwas Gefühlsmäßiges, beide sind also Gegensätze.

Lehrer: Das ist ein arger Irrtum, an dem übrigens heute sehr viele Menschen leiden. Jede Harmonie hat etwas Gesetzliches zur Grundlage und ist ohne ein solches nicht möglich.

Schüler: Das möchte ich doch begreifen!

Lehrer: Wir wollen die Verhältnisse bei den Tönen betrachten, die seit Jahrhunderten, teilweise Jahrtausenden bekannt sind und daher wissenschaftlich völlig gesichert sind. Wenn Sie einen Schlag hören, klingt es nicht schön.

Schüler: Nein, gewiss nicht.

Lehrer: Wenn Sie aber den Schlag schnell und namentlich in ganz gleichen Zeitabständen, also nach einem bestimmten Gesetz wiederholen (30 und mehr mal in der Sekunde), so fließen die Schläge zu einem Ton zusammen. Ein Ton ist doch sicher schöner als ein Schlag?

Schüler: Das schon, aber sehr viel ist mit einem einzelnen Ton nicht los.

Lehrer: Ganz recht; erst aus mehreren Tönen lassen sich Melodien und Harmonien bilden. Kann man hierzu beliebige Töne zusammenfügen?

Schüler: Nein, nur gewisse Intervalle, wie Terzen, Quinten usw.

Lehrer: Wovon hängt das ab?

Schüler: Es hängt irgendwie mit den Schwingungszahlen zusammen.

Lehrer: Jawohl. Nur wenn die Schwingzahlen in einfachen Verhältnissen zueinander stehen, wie 1 : 2; 2 : 3; 3 : 4; 4 : 5; 5 : 6, erweisen sich die Intervalle als harmonisch. Es muss also wieder ein ganz bestimmtes, zahlenmäßiges Gesetz erfüllt sein, damit Harmonie entsteht.

Schüler: Da ist aber noch der Rhythmus.

Lehrer: Auch dieser wird einem einfachen Gesetz unterworfen; wir schreiben unsere

Musik im $\frac{2}{4}, \frac{3}{4}, \frac{4}{4}, \frac{3}{8}, \frac{6}{8}, \frac{9}{8}, \frac{12}{8}$ -Takt, wo nur die Faktoren 2 und 3 vorkommen. Tak-

tarten mit dem Faktor 5 kommen nur selten vor, obwohl sie auch noch verhältnismäßig einfach sind. Also sehen wir wieder Gesetze walten.

Schüler: Das gibt es für die Musik, aber vielleicht nicht für die anderen Künste.

Lehrer: In der Dichtkunst haben wir Reim und Versmaß, also wieder bestimmte Gesetze. In der Bild- und Schmuckkunst haben wir Symmetrie und andere Formgesetze.

Schüler: Ich sehe schon, ich muss ganz und gar umdenken lernen.

Lehrer: Merken Sie sich den Satz: Gesetzlichkeit gibt Harmonie. Es ist der Schlüssel zu aller Kunst.

Schüler: Welche Gesetzlichkeit?

Lehrer: Jede! Zunächst aber immer die einfachste. Wenn diese uns ganz und gar ge-läufig und dadurch langweilig geworden ist, formt der Künstler seine Gebilde nach verwickelteren Gesetzen, die sich den einfacheren anschließen. Das ist der notwendige Entwicklungsgang aller Künste.

Schüler: Da habe ich viel nachzudenken!

Lehrer: Es ist Zeit, dass wir uns wieder unserer unmittelbaren Arbeit zuwenden. Sie werden jetzt erkennen, wieso die Normen der unbunten Farben mit ihren Harmonien zusammenhängen.

Schüler: Sie meinen, weil die Normen in gleichen Abständen stehen?

Lehrer: Richtig. Gleiche Abstände einhalten ist das einfachste Gesetz, nach welchem wir verschiedene unbunte Farben miteinander verbinden können, und hier werden wir also die einfachsten und verständlichsten Harmonien finden.

Schüler: Aber zwei Farben haben nur einen Abstand; da kann man nicht von Gleichheit reden.

Lehrer: Richtig. Daraus folgt, dass zu einer grauen Harmonie drei Farben gehören, oder allenfalls vier oder fünf. Aber mit dreien haben wir den einfachsten Fall.

Schüler: Bei den Tönen genügen zwei zu einer Harmonie; bei den Farben müsste es eigentlich auch so sein.

Lehrer: Es müsste so sein, wenn alle Eigenschaften der Töne auch bei den Farben vorhanden wären. Das ist nicht so; beide sind in mancherlei Dingen verschieden. Darum ist es irreführend, die Gesetze des einen Gebiets ohne Weiteres auf das andere übertragen zu wollen. Die grauen Farben bilden ihre Harmonien nach ihren eigenen Gesetzen und nicht nach denen der Töne.

Schüler: Ich habe das Gefühl, dass hier noch mancherlei zu fragen und zu sagen wäre. Aber ich bin zu neugierig auf die grauen Harmonien selbst und bitte sehr, mir sie zu zeigen.

Lehrer: Zuerst wollen wir uns einen Überblick über die vorhandenen Möglichkeiten schaffen, wobei wir uns auf die praktische Leiter a c e g i l n p beschränken wollen. Hier haben wir die gleichabständigen Dreier aufzusuchen. Gleiche Abstände sind zwischen a und c, c und e, e und g usw. kurz zwischen allen benachbarten Stufen. Somit gibt es zunächst die harmonische Drei ace, ceg, egi, gil, iln, lnp. Der erste Dreier ist die hellste Harmonie, der letzte die dunkelste. Die übrigen liegen dazwischen.

Schüler: Ja, das verstehe ich. Aber ich möchte etwas davon sehen.

Lehrer: Wir sind noch nicht so weit. Gleiche Abstände gibt es auch, wenn man je eine Stufe überschlägt. Das gibt die Dreier aei, cgl, ein, glp.

Schüler: Die müssen aber anders aussehen, weil die Abstände doppelt so groß sind. Aber ----

Lehrer: Endlich können wir je zwei Stufen überspringen und haben die Dreier agn und cip. Versuchen wir drei Stufen zu überspringen, so finden wir, dass es nicht geht. Wir bekommen air und r ist in unserer Leiter nicht vorhanden.

Schüler: So nun können wir wohl an das Werk gehen. Muss ich die grauen Stufen mischen? Ich weiß nicht, ob ich sie genau genug bekommen würde.

Lehrer: Nein, wir wollen uns zunächst von allen solchen Schwierigkeiten frei halten. Hier ist ein Heft von grauen Papieren, die in den Stufen a c e g i l n p gefärbt sind.

Aus ihnen können Sie beliebige Muster durch Ausschneiden und Aufkleben herstellen.

Schüler: Endlich! Aber nun bin ich verlegen, was ich zunächst machen soll.

Lehrer: Das erledigen Sie am besten für sich. Nur Eines möchte ich Ihnen so dringend als möglich nahe legen: *Ihr Thema kann nicht einfach genug sein.* Jedes Mal wenn ich junge Künstler in die Farbenlehre einführte, habe ich ihnen immer wieder den Spruch sagen müssen; weniger ist mehr! Mit anderen Worten: die schönheitliche Wirkung wird am sichersten erreicht, wenn das darzustellende Gebilde ganz einheitlich, ohne alles Nebenwerk gedacht und gemacht war. Am besten fangen Sie mit einem ornamentalen Blatt an, indem Sie irgendein Gebilde aus zwei Farben auf der dritten als Grund in regelmäßigen Abständen seitlich und nach unten wiederholen.

Schüler: Ich habe vorher gar nicht recht hingehört, als Sie die möglichen Harmonien entwickelten. Sie nannten als erste ace. Wie soll ich das eigentlich verstehen?

Lehrer: Sie entwerfen das Muster so, dass es aus Flächen in drei verschiedenen Farben besteht. Eine dieser Farben ist das Weiß a, die zweite das Weißgrau c, die dritte das Hellgrau e.

Schüler: Und das gibt immer eine Harmonie?

Lehrer: Immer.

Schüler: Ich kann mir gar nicht vorstellen, dass man das so voraussagen kann.

Lehrer: Man kann es ebenso sicher voraussagen, wie dass die Zusammenstellung der Töne a, c und e immer eine Harmonie geben wird, nämlich den a-Moll-Dreiklang.

Schüler: Sieht die graue Harmonie auch wie ein Moll-Dreiklang aus?

Lehrer: Ich weiß nicht, wie ein Moll-Dreiklang aussieht. Eine ganz ähnliche Grauharmonie besteht aus den Farben ceg. Diese bedeuten in der Musik einen Dur-Dreiklang. Diese haben miteinander gar nichts zu tun und entstehen nur zufällig dadurch, dass ich die Buchstaben für die Benennung der Farben gewählt habe, die in der Musik die Töne bezeichnen. Ich hätte ja auch Zahlen für die Farben wählen können.

Schüler: Ja, das ist wahr. Ich dachte, es sei hier eine tiefe Symbolik verborgen.

Lehrer: Sie haben darüber eine andere Ähnlichkeit übersehen. Wenn man früher eine graue Harmonie entdeckt hätte, so hätte man kein Mittel gehabt, sie zu kennzeichnen. Jetzt braucht man nur anzugeben; dass sie aus den Farben a, c und e besteht, und jedermann ist imstande, sie mit genau derselben harmonischen Wirkung herzustellen, wie der Künstler, der sie zuerst gebraucht hat.

Schüler: Es ist gewissermaßen wie ein Musikstück, dessen Harmonien jedermann nach den gedruckten Noten hervorbringen kann, wenn er nur zu spielen oder zu singen versteht.

Lehrer: Der Vergleich ist ganz zutreffend. Nur besteht der Unterschied, dass ein Tonstück aus vielen Harmonien besteht, die zeitlich aufeinander folgen. Das Bild dagegen ruht und kann deshalb nur eine Harmonie enthalten.

Schüler: Und wie steht es mit den Dissonanzen, welche der Musik die eigentliche Würze geben?

Lehrer: Auf jede Dissonanz folgt im Ablauf der Musik ihre Auflösung; sie ist ohne diese künstlerisch nicht möglich. Das Bild aber bleibt unverändert und wenn eine Dissonanz darin ist, so bleibt sie stehen und kann nie aufgelöst werden.

Schüler: Also darf ein Bild nur Harmonie enthalten?

Lehrer: Es darf nur *eine* Harmonie enthalten, wenn es verständlich sein soll. Diese braucht allerdings nicht nur aus drei Farben zu bestehen. Namentlich bei den bunten Harmonien können vier, fünf und mehr Farben zusammenwirken.

Schüler: Aber ich möchte doch nicht auf die Dissonanzen verzichten.

Lehrer: Das ist eine viel spätere Sorge. Einstweilen kennen Sie ja noch nicht die Harmonien, und deren Studium muss unter allen Umständen vorausgehen.

Schüler: Das wird wohl so sein. Aber noch eine andere Frage beschäftigt mich, die eigentlich noch näher liegt. Wenn ich harmonische Farben zu einander stellen soll, so müssen sie doch irgendwelche Grenzen und Formen haben. Ich sehe ja täglich, dass es schöne Formen gibt, und vielleicht noch mehr hässliche. Wenn man für die Töne und die Farben Gesetze aufstellen kann, nach denen sich Harmonien finden lassen, so sollen doch auch ähnliche Gesetze für die Gestalten möglich sein. Gibt es solche Gesetze?

Lehrer: Gewiss gibt es solche Gesetze. Und sie sind gerade in der richtigen Verfassung, sie zu lernen, denn Sie brauchen sie ja offenbar sehr nötig. In der nächsten Stunde wollen wir darauf eingehen.

V Harmonie der Formen

Lehrer: Heute beginnen wir mit der Lehre von den Formen.

Schüler: Ich bin äußerst gespannt.

Lehrer: Sie erinnern sich, dass wir aus der Betrachtung der verschiedenen Künste zu dem allgemeinen Satz gelangt waren: *Gesetzlichkeit gibt Harmonie*. Also können wir auf die Frage, welche Formen harmonisch sind, kurzweg antworten: die gesetzlichen.

Schüler: So einfach ist die Antwort? Ich muss gestehen, dass ich verblüfft bin, fast erschrocken.

Lehrer: Die Antwort sieht deshalb so einfach aus, weil der Begriff „gesetzlich“ so umfassend ist. Tatsächlich umfasst das Wort ein ganzes Buch, und ein so dickes, wenn man alle Einzelfälle gesetzlicher Formen untersuchen will.

Schüler: Ich kann mir noch nichts dabei vorstellen.

Lehrer: Wir wollen einen Einzelfall herausnehmen, der übrigens in sich reich genug ist. Nicht wahr: alle Kristalle sind schön?

Schüler: Was ich von ihnen kenne, ist schön genug. Ich erinnere mich einen Atlas von Schneekristallen gesehen zu haben. Das waren lauter entzückende Sterne von unglaublicher Mannigfaltigkeit.

Lehrer: Sogar wenn die Kristalle sich nicht vollkommen ausbilden können, wie etwa die Eisblumen an der Fensterscheibe im Winter, verlieren sie ihre Schönheit nicht.

Schüler: Ich habe oft gewünscht, sie zu fotografieren, damit die Schönheit nicht verloren geht.

Lehrer: Sie ist ja immer wieder bereit zu entstehen. Warum sind die Kristalle schön?

Schüler: Da fragen Sie mich zu viel. Wie kann ich in die tiefsten Geheimnisse der schaffenden Natur eindringen!

Lehrer: Das ist gar nicht so schwer. Und die Antwort sollten Sie eigentlich auch schon wissen, denn wir haben eben davon gesprochen.

Schüler: Ich verstehe nicht.

Lehrer: Ich erinnere an unseren Grundsatz: *Gesetzlichkeit gibt Harmonie*. Alle Kristalle bestehen aus kleinen Bausteinen, die gesetzlich geordnet sind. Diese Ordnung bedingt auch ihre Formen. Da also die Formen gesetzlich sind, sind sie auch schön.

Schüler: Ist das wirklich so einfach?

Lehrer: Es ist doch nicht anders, denn alle Kristalle sind gesetzlich und alle sind schön.

Schüler: Aber doch mehr oder weniger.

Lehrer: Freilich, denn unser Schönheitsgefühl wird noch durch einiges Andere beeinflusst. Aber hässliche Kristalle gibt es nicht.

Schüler: Das ist wahr. Aber in der Schmuckkunst wird doch von den Formen der Kristalle nur selten Gebrauch gemacht, und die Ornamente müssten sich doch alle auf Kristalle zurückführen lassen, wenn sie gesetzlich sind.

Lehrer: Das ist ein falscher Schluss. Die Gesetze der Kristalle sind nur ein kleiner Teil der möglichen Formgesetze und deshalb gibt es viele Formschönheiten nach anderen Gesetzen.

Schüler: Bitte, erklären Sie mir die Sache von Grund aus. Ich sehe, dass etwas dahinter steckt, vielleicht sogar sehr viel, aber ich möchte hier stufenweise vom Einfachsten aus vorgehen.

Lehrer: Das ist gerade, was ich wünsche. Was besagt ein Gesetz im Gebiet der Formen? Antwort: Wiederholung. Also müssen wir die verschiedenen Arten feststellen, wie man eine Form gesetzlich wiederholen kann.

Schüler: Das klingt sehr abstrakt.

Lehrer: Wir wollen es gleich konkret haben. Aus einem Stück steifen Papier schneiden wir uns irgendeine beliebige Form heraus, so dass eine Schablone entsteht. Diese Form ist natürlich für sich nicht schön. Auch wenn wir die Form in willkürlicher Weise auf einem Blatt Papier wiederholt schablonieren, kommt nichts Schönes heraus. Nun aber ziehen wir eine gerade Linie, teilen sie in gleiche Abstände und schablonieren eine wohl ausgerichtete regelmäßige Reihe darauf: sofort ist eine schöne Wirkung da.

Schüler: Imponierend schön ist das nun eben nicht.

Lehrer: Der Aufwand von geistigen Mitteln bei der Erzeugung dieses Bandes war ja auch so groß nicht, dass man das erwarten sollte. Ziehen Sie noch oben und unten eine Linie, um das Band gegen den Grund abzusetzen.

Schüler: Sie haben recht; das Band macht wirklich einen guten Eindruck und könnte z.B. zum Einrahmen einer Drucksache verwendet werden. Kann man wirklich mit jeder beliebigen Form solche Bänder machen?

Lehrer: Sie haben ja bei der Herstellung der Schablone gar nicht an das Band gedacht. Erinnern Sie sich doch, dass alle möglichen Dinge gut aussehen, wenn sie genau aufgereiht werden. Sogar Menschen und Pferde. Das ist doch z.B. die Hauptsache bei Paraden.

Schüler: Ich muss mich erst daran gewöhnen, das Gesetz überall anzuwenden oder zu erkennen, wo man sich gar nicht darauf gefasst gemacht hat.

Lehrer: Sie müssen sich den trivialen Satz abgewöhnen: keine Regel ohne Ausnahmen. Sie ist von den Sprachlehren gemacht worden, deren Objekt allerdings den Satz rechtfertigt. Aber die wissenschaftliche Regel, das Gesetz, gestattet grundsätzlich keine Ausnahme und muss sich immer verwirklichen, wo die Voraussetzungen erfüllt sind. Und stellt sich tatsächlich einmal eine Ausnahme ein, so ist das ein Zeichen, dass der Fall besser untersucht oder das Gesetz besser ausgedrückt werden muss.

Schüler: Ich sehe: zum Naturgesetz gehört Mut.

Lehrer: Es gibt nichts Zuverlässigeres als die Natur, wenn man sie richtig verstanden hat. So wollen wir es auch in unserem Fall vertrauensvoll anwenden, indem wir Farbenharmonie und Formenharmonie verbinden.

Schüler: Das ist keine leichte Aufgabe.

Lehrer: Sie wird leicht, wenn wir uns vom Gesetz leiten lassen. Wir haben gesehen, dass irgendeine Gestalt in regelmäßiger Reihung Formschönheit gibt. Wir wählen also irgendeine graue Harmonie, z. B. cgl, und beschließen, daraus ein wohl gereihtes Band zu bilden. Hierzu wird zunächst von einem der grauen Blätter der Länge nach ein Streifen etwa 3 cm breit abgeschnitten, der als Grundlage dienen soll.

Schüler: Hurra, jetzt geht die Arbeit an. Welches Blatt?

Lehrer: Irgend eines. Nehmen Sie l.

Schüler: Es ist geschehen.

Lehrer: Nun schneiden Sie 6 oder 8 quadratische Stücke vom Blatt g, etwa 3 cm groß, legen sie aufeinander und schneiden mit der Schere irgendeine Gestalt aus, wie sie Ihnen in den Sinn kommt.

Schüler: Fertig.

Lehrer: Nun werden diese Blättchen auf der Rückseite mit Kleister bestrichen und in gleichen Abständen gleichgerichtet auf den Streifen l geklebt.

Schüler: Es fängt schon an nach etwas auszusehen.

Lehrer: Jetzt schauen Sie sich das Band darauf an, wo man an oder neben jeder Form in g noch ein Stückchen vom hellsten Grau c anbringen könnte, das am besten deutlicher kleiner als g gewählt wird. Sie zögern? Seien Sie nur nicht ängstlich; es kommt immer etwas heraus. Schneiden Sie man ebenso viel Blättchen und kleben sie an übereinstimmenden Stellen ein.

Schüler: So, da wären wir fertig. Ich muss sagen, obwohl ich es selbst gemacht habe; es ist überraschend hübsch geworden.

Lehrer: Weil Sie sowohl für die Formen wie für die Farben das „Gesetz der Gesetzmäßigkeit“ eingehalten haben.

Schüler: Ich habe nicht geglaubt, dass das Schöne so leicht zu schaffen ist.

Lehrer: Schönheit machen ist nicht schwerer, als etwa Salpetersäure machen, wenn man nur die Gesetze dafür kennt und befolgt.

Schüler: Aber mir fällt eben ein: Sie haben mir doch angegeben, in welcher Ordnung ich die drei Stufen cgl verwenden soll. Kommt auch dann etwas Schönes heraus, wenn ich etwa g zum Grund und l zum größeren Muster nehme?

Lehrer: Darauf können Sie die Antwort selbst finden, wenn Sie ein solches Band ausführen.

Schüler: Ja, und dass kann ich auch bei den Mustern wechseln. Das gibt ja schrecklich viele verschiedene Bänder aus denselben Farben!

Lehrer: So viele sind das nicht, nämlich nicht mehr als 6. Wir können folgende Anordnung treffen:

Grund	großes	kleines Feld
c	g	l
c	l	g
g	c	l
g	l	c
l	c	g
l	g	c

Mehr Möglichkeiten gibt es nicht. Die Ergebnisse sehen äußerst verschieden aus. Sie werden sehr viel lernen, wenn Sie alle 6 Ordnungen ausführen, immer mit denselben Formen, und sie mit einander vergleichen.

Außerdem erinnere ich daran, dass die Harmonie cgl nur eine von den vielen ist, die man mittels der Graustufen a c e g i l n p zusammenstellen kann. Ich habe Ihnen schon früher einmal die möglichen Fälle aufgezählt. Es ist notwendig, dass Sie jede dieser 12 grauen Harmonien kennen lernen.

Schüler: Soll ich immer dieselben Formen benutzen?

Lehrer: Jawohl. Das ist notwendig, damit Sie einen fehlerfreien Vergleich anstellen können.

Schüler: Und in welcher Ordnung soll ich die drei Farben im Band anbringen?

Lehrer: In allen 6 möglichen Ordnungen, wie ich das Ihnen für die Gruppe cgl entwickelt habe.

Schüler: Das kann ja kein Mensch machen das wird zuviel!

Lehrer: Es ist ja gar nicht so schlimm. Wir haben 12 Harmonien, jede in 6 Ordnungen, das macht 72 verschiedene Bänder. Damit Sie nicht zuviel Graupapier daran verbrauchen, können Sie jedes Blatt kleiner machen. Aber es ist doch besser, die größere Ausführung zu wählen, weil man da viel deutlicher die Art und den Eindruck der Harmonie studieren kann.

Schüler: Und dieser großen Arbeit soll ich jenes mehr zufällige Muster unterlegen, mit dem ich den ersten Versuch gemacht habe?

Lehrer: Es wird wohl besser sein, Sie machen sich einige verschiedene Vorlagen und wählen unter ihnen die aus, die Ihnen am besten gefällt.

Schüler: Das will ich gewiss tun.

Lehrer: Achten Sie nur dabei darauf, dass die Formen nicht allzu umständlich auszuschnitten sind. Denn da es sich um einige Stunden handelt, so fällt etwas Arbeit mehr oder weniger doch deutlich ins Gewicht.

VI Die drei Wiederholungen

Lehrer: Sie haben in der vorigen Stunde ein einfaches Verfahren kennen gelernt, um aus jeder beliebigen Form ein harmonisches Gebilde herzustellen.

Schüler: Man bekommt damit aber nur Bänder. Und ich habe in einem Atlas der Ornamente nachgesehen: es gibt noch viele Arten harmonischer Formen, die nicht Bänder sind.

Lehrer: Es gibt noch andere Arten, aber nicht viele. Wir wollen uns die Aufgabe stellen, die anderen Arten aufzusuchen.

Schüler: Das scheint mir eine endlose Unternehmung.

Lehrer: Sie ist es nicht, wenn man eine zweckmäßige Zusammenfassung oder Begriffsbildung vornimmt. Was wir in der vorigen Stunde kennen gelernt haben, wollen wir allgemein *Schiebung* nennen, weil man solche Muster erhält, wenn man die Grundform längs einer geraden Linie um je ein gleiches Stück vorschiebt. Die meisten bandförmigen Ornamente sind durch Schiebung erzeugt und unterscheiden sich nur durch die Grundform, welche verschoben wird.

Schüler: Außerdem gibt es aber noch Sterne und Rosetten und allerlei symmetrische Formen.

Lehrer: Diese wollen wir nun in Betracht ziehen. Nehmen Sie wieder irgendeine Grundform als Schablone und stecken Sie sie irgendwie an der Seite mit einer Nadel auf dem Papier an, so dass Sie die Schablone um die Nadel drehen können. Jetzt zeichnen Sie die Form durch, drehen die Schablone um einen Winkel, wiederholen die Zeichnung und fahren so fort, bis Sie im Kreis herum gekommen sind.

Schüler: Ja, ich sehe, es kann etwas dabei heraus kommen, was sich ansehen lässt. Aber es wirkt unschön, weil die Abstände so unordentlich sind.

Lehrer: Sie empfinden den Mangel an Gesetzlichkeit als einen Mangel an Harmonie; das hätten Sie aus dem Grundgesetz voraussehen können.

Schüler: Wie soll ich es besser machen? Wenn ich auch gleiche Abstände einhalte, so bin ich nicht sicher, dass beim Anschluss an den Anfang wieder derselbe Abstand heraus kommt.

Lehrer: Sie müssen den Kreis vorher gleichförmig einteilen.

Schüler: In wie viel Teile?

Lehrer: Wie viel Sie wollen; bei den im Laufe der Jahrtausende gebildeten Ornamente können Sie alle Zahlen von 2 bis 10 und mehr finden.

Schüler: Also mache ich 6 Teile; da brauche ich nur einen Kreis zu zeichnen und mit dem Halbmesser⁶ die Stücke auf dem Umfang anzuzeichnen.

Lehrer: Ganz recht. Die Nadel kommt in den Mittelpunkt und Sie achten darauf, dass der Rand der Schablone immer auf einen Teilpunkt fällt. Sie zeichnen dann jedes Mal die Grundform ab.

Schüler: Jetzt sieht es wirklich ganz gut aus.

Lehrer: Sie können noch viel schönere Sachen erhalten, wenn Sie wieder die Formen aus Graupapier ausschneiden und das Muster nach einer der 12 Harmonien ausführen.

Schüler: Das will ich gewiss tun und mehr als ein Muster machen.

⁶ OSTWALD war bestrebt, auch in der Fachsprache deutsche Begriffe einzuführen. Er sprach deshalb von Halbmesser anstelle von Radius.

Lehrer: Mann nennt diese zweite Art der Wiederholung einer Form *Drehung*⁷ und das entsprechende Gebilde einen Drehling. Je nach der Einstellung des Kreises gibt es 2-, 3-, 4-, 5-, 6-zählige Drehlinge usw.

Schüler: Die Drehung ist eigentlich ziemlich ähnlich wie die Schiebung. Nur kommt man bei der Schiebung nie zu einem wirklichen Ende.

Lehrer: Ganz richtig. Wenn man sich den Drehpunkt immer weiter von der Grundform fortgerückt denkt, so geht die Drehung zuletzt in die Schiebung über, weil der Kreis unendlich groß wird und man die Kreislinie nicht mehr von einer Geraden unterscheiden kann.

Schüler: Ja, das kann ich begreifen.

Lehrer: Wir kommen nun zu der dritten Art der Wiederholung: es ist die *Spiegelung*. Wenn man einen Spiegel neben irgendeine Form stellt, so ergeben Form und Spiegelbild zusammen einen *Spiegelung*.

Schüler: Ist das nicht dasselbe, was man symmetrisch nennt?

Lehrer: Es ist so ziemlich dasselbe, nur das man das Wort symmetrisch nicht genau auf solche Gebilde beschränkt, die wir Spiegelungen nennen. Spiegelungen lassen sich auf mancherlei Weise erzeugen. Ich falze ein Stück Papier, mache innen einen Tintenlecks, lege das Papier zusammen und reibe den Klecks auseinander. Wenn ich das Papier öffne, so habe ich einen Spiegelung, der zweifellos einen gewissen schönheitlichen Reiz hat.

Schüler: Ich muss lachen, denn als Kind habe ich oft solche Doppelleckse gemacht; sie haben mir auch gut gefallen.

Lehrer: Dem Dichter Justinus KERNER⁸ haben sie so gut gefallen, dass er ganze Sammlungen davon hergestellt und an seine Freunde verschenkt hat. In seinen gesammelten Werken finden sich viele abgebildet, die er mit Gedichten versehen hat.

Schüler: Ich betrachte eben das Blatt: die linke Seite ist doch eigentlich keine Wiederholung der Form, sondern gewissermaßen eine Umkehrung. Die Teile sind alle dieselben, aber sie sind hier sozusagen rechtsherum geordnet und auf der anderen Seite linksherum.

Lehrer: Ganz richtig; das ist eben der Unterschied zwischen Schiebung und Spiegelung. Geometrisch stellt sich das folgendermaßen heraus. Bei der Schiebung sind die Verbindungslinien zwischen entsprechenden Punkten alle parallel und gleich lang. Bei der Spiegelung liegen die entsprechenden Punkte gleich weit rechts und links vom Spiegel.

Schüler: Ich will mir das noch für mich mit Ruhe ansehen.

Lehrer: Es ist ein wesentlicher Punkt hierbei; dass bei der Spiegelung sich Gegenstand und Spiegelbild im allgemeinen nicht zur Deckung bringen lassen, z. B. die rechte und die linke Hand. Bei der Schiebung ist es natürlich immer möglich, denn die Schiebung ist was man in der Geometrie eine Deckbewegung nennt.

Schüler: Ist nicht auch die Drehung eine Deckbewegung?

⁷ Die Begriffe Drehung, Schiebung, Spiegelung und Streckung s.a. OSTWALD, Wilhelm: Die Welt der Formen : Entwicklung und Ordnung der gesetzlich-schönen Gebilde. Leipzig : Unesma, 1922 - 1925. - 4 Mappen (12x16,5 cm): Mappe 1. - 1922. - 38 S. Text +Taf. 1-62; Mappe 2. - 1922. - 16 S. Text +Taf. 63-120; Mappe 3. - 1923. - 20 S. Text +Taf. 121-190; Mappe 4. - 1925. - 10 S. Text +Taf. 191-240.

⁸ Justinus KERNER (1786-1862), Arzt und Schriftsteller.

Lehrer: Ganz richtig. Eine ebene Form kann man in ihr Spiegelbild verwandeln, wenn man sie umklappt, so dass die obere Seite nach unten kommt. Das hatten wir beim Klecks gemacht. So muss man auch eine Schablone umkehren, wenn man das Spiegelbild zeichnen will.

Schüler: Jetzt habe ich also gelernt, was Schiebung, Drehung und Spiegelung sind. Gibt es noch andere Gesetze für die Harmonie der Formen?

Lehrer: Man kann noch ein sehr allgemeines Gesetz aussprechen, das gewissermaßen oberhalb jener steht. Denken Sie sich ein ebenes harmonisches Muster nach jenen Gesetzen auf einer Haut von elastischen Gummi ausgeführt. Dann bekommt man harmonische Formen anderer und freierer Art, wenn man sich die Haut mit der Zeichnung gestreckt, aufgeblasen, über einen Körper gespannt oder sonst irgendwie elastisch umgeformt denkt. Diese ist die Art, wie man z. B. ein ebenes Ornament auf einen Krug oder eine Vase übertragen kann. Wir wollen diese sehr allgemeine Ableitung freierer Formen aus strengeren *Streckung* nennen.

Schüler: Ist das nicht ebenso viel, als wenn man das Muster ganz willkürlich durcheinander rühren wollte?

Lehrer: Durchaus nicht. Denn die allgemeinen Verhältnisse bleiben ja erhalten und alle Geraden verwandeln sich in ganz bestimmte Linien, welche die kürzesten auf der neuen Fläche sind. Es besteht also auch bei diesen abgeleiteten Formen eine genaue Gesetzmäßigkeit und deshalb sehen sie gut aus.

Schüler: Ich sehe, da steckt wieder allerlei dahinter.

Lehrer: Freilich, aber wir müssen es da stehen lassen, weil unsere praktischen Aufgaben es nötig machen. Diese beschränken sich zunächst durchaus auf ebene Muster, also auf Schiebung, Drehung, Spiegelung und ebene Streckung.

Schüler: Damit wären wir also fertig.

Lehrer: Noch nicht. Wir können an einem Muster zwei von diesen betätigen, oder auch alle drei. Bezeichnen wir Schiebung mit s, Drehung mit d und Spiegelung mit m, so haben wir folgende Fälle:

- | | | |
|--------|-------|-------|
| 1. s | 2. d | 3. m |
| 4. sd | 5. sm | 6. dm |
| 7. sdm | | |

Das sind also sieben Möglichkeiten, die sich noch dadurch erweitern, dass wir die gleiche Veränderung wiederholt unter neuen Bedingungen anwenden können.

Schüler: Das letzte habe ich nicht verstanden.

Lehrer: Sie haben zunächst z. B. ein Band durch Schiebung einer Form längs einer Geraden hergestellt. Dann können Sie das ganze Band wieder nach einer anderen Richtung (z. B. senkrecht zur ersten) verschieben, und erhalten so ein Muster, das eine Fläche unbegrenzt deckt.

Schüler: Bitte erklären Sie mir auch noch an einem Beispiel, was sd, sm und dm bedeutet.

Lehrer: Zunächst bedeutet sd die Verbindung von Schiebung und Drehung. Wir stellen aus der Grundform einen Drehling her und machen aus solchen Drehlingen durch Schiebung ein Band. Bei dm machen wir einen Drehling mit einer Form, die aus der

Grundform und ihrem Spiegelbilde besteht. Auch kann man die Reihenfolge umkehren, doch sind die beschriebenen Fälle die einfacheren.

Schüler: Ich bin ganz verwirrt von allen diesen Möglichkeiten und weiß nicht, wie ich zu einer klaren Anschauung gelangen könnte.

Lehrer: Dazu kommt man, wenn man alle diese Fälle an einem Beispiel durcharbeitet, oder noch besser mit mehreren recht verschiedenen Grundformen.

Schüler: Das ist wieder eine grenzenlose Arbeit.

Lehrer: Wenn es sich nur um die Gewinnung der Anschauung handelt, so kann man sich der Ausführung auf das Einfachste und Forderlichste beschränken. Schneiden Sie aus einem Kork, einer Kartoffel oder einem Stück Linoleum (das Sie hernach mit einem Griff versehen) einen Stempel mit der Grundform, dann können Sie ihn mittels Tinte oder Tusche in beliebiger Wiederholung abdrucken. Das Papier wählen Sie so billig, als Sie es nur bekommen; wenn es schlecht geleimt ist und saugt, so kommen die Abzüge umso sauberer. Jedes Mal schreiben Sie auf das Blatt, welche Art der Wiederholung vorliegt.

Schüler: Aber Spiegelung kann man doch mit dem Stempel nicht machen.

Lehrer: Hierfür schneiden Sie einen zweiten Stempel, der das Spiegelbild gibt. Und nun gehen Sie an die Arbeit.

VII Die bunten Farben

Lehrer: Heute fangen wir an, uns mit den bunten Farben zu beschäftigen.

Schüler: Endlich! Ich bin froh, dass wir mit den unbunten fertig geworden sind.

Lehrer: Fertig sind wir mit denen noch lange nicht. Aber wir sind bei ihnen vorläufig so weit zu Hause, dass wir uns nicht mehr verirren können. Nun wollen wir sehen, wie viel Sie schon von den Buntfarben wissen.

Schüler: Es gibt drei primäre Farben, Gelb, Rot, Blau, aus denen man alle anderen mischen kann. Mischt man sie zu gleichen Teilen, so entstehen die sekundären Farben Orange, Violett, Grün. Mischt man alle drei, so entsteht Weiß.

Lehrer: O jemine! Das ist alles falsch und Sie müssen sich Mühe geben, mit Haut und Haaren zu vergessen.

Schüler: Aber ich habe es doch in der Schule so gelernt und in allen Schriften über Farbenlehre, die ich gelesen habe, steht es ebenso.

Lehrer: In den antiken Lehrbüchern der Astronomie steht auch, dass die Sonne um die Erde läuft und bis zum 18. Jahrhundert konnten Sie in den chemischen Lehrbüchern lesen, dass Feuer, Luft, Wasser und Erde die Elemente aller Stoffe sind.

Schüler: Warum lehrt man das denn, wenn es falsch ist?

Lehrer: Man hat es bis vor 10 Jahren nicht besser gewusst und die meisten schämen sich zuzugeben, dass Sie in einem Irrtum befangen waren. Aber heute gibt es schon eine ganz ansehnliche Zahl von Leuten, die das Richtige wissen und damit erfolgreich [arbeiten]; ihr Kreis wird schnell größer.

Schüler: Wie soll ich denn die Buntfarben ansehen?

Lehrer: Zunächst gibt es bekanntlich unzählig viele Buntfarben. Sie bilden eine steti-ge Reihe, wie die unbunten. Aber mit dem großen Unterschied, dass die Reihe nicht zwischen zwei äußersten Endpunkten liegt, sondern in sich zurück läuft, also keinen Anfang und kein Ende hat.

Schüler: Sie meinen den Farbenkreis oder das Spektrum?

Lehrer: Ich meine den Farbenkreis oder genauer Farbtonkreis, aber nicht das Spektrum. Denn dieses läuft ja nicht in sich zurück und hat Anfang und Ende. Im Spektrum fehlen die Purpurfarben, welche im Farbtonkreis zwischen Rot und Blau liegen.

Schüler: Weshalb fehlen sie da?

Lehrer: Das ist die Frage, zu deren Beantwortung eine Menge Dinge gehören, die wir erst untersuchen müssen. Wir stellen den Farbtonkreis so auf, dass oben *Gelb* steht, rechts *Rot*, unten *Blau* und links *Grün*. Zwischen Gelb und Rot liegt die Farbe, die man bisher Orange genannt hat. Dies ist ein Fremdwort und dreisilbig. Wir sagen dafür *Kress*, nach der Farbe der Kapuzinerkresse, das ist deutlich und einsilbig. Zwischen Rot und Blau liegt *Veil*, die Farbe des Veilchens; auch dieser neue Name ist einsilbig und kein Fremdwort. Beim Blau muss man zwei Arten unterscheiden: das mehr rötliche Ultramarinblau oder *Ublau* und das mehr grünliche *Eisblau*, die Farbe des reinen Eises, wie man z. B. in Gletscherspalten sieht. Ebenso muss man zwei Arten Grün unterscheiden; das kalte, bläuliche *Seegrün* und das warme, gelbliche *Laubgrün*. Das gibt im Ganzen acht Hauptfarben.⁹

⁹ siehe hierzu: OSTWALD, Wilhelm: Die Farbschule : eine Anleitung zur praktischen Erlernung der wissenschaftlichen Farbenlehre. Leipzig : Unesma, 1919, S. 18-19.

Schüler: Die alte Ordnung war einfacher. Weshalb ändern?

Lehrer: Die Gründe können erst folgeweise zur Sprache kommen. Ohne den Zwang der Tatsachen hätte man ja die alte Ordnung nicht aufgegeben. Auch die alte chemische Lehre von den 4 Elementen war viel einfacher, als die neue, nach der es über 70 gibt. Aber man konnte mit ihr nichts machen. Auch mit der Dreifarbenlehre ist man überall angeeckt und hat nicht weiter gekonnt. Am deutlichsten dritt das darin zu Tage, dass es früher unmöglich war, Farben zu messen. Heute kann man es. Und die Gesetze der Harmonie lassen sich nur durch Messungen aufstellen und aussprechen. Früher hat man keine solchen Gesetze gekannt.

Schüler: Doch ich habe seinerzeit eine ganze Anzahl gelernt.

Lehrer: Haben Sie mit ihrer Hilfe wirklich Farbenharmonien hergestellt?

Schüler: Wenn ich ehrlich sein soll, nein. Da habe ich z. B. gelernt, dass Rot und Grün eine Harmonie bilden. Aber es gibt so viele Rot und so viele Grün, und die meisten Zusammenstellungen von beiden sind nicht schön.

Lehrer: Nun, künftig werden Sie lernen; dies bestimmte Rot gibt mit jenem bestimmten Grün eine Harmonie, aber keineswegs mit jedem beliebigen.

Schüler: Das wäre allerdings ein großer Fortschritt.

Lehrer: Wir kehren zum richtigen Farbtonkreis zurück. Hier sehen Sie einen. Weil es technisch nicht geht, einen genauen Kreis mit stetigen Übergängen herzustellen, sind 24 Punkte aus dem Kreis dargestellt. Sie stehen sich nahe genug, dass man sich den stetigen Zusammenhang vorstellen kann.

Schüler: Ich finde, dass der Kreis viel mehr Blau und Grün enthält, als man gewöhnlich sieht. Und links unten, zwischen Eisblau und Seegrün erscheinen mir die Stufen so nahe, dass ich mich nicht getrauen würde, sie zu unterscheiden.

Lehrer: Das liegt daran, dass man diese Farben so selten sieht. Bei den Blumen kommen sie gar nicht vor, bei den Vögeln sehr selten und ebenso selten bei den Schmetterlingen. Sogar bei den zahllosen Teerfarbstoffen, mit denen die neuere Chemie uns überschüttet hat, sind Eisblau und Seegrün kaum vertreten. Ich, der ich seit 15 Jahren den Farbtonkreis kenne, finde keine Schwierigkeiten mehr, die Stufen zu unterscheiden, obwohl ich sie anfangs ähnlich wie Sie, fast als gleich empfand. Eine weitere Ursache der Unsicherheit ist außerdem die gelbe Farbe des künstlichen Lichts, welche gerade in diesem Gebiet die Farben am stärksten angleicht. Aber die Einteilung ist durch unzweifelhafte, wissenschaftliche Messungen festgelegt und so muss man sie nehmen, wie sie ist.

Schüler: Kann ich verstehen, worauf diese Messungen herauskommen?

Lehrer: Sie kennen doch den Begriff der Komplementär- oder Ergänzungsfarben?

Schüler: Gewiss: Rot und Grün, Violett und Gelb, Blau und Orange: immer eine primäre Farbe und die sekundäre, die aus den beiden anderen gemischt ist.

Lehrer: Sehen Sie: das ist alles falsch oder ungenau. Die Gegenfarbe von Gelb ist nicht Veil, sondern Ublau, die von Veil ist nicht Gelb, sondern Laubgrün. Die beiden anderen Paare sind Rot und Seegrün, Kress und Eisblau.

Schüler: Kann man das beweisen?

Lehrer: Natürlich, Komplementär- oder Ergänzungsfarben heißen so, weil sie sich beim Mischen auslöschen und ein unbuntes Gemisch nämlich Grau geben. Sie können die Versuche mit dem kleinen Kreisel machen; die nötigen Buntpapiere entnehmen

Sie dem Heft, das die 8 Hauptfarben des Farbtonkreises enthält. Sie machen je eine Scheibe mit einem Schlitz und stecken sie ineinander wie früher Weiß und Schwarz.

Schüler: Wie bekomme ich das richtige Verhältnis zwischen beiden Farben?

Lehrer: Von den kalten Farben Veil, beide Blau, Seegrün muss etwa die Hälfte mehr genommen werden, als von den warmen. Die genaue Einstellung probiert man aus. Versuchen Sie zunächst Gelb und Veil zu mischen.

Schüler: Es kommt ein trübes Rot.

Lehrer: Wenn Sie den gelben Anteil vergrößern, so wird das Rot wärmer, weil Veil kälter; auf keine Weise können Sie damit Grau machen. Nun nehmen Sie Ublau statt das Veil.

Schüler: Das ist schon ziemlich nahe Grau, etwas zu gelblich. So jetzt scheint es mir richtig. Es ist also wirklich wahr, Gelb und Ublau sind Ergänzungsfarben. Ich dachte, sie müssen Grün geben.

Lehrer: Das bekommt man aus Gelb und Eisblau. Machen Sie den Versuch.

Schüler: Es stimmt. Aber das Grün ist ziemlich trübe.

Lehrer: Nun prüfen Sie die anderen Gegenfarbenpaare, die ich ihnen genannt habe: Kress und Eisblau, Rot und Seegrün, Veil und Laubgrün.

Schüler: Es entsteht wirklich jedes Mal Grau. Wie kommt es, dass es so genau stimmt?

Lehrer: Sehr einfach! Der Farbtonkreis ist eben mit Hilfe solcher Mischungsversuche eingeteilt worden. Überall stehen sich die Gegenfarben genau gegenüber.

Schüler: Ja, dann ist es keine Kunst.

Lehrer: Richtig. Es ist keine Kunst, sondern eine Natur. Bei der Einstellung des Farbtonkreises sind eben die natürlichen Verhältnisse maßgebend gewesen, wie die Beobachtung sie liefert, und nicht falsche theoretische Vorstellungen, wie sie früher allgemein gehegt wurden.

Schüler: Ja, grau ist alle Theorie.

Lehrer: Grau, d. h. irreführend sind nur falsche Theorien. Richtige sind dagegen nicht nur den Forscher, sondern auch dem Praktiker das tägliche Brot, ohne das er nichts leisten kann.

Schüler: Auch dem Praktiker?

Lehrer: Haben Sie es nicht vor kurzem selbst erlebt? Ohne Theorie hätten Sie nie etwas von den wunderschönen grauen Harmonien erfahren, die Sie jetzt schon richtig anzuwenden verstehen, wenn Sie auch ihren ganzen Wert selbst nach jahrelanger Arbeit nicht werden ausschöpfen können.

Schüler: Aber der gottbegnadete Künstler schafft seine unvergänglichen Werke ohne alle Theorie.

Lehrer: Der Künstler muss sich ohne Theorie behelfen, so lange es keine gibt. Aber in der Tonkunst, deren Theorie besser entwickelt ist, als die irgend einer anderen Kunst, wagt kein Komponist sich an ein ernstliches Werk, bevor er Harmonielehre, Kontrapunkt, Instrumentierlehre und manches andere aus der Theorie der Musik gelernt hat.

Schüler: Das ist wahr. Und wie steht es in der Malerei?

Lehrer: In der Bildkunst hat es bisher sehr an brauchbaren Theorien gefehlt. Am besten entwickelt ist die Perspektive. Als diese erfunden wurde, haben sich DÜRER¹⁰ und

¹⁰ Albrecht DÜRER (1471-1528), Grafiker, Maler, Zeichner und Kunstschriftsteller.

RAFFAEL,¹¹ beide damals junge Künstler, auf das ernstlichste bemüht, sie zu erlernen, und man kann an ihren Werken sehen, mit welcher Freude sie sie angewendet haben, und welche Fortschritte sie im Laufe der Zeit darin machten.

Schüler: Und die neue Farben- und Formenlehre?

Lehrer: Sie wird von den meisten heutigen Künstlern mit Abscheu abgelehnt.

Schüler: Es sind vielleicht keine Raffael und Dürer.

¹¹ RAFFAEL (eigentl. Raffaello SANTI) (1483-1520), italienischer Maler und Baumeister.

VIII Die Normung des Farbtonkreises

Lehrer: Was wir letztlich über den Farbtonkreis besprochen haben, ist nur ein kleiner Teil von dem, was Sie darüber wissen müssen und wir wollen nun zu den anderen Fragen übergehen.

Schüler: Warum nennen Sie den Kreis Farbtonkreis und nicht einfach Farbkreis oder Farbkreis?

Lehrer: Weil unter Farben alle unmittelbaren Gesichtsempfindungen gehören, z.B. auch die grauen. Diese kommen aber nicht im Kreise vor.

Schüler: Daran habe ich nicht gedacht.

Lehrer: Von den unbunten Farben sind die bunten dadurch verschieden, dass sie die neue, bunte Eigenschaft haben, deren einzelne Erscheinungsarten wir Gelb, Kress, Rot usw. nennen. Diese Eigenschaft hat schon vor 70 Jahren der große Physiker HELMHOLTZ¹² mit dem Namen Farbton belegt, und seitdem ist diese Bezeichnung in der Wissenschaft üblich geblieben.

Schüler: Ich dachte, Farbtöne nennt man alle die Abstufungen und Abwandlungen der Farben.

Lehrer: Das ist ein ungenauer und unwissenschaftlicher Sprachgebrauch, denn für diesen allgemeinen Begriff hat man das allgemeine Wort Farben. Also Erbsgelb und Flaschengrün und Taubenblau sind Farben und nicht Farbtöne. Farbtöne sind Gelb, Kress, Rot, Veil, Ublau, Eisblau, See grün, Laubgrün mit allen Übergängen dazwischen. Ob ein Rot blass ist oder rein oder schwärzlich: es hat immer den Farbton Rot.

Schüler: Aha; jetzt sehe ich, warum Sie vom Farbtonkreis reden. In ihm sind alle Farbtöne nach der Ordnung zusammengestellt.

Lehrer: Richtig. Farben, in denen nur der Farbton ohne alle Beimischung, sich bestätigt, heißen *Vollfarben*.

Schüler: Sind die Farben des Kreises, den Sie mir letztlich zeigten, Vollfarben? Sie kamen mir ungewöhnlich rein vor.

Lehrer: Nein. Die Vollfarben sind ein Ideal, dem man sich nur annähern kann, ohne es zu erreichen. Alle wirklichen Buntfarben enthalten neben Vollfarbe gewisse Mengen Weiß und Schwarz. Je weniger sie davon enthalten, umso reiner sehen sie aus. Enthalten sie viel Weiß, so nennt man sie *blass*. Schwarz macht sie *dunkel* und grau, d. h. Schwarz und Weiß zusammen, macht sie *trüb*. Wir beschäftigen uns zunächst mit den möglichst reinen Farben, die den Vollfarben nahe kommen, wollen aber nie vergessen, dass etwas Unbunt auch in den reinsten Farben enthalten ist.

Schüler: Wie kann man denn wissen, ob man eine Vollfarbe hat oder nicht?

Lehrer: Durch Messung. Es gibt Mittel und Wege, den Gehalt an Weiß und an Schwarz in jeder vorgelegten Farbe zu messen, ebenso wie man den Gehalt an Weiß und Schwarz in jedem Grau messen kann. Nur ist das Verfahren bei Buntfarben natürlich etwas verwickelter, kommt aber im Grunde auf etwas ganz Ähnliches heraus.

Schüler: Kann ich erfahren, wie man solche Messungen macht?

Lehrer: Später. Einstweilen haben wir noch so viel mit den allgemeinen Fragen der Ordnung zu tun, dass wir die Lehre vom Messen aufschieben müssen.

¹² Hermann Ludwig Ferdinand VON HELMHOLTZ (1821-1894), 1871 Prof. für Physik an der Univ. Berlin, Mitbegründer der Dreifarben Theorie.

Schüler: Über die Ordnung der Farbtöne im Farbtonkreis bin ich doch schon ganz gut im Bilde.

Lehrer: Es ist noch mancherlei zu ergänzen. Vor allen Dingen müssen wir die Farbtöne *normen*.

Schüler: Man muss also aus den unendlich vielen Farbtönen eine endliche Anzahl auswählen, nicht zu *groß* und nicht zu klein, welche alle Zwischentöne vertreten können.

Lehrer: Sehr gut; Sie haben sich den Begriff der Normung gut gemerkt. Was meinen Sie, könnte man nicht einfach die 8 Hauptfarben zu Normen ernennen.

Schüler: Die Anzahl wäre jedenfalls nicht zu groß. Aber vielleicht ist sie zu klein.

Lehrer: Zu klein ist sie, wenn die Sprünge von einem Farbton zum anderen zu groß sind, oder wenn zu wenig Vertreter für ein Gebiet da sind. Glauben Sie, dass man z. B. mit einem einzigen Rot als Norm auskommen wird.

Schüler: Sicher nicht. Jedermann kann doch Zinnober und Purpurrot unterscheiden.

Lehrer: So ist es auch bei den anderen Farbtönen. Die verschiedenen angestellten Versuche ergaben, dass *drei* Stufen in jeder Hauptfarbe ausreichend und nicht zu viel waren. Auch war der Faktor 3 sehr willkommen wegen der harmonischen Bezeichnung, auf die wir bald kommen werden. Drei Stufen in jede der 8 Hauptfarben machen insgesamt 24 Stufen, und das ergibt jenen Farbtonkreis, den Sie gesehen haben.

Schüler: Mir ist als wäre früher der Kreis in 100 Punkte geteilt gewesen.

Lehrer: Ganz richtig. Das geschah ganz am Anfang der Arbeit, als noch keine Klarheit über die Anzahl der Hauptfarben erreicht war. Als diese sich zu 8 herausstellte, entstanden alsbald Unbequemlichkeiten, weil 100 durch 8 nicht ohne Bruch teilbar ist. Ebenso fehlte die Teilbarkeit durch 3, die wegen der Harmonien erforderlich war. So wurde die 100-Teilung aufgegeben, und die Normung in 24 Farbtönen durchgeführt.

Schüler: Wie sind denn hier die einzelnen Punkte festgelegt worden? Kommt auch hier das FECHNERSche Gesetz in Betracht, wie bei den Graustufen?

Lehrer: Nein, denn im Farbtonkreis findet ja keine leiterartige Abstufung der Reize statt; diese können vielmehr für alle Vollfarben als wesentlich gleich angesehen werden. Die Teilung wurde so ausgeführt, dass jeder Farbton, der aus zwei anderen durch Mischung zu gleichen Teilen der Vollfarben entsteht, im Kreise in die Mitte zwischen beiden gesetzt wurde.

Schüler: Und die Gegenfarben?

Lehrer: Da diese beim Mischen überhaupt keine Buntfarbe ergeben, so mussten sie naturgemäß einander im Kreise gegenüber treten.

Schüler: Ich sehe, da steckt wieder allerlei Nachdenkliches dahinter.

Lehrer: Sie haben Recht, aber wir müssen uns das jetzt versagen. Jedenfalls kann man nach diesem Grundsatz den Kreis eindeutig und endgültig einstellen. Das war früher nicht ausführbar gewesen, solange man die Farben nicht messen konnte.

Schüler: Was war denn hier zu messen?

Lehrer: Sie haben wohl überhört, dass zum Mischen *gleiche Mengen* Vollfarben genommen werden sollten. Um das auszuführen, musste man doch vorher noch messen, wie viel Vollfarbe in den Aufstrichen vorhanden war, aus denen man die Scheiben für den Kreisel herstellte.

Schüler: Ich sehe, das ist eine recht verwickelte Sache.

Lehrer: Sie braucht ja nur einmal ausgeführt zu werden, denn hernach konnte man die festgestellten Farben einfach kopieren.

Schüler: Na, das ist wohl auch nicht leicht.

Lehrer: Es ließ sich ganz gut durch methodische Arbeit bewältigen. Jedenfalls haben wir jetzt die Farbtonnormen und können alle die bekannten Vorteile genießen, welche mit der Normung verbunden sind. Zunächst benutzen wir sie, um die Farbtöne zu benennen.

Schüler: Wir haben ja doch schon die Namen Gelb, Kress, Rot, Veil usw.

Lehrer: Ganz recht. Und wenn wir übereinkommen, die drei Stufen in jeder Hauptfarbe als erste, zweite, dritte zu bezeichnen, so haben wir mit den Namen erstes, zweites, drittes Gelb, Kress, Rot, Veil usw. alle 24 Farbtonnormen erfasst.

Schüler: Da wären wir also fertig.

Lehrer: Noch nicht ganz. Wir brauchen für die Bezeichnung der Farbnormen möglichst kurze und einfache Zeichen, ähnlich der Notenschrift, die für die Tonnormen dient.

Schüler: Sind denn die Töne genormt? Ich erinnere mich gar nicht, dass irgend ein Normenausschuss sich damit beschäftigt hätte.

Lehrer: Dies ist schon vor Jahrhunderten geschehen. In der Hauptsache durch Johann Sebastian BACH,¹³ der die „gleich schwebende Temperatur“, die 12-stufige chromatische Leiter zwischen je zwei Oktaven einführte.

Schüler: Meinen Sie BACH, den großen Tonkünstler?

Lehrer: Eben den. Er war daneben auch ein ausgezeichnet verständiger Techniker, der das Problem auch durch eine geometrische Reihe der Schwingzahlen löste, wodurch 12 gefühlsmäßige gleichabständige Stufen entstanden. Eine Anwendung des FECHNERSchen Gesetzes lange, lange vor FECHNER.

Schüler: Ich kann mir immer noch nicht denken, dass dieser gottbegnadete Künstler sich mit solchen rein verstandesmäßigen Problemen abgegeben haben soll.

Lehrer: Offenbar müssen Sie Ihre Vorstellung vom Künstler stark ändern. Sie passt vielleicht auf die kleineren unter ihnen, sicher nicht auf die wirklich großen. Unter dem Titel: *Das wohltemperierte Klavier*¹⁴ hat BACH bekanntlich eine methodisch geordnete Reihe von Beispielen für seine Normung veröffentlicht.

Schüler: Darüber muss ich noch viel nachdenken.

Lehrer: Inzwischen machen wir unsere Farbtonnormen fertig. Für die Bezeichnung der 24 Punkte des Farbtonkreises könnten wir die Buchstaben nehmen, wie bei den Tönen, und auch die Anzahl würde reichen, sogar wenn wir a für Weiß vorbehalten. Aber diese sind schon für die Graustufen mit Beschlag belegt, und so bleiben uns nur die Zahlen 1 bis 24 vom ersten Gelb bis zum dritten Laubgrün übrig. Wir haben also folgende Übersicht:

¹³ Johann Sebastian BACH (1685-1750), Komponist. Gemeint ist die temperierte Stimmung = gleich schwebende, die Oktave in 12 Halbtöne gleichen Abstands voneinander teilende Stimmung, zuerst eingeführt von Andreas Werkmeister (1645-1706), Orgelbauer in Halberstadt.

¹⁴ BACH, Johann Sebastian: Das wohltemperierte Klavier. Das Werk entstand in den Köthener Jahren 1717-1723.

	erstes	zweites	drittes
Gelb	1	2	3
Kress	4	5	6
Rot	7	8	9
Veil	10	11	12
Ublau	13	14	15
Eisblau	16	17	18
See grün	19	20	21
Laub grün	22	23	24

Schüler: Das sieht zunächst wenig anschaulich aus.

Lehrer: Ebenso wie die Buchstaben a c e g i l n p aussahen. Ich glaube aber, dass Ihnen jetzt schon, wenn Sie an die unbunten Farben denken, bei jedem dieser Buchstaben die zugehörige Farbe einfällt.

Schüler: Ja, es ist wahr. Ich hatte es selbst gar nicht gemerkt.

Lehrer: Ebenso werden Sie nach einiger Zeit sich bei den Zahlen 1 bis 24 den zugehörigen Farbton vorstellen können. Nehmen wir z. B. 21. Es ist das dritte See grün, also das kalte Grün, dass an der Grenze des Laub grün steht, das mit 22 anfängt: das wärmste der kalten Grüne. Oder 8, das zweite Rot. Das erste hat die Farbe des Zinnober, das dritte, schon nach Veil weisende, die Farbe der dunklen Rosen. Folglich ist 8 das mittlere Rot und hat etwa den Farbton des Karmins.

Schüler: Ich sehe, es wird doch vielleicht gehen. Aber es wird lange dauern.

Lehrer: Nach meinen Erfahrungen einige Wochen, je nachdem Sie mehr oder weniger Zeit auf das Erlernen der Farben verwenden.

IX Raumschlüssige Formen

Lehrer: Da wir nun beginnen, in das Riesenreich der Buntfarben einzutreten, müssen wir uns rechtzeitig nach neuen Möglichkeiten für die Formen umsehen, in denen wir die Farben zur harmonischen Wirkung bringen wollen.

Schüler: Ich habe selbst den Wunsch empfunden, obwohl man eigentlich unzählige Muster machen kann, wenn man die Regeln der Schiebung, Drehung und Spiegelung befolgt. Aber es war immer unangenehm, von irgendeiner ganz willkürlichen Form auszugehen. Man wusste nie so recht, wohin man kommen würde.

Lehrer: Das trifft genau mit meiner heutigen Absicht zusammen. Ich werde Ihnen zeigen, wie man gesetzmäßige Formen von ganz besonderen Eigenschaften aufbaut. Es ist für mich eine unvergessene Jugenderinnerung, wie ich in der „Grammatik der Ornamente“ des Engländers Owen JONES¹⁵ das beistehende Muster antraf. Es rührt von den Urbewohnern der Sandwich-Inseln¹⁶ her und ist in geflochtenem Stroh ausgeführt. Das merkwürdige daran war mir, dass die Formen, aus welchen das Muster gebildet ist, und die von fern an einen Frosch erinnern, sich so zusammenschließen, dass sie restlos die ganze Ebene decken. Denn die schwarzen Formen haben genau dieselbe Gestalt, wie die grauen.

Schüler: Jetzt sehe ich, warum mir das Muster so gefiel, trotz seiner Einfachheit. Das ist wirklich ein ganz besonderer Witz.

Lehrer: Damals versuchte ich vergeblich, herauszubekommen, wie man solche Muster in beliebige Mannigfaltigkeit erzeugt. Denn das durfte man ohne weiteres annehmen, dass dies nicht das einzige derartige Muster war.

Schüler: Ich erinnere mich nicht, dass mir andere solche Muster vorgekommen wären.

Lehrer: Erst vor wenigen Jahren, als ich die Gesetze des Flächenschmucks methodisch untersuchte, kam ich auf diese Frage zurück, da mir wiederholt solche Muster mit *raumschlüssigen* Formen, wie man beliebig viele neue erzeugen kann, auffielen.

Schüler: Ich bin sehr gespannt, denn ich wüsste es nicht zu machen.

Lehrer: Wir wollen die Entstehung jenes Sandwich-Musters untersuchen. Raumschlüssig ist zunächst ein Netz von Quadraten wie auf einem Schachbrett.

Schüler: Das wäre also die einfachste raumschlüssige Form.

Lehrer: Wenn wir die Gestalt eines Quadrats abändern, indem wir z. B. etwas zufügen, so muss man dasselbe an der Gegenseite fortnehmen, damit die Größe der Fläche dieselbe bleibt; sonst könnte die Form überhaupt nicht raumschlüssig bleiben. Und dasselbe muss an jedem Quadrat geschehen.

Schüler: Das ist wahr.

Lehrer: Nun; an jedem Quadrat ist die obere Seite durch die gezackte Linie ersetzt worden. Da die untere Seite jedes Quadrats gleichzeitig die obere Seite des darunter stehenden ist, so schneidet die Zackenlinie von unten aus jedem Quadrat so viel heraus, als oben zugefügt war, und damit ist das ganze Geheimnis aufgedeckt. Denn die aufrechten Seiten aller Quadrate sind unverändert geblieben.

¹⁵ Owen JONES (1809-1874), englischer Architekt und Designer. In „The grammar of ornament“ bot er eine systematische illustrierte Übersicht über die Ornamentik.

¹⁶ Früherer Name der Hawaʻi-Inseln.

Schüler: Ist das wirklich so? Ja, es ist nicht anders. Ich hätte wirklich nicht gedacht, dass die Sache so einfach ist. Aber man denkt gar nicht, dass die Form aus einem Quadrat entsteht, weil man die Beine für Anhängsel hält, während sie doch von den beiden Seiten der Quadrat gebildet werden. Und die Bänder, die scheinbar schräg durch das Muster laufen?

Lehrer: Die rühren daher, dass die schrägen Seiten der Zackenlinie in den Diagonalen der Quadrate liegen. Das ist eine besondere Gesetzlichkeit, welche natürlich die Schönheit erhöht. Sie rührt übrigens von der Technik her, denn es sind die durchlaufenden Halme des Strohgeflechts.

Schüler: Das finde ich alles ungeheuer interessant!

Lehrer: Es kann Ihnen als Anleitung bei Ihren eigenen Erfindungen dienen. Sie brauchen ja nur jedem Quadrat ein anderes Mützchen aufzusetzen und bekommen sofort ein neues raumschlüssiges Muster. Es braucht auch nicht einmal symmetrisch zu sein, wie bei jenem Strohgeflecht.

Schüler: Wirklich? Jede beliebige Linie, die zwischen den oberen Ecken verläuft?

Lehrer: Natürlich. Versuchen Sie es doch nur. Zeichnen Sie zunächst das Quadratnetz mit etwa 2 cm Seite, mindestens 8 Maschen nach rechts und nach unten.

Schüler: Da will ich eine Art Welle versuchen.

Lehrer: Gut. Schneiden Sie die Form aus dünner Pappe aus: und benutzen Sie sie als Schablone, um sie an allen waagerechten Maschenseiten aufzutragen.

Schüler: Jetzt bin ich fertig. Es sieht nicht besonders aus; ziemlich willkürliche horizontale Bänder.

Lehrer: Die senkrechten Trennungsstriche der Felder machen sich noch geltend. Schraffieren Sie mit dem Bleistift jedes zweite Feld, wie in dem Sandwich-Muster, damit sich die Felder trennen.

Schüler: Ah, nun ist es hübsch geworden. Und es macht sich auch eine schräge Banderscheinung geltend, die ich gar nicht beabsichtigt hatte.

Lehrer: Das kommt von der Wechselschraffierung. Künftig werden wir die Felder mit Buntfarben ausfüllen und dann werden noch viel bessere Wirkungen entstehen.

Schüler: Das gefällt mir so, dass ich gleich noch andere Formen versuchen möchte.

Lehrer: Das können Sie später tun. Zunächst müssen wir noch die Lehre von den raumschlüssigen Formen erweitern.

Schüler: Erweitern? Ich glaube es sei schon die ganze Sache.

Lehrer: Das Quadratnetz ist doch nicht das einzige Netz, das es gibt. Und auch mit diesem sind wir noch nicht richtig fertig. Wir haben bisher die beiden aufrechten Seiten in Ruhe gelassen. Aber wir werden sie auch durch irgend eine andere Linie ersetzen und gewinnen so eine neue Mannigfaltigkeit.

Schüler: Es kommt wie aus einem Füllhorn.

Lehrer: Das ist aber der Segen der wissenschaftlichen Arbeit. Also machen Sie eine zweite Schablone für die aufrechten Seiten und zeichnen Sie auch diese Linie überall hinein.

Schüler: Es kommt eine ganz tolle Form heraus. Aber das Muster ist doch wirksam.

Lehrer: Nächstens achten Sie darauf, dass die Seitenlinie an die obere als *Verlängerung* ansetzt, so dass dort gar kein Winkel vorhanden ist. Solche Muster geben dem Beschauer ein Rätsel auf, das noch schwerer zu knacken ist als jenes Froschmuster. Das ist ein neuer Reiz.

Schüler: Ich sehe schon, ich komme von diesen Mustern sobald nicht los.

Lehrer: Nun wollen wir noch die andern Möglichkeiten betrachten. Wir wenden das Gesetz der Streckung an. Dadurch kann man die Quadrate zunächst in (liegende oder stehende) Rechtecke verwandeln. Diese kann man noch schräg strecken, so dass schiefwinklige Parallelogramme entstehen. Es scheiden sich mit anderen Worten zwei Scharen paralleler Linien gleichen Abstandes; von Schar zu Schar können die Abstände verschieden sein. Hier lässt sich alles wiederholen, was vorher am Quadrat geschehen war.

Schüler: Das verstehe ich.

Lehrer: Nun gibt es noch zwei Arten Netze, nämlich aus Dreiecken und aus Sechsecken. Wir betrachten zunächst die Sechsecknetze.

Schüler: Die sind schon an und für sich hübsch.

Lehrer: Weil man sie selten sieht, ist ihre Gesetzlichkeit noch nicht langweilig geworden. Jedes Sechseck enthält drei Paar paralleler Seiten. Sie können nun jedes dieser Paare durch irgendeine neue Linie ersetzen, die Sie wie bei den Quadraten durch das ganze Netz führen. Je nachdem Sie eine, zwei oder alle drei Paare durch eine neue Linie ersetzen, erhalten Sie drei Arten Muster. Auch können die neuen Linien gleich oder verschieden sein; ersteres ergibt gesetzlichere, also im Allgemeinen bessere Muster. Für besondere Zwecke können aber auch die anderen passender sein.

Schüler: Da habe ich wieder eine ganze Menge Muster zu zeichnen.

Lehrer: Natürlich können Sie auch das regelmäßige Sechsecknetz verzerren.

Schüler: Wieder neue Muster!

Lehrer: Es bleibt uns noch das Dreiecknetz zu untersuchen übrig. Hier liegen die Verhältnisse anders, weil im Dreieck keine parallelen Seiten vorhanden sind.

Schüler: Da geht es also überhaupt nicht, raumschlüssige Formen zu machen, denn was an der einen Seite zugefügt wird, würde an den beiden anderen Seiten fortgenommen werden und dann stimmt es nicht.

Lehrer: Das ist ganz richtig. Ich muss also die neuen Linien so wählen, dass an *derselben* Seite gleiche Stücke zugefügt und fortgenommen werden.

Schüler: Ja, das müsste gehen. Wie sieht aber eine solche Linie aus?

Lehrer: Wir hälften die Dreiecksseiten und ersetzen die eine Hälfte durch irgendeine Linie. Dann drehen wir diese um den Hälftungspunkt nach der anderen Seite. Hat sie zuerst dem Dreieck etwas zugefügt, so nimmt sie jetzt ebensoviel fort und die Bedingung ist erfüllt. Hier muss man nur dieselbe Linie an allen Seiten des Dreiecks anwenden.

Schüler: Das ist aber schlau! Da habe ich wieder allerlei zu zeichnen, weil ich doch wissen möchte, wie die Dinge aussehen, wenn man eine möglichst wunderliche neue Linie wählt.

Lehrer: Wenn man hier Streckungen versucht, so findet man, dass die Formen nicht mehr gleichartig verändert werden; die entstehenden Muster sind also nicht mehr raumschlüssig in dem oben angegebenen Sinne. Wir brauchen uns also um diese Möglichkeit nicht zu kümmern.

Schüler: Das ist gut; es wäre mir sonst zuviel geworden.

Lehrer: Es ist auch nicht gemeint, dass Sie nun alle diese Fälle gleich durcharbeiten sollen; das würde Sie nur verwirren. Machen Sie zunächst nur eine Anzahl einfache

Muster aus dem Quadratnetz und suchen Sie die hübschesten aus. Wir werden sie bald gebrauchen, wenn wir die bunten Harmonien studieren werden.

X Bunte Harmonien

Lehrer: Um die erste Bekanntschaft mit dem außerordentlich ausgedehnten Gebiet der bunten Farbharmonien zu machen, wollen wir heute einen besonders einfachen Fall studieren. Wir nehmen dazu die 24 Normen aus dem einigermaßen vollfarbigen Heft,¹⁷ welches das Zeichen na trägt.

Schüler: Was bedeutet das Zeichen?

Lehrer: Das werde ich Ihnen bald erklären. Vorläufig benutzen wir es wie irgend einen Namen, um davon reden zu können.

Schüler: Wir werden also jetzt die eigentlichen Farbenharmonien vornehmen, von denen z. B. GOETHE am Schluss seiner Farbenlehre¹⁸ redet und die auch in den neueren Büchern behandelt werden.

Lehrer: Die grauen Harmonien waren ebenso „eigentlich“, wie die bunten es sind. Nur hat man früher nicht gewusst, dass es auch graue Harmonien gibt und hat fälschlich geglaubt, der Farbton allein sei maßgebend für die Harmonie.

Schüler: Ist es denn nicht? Sie wollen mir ja jetzt die Farbtonharmonie zeigen.

Lehrer: Damit solche zustande kommen, müssen noch andere Bedingungen erfüllt sein, von denen GOETHE und seine Nachfolger nichts wussten. Bei den Farben des Heftes na sind sie erfüllt, so dass Sie sich noch nicht darum zu kümmern brauchen.

Schüler: Aber künftig werde ich sie doch erfahren?

Lehrer: Gewiss. Wir wollen nur die sehr ausgedehnte Angelegenheit in genießbare Stücke zerlegen. Wenn man eine ganze Semmel auf einmal in den Mund steckt, kann man sie nicht essen. Brockenweise geht es dagegen sehr gut.

Schüler: Das ist wahr. Ich bin also bereit, den ersten Bissen zu schlucken.

Lehrer: Erst wollen wir ihn ordentlich kauen. Was ist die Vorbedingung aller Harmonie?

Schüler: Das habe ich von Ihnen gelernt: Gesetzlichkeit.

Lehrer: Gut. Wie können wir den 24-teiligen Farbtonkreis gegenüber Gesetzlichkeit betätigen? Wir wählen einen beliebigen Punkt, z. B. 5, das zweite Kress. Können Sie mir einen anderen Punkt angeben, der zu jenem gesetzlich geordnet ist?

Schüler: Ich finde keinen anderen als den Gegenpunkt 17. Er teilt mit 5 den Kreis in zwei gleiche Hälften.

Lehrer: Sehr gut. Und nun erinnern Sie sich: in welcher Beziehung stehen zwei Farben, die einander im Kreise gegenüber stehen?

Schüler: Ach ja, das ist eine ganz bekannte Sache. Sie sind Komplementärfarben. Und die passen bekanntlich immer zusammen.

Lehrer: Wir sagen lieber Gegenfarben. Sie ergeben tatsächlich die einfachste und bekannteste Buntharmonie. Schon GOETHE betont, dass die eine die andere im Auge

¹⁷ vollfarbiges Heft: Genormte Buntpapiere nach Wilhelm Ostwald, Farbkreis na, 8 Hauptfarben, Energie-Werke GmbH Großbothen, 1920.

auch: Das Ostwald-Buntpapier, hergestellt und herausgegeben von der Wilhelm Ostwald Farben GmbH Berlin [1924]. Es bildet in der von W. OSTWALD eingeführten Zusammenstellung ein Sammelwerk von 144 bunten und 8 unbunten Farbnormen auf durchgefärbtem ungummiertem Papier in 10 Heften mit je 24 Blatt.

¹⁸ GOETHE, Johann Wolfgang von: Werke. Bd. 64. Abt. 2. Bd. 1. Farbenlehre. Weimar : Böhlau, 1890.

hervorrufen.¹⁹ Hat man lange einen kressen Fleck scharf angesehen und führt den Blick auf eine neutrale (am besten schwarze) Stelle, so erscheint ein eisblauer Fleck von der gleichen Gestalt, der einige Zeit dauert.

Schüler: Das wäre also ein Beleg für das Grundgesetz: Gesetzlichkeit gibt Harmonie.

Lehrer: Richtig. Wir wollen nun diese einfachsten Harmonien durch Anschauung kennen lernen. Dazu wählen wir eines von den raumschlüssigen Mustern, die sich vom Quadratnetz ableiten und schneiden eine Anzahl von den Formen aus einem der Buntpapiere in der Gegenfarbe. Dann bildet der Grund die gleichen Formen und wir haben eine Zusammenstellung, bei der keine der Farben vorwiegt oder eine besondere Rolle spielt.

Schüler: Deshalb haben Sie mich wohl vorher die raumschlüssigen Formen lernen lassen.

Lehrer: Jawohl; Sie sehen jetzt, dass es nötig war. Wieviel Gegenfarbenpaare gibt es im 24-teiligen Kreise?

Schüler: 24 Farben zu je zwei gibt 12 Paare.

Lehrer: Stellen Sie sich alle 12 Paare her und prägen Sie sich den Charakter der Harmonien genau ein. Sie sind sehr verschieden. Gelb und Ublau wirkt ganz anders, als Rot mit Seegrün, weil beim ersten Paar ein sehr großer Unterschied der Helligkeiten besteht, während Rot und Grün ungefähr gleich hell sind.

Schüler: Ja, das ist mir schon aufgefallen, dass der Farbtonkreis oben am hellsten und unten am dunkelsten ist. Sollte man nicht alle Farben gleich hell machen, um einen gleichförmigen Kreis zu bekommen?

Lehrer: Das geht nicht an. Es ist nicht möglich, ein reines Gelb auch nur annähernd so dunkel zu machen, wie ein reines Ublau. Früher hatte man geglaubt, die Helligkeit der Farben als Grundlage für ihre Ordnung oder als Maßstab für ihre Bestimmung benutzen zu können und hat sich hierbei auf eine missverständene Äußerung von HELMHOLTZ gestützt. Aber obwohl solche Versuche während eines halben Jahrhunderts immer wieder angestellt worden sind und von Einzelnen noch heute angestellt werden, ist es nie möglich gewesen, auch nur halbwegs die Farben zu ordnen, geschweige zu messen.

Schüler: Aber die Helligkeit ist doch gewiss auch eine besondere Eigenschaft der Farben?

Lehrer: Das ist sie; sie hat sich aber als eine Nebeneigenschaft erwiesen, nicht als eine Grundeigenschaft wie der Farbton. Bei den unbunten Farben kann sie sogar als eine Grundeigenschaft angesehen werden, denn sie steht in einer eindeutigen Beziehung zu der Zusammensetzung aus Weiß und Schwarz; bei den Buntfarben ist es aber nicht so. Wohl aber bedingt die Eigenhelligkeit der Buntfarben zu einem erheblichen Anteil den besonderen Charakter ihrer Harmonien.

Schüler: Das Fortschreiten der Paare im Kreise 1-13, 2-14, 3-15 usw. ist also etwas wie das Transponieren in eine andere Tonart in der Musik. Nur sind bei den Farben die Unterschiede viel deutlicher.

Lehrer: Das rührt daher, dass bei den Tönen das absolute Gedächtnis sehr selten ist, bei den Farben aber allgemein.

¹⁹ GOETHE hat die Entstehung der Kontrastfarben in seiner Farbenlehre beschrieben. Er gilt als Entdecker dieser Phänomene.

Schüler: Ja, das verstehe ich. - Sind die Gegenfarbenpaare die einzigen Harmonien im Kreis?

Lehrer: Durchaus nicht. Wir wenden wieder den allgemeinen Grundsatz der Gesetzlichkeit an. Zwei Punkte kann man gesetzlich nur gegenüber ordnen; wie ist es mit drei Punkten?

Schüler: Das kann man in gleichen Abständen ordnen. Drei in 24 gibt 8; die Farben müssen also um je 8 Punkte abstehen.

Lehrer: Richtig. Wir haben die Möglichkeiten:

- 1 : 9 : 17
- 2 : 10 : 18
- 3 : 11 : 19
- 4 : 12 : 20
- 5 : 13 : 21
- 6 : 14 : 22
- 7 : 15 : 23
- 8 : 16 : 24

Schüler: Das sind also nur acht Dreier. Sind es wirklich Harmonien?

Lehrer: Sie sind, wenn auch nur vereinzelt und ungenau, schon von den Malern des 16. Jahrhunderts entdeckt worden und wurden seitdem unter den Namen der Triaden benutzt. Aber ein genaueres Studium hatte man an ihnen nicht auszuführen gewusst.

Schüler: Wie soll ich nun diese Dreier aufbauen?

Lehrer: Dazu könnten die Muster dienen, die vom Sechsecknetz abgeleitet sind. Wir wollen es aber recht einfach machen und nur je drei Kanten zusammenstellen. Die Winkel der Kanten sind 60° und 120° .

Schüler: Da kann ich meine bunten Papiere ohne Abfall zerschneiden.

Lehrer: Ich will Sie nun auf eine wichtige Besonderheit hinweisen. Die Farben der Triaden wirken nicht nur harmonisch, wenn alle drei zugegen sind, sondern auch zu zweien. So geben 1 : 9, 2 : 10, 3 : 11 usw. schöne Harmonien, die meist noch eindrucksvoller sind, als die der Gegenfarben.

Schüler: Weil sie nicht so bekannt sind?

Lehrer: Richtig. Für diese Zusammenstellung können Sie wieder die raumschlüssigen Muster verwenden. Wie viel solche Paare gibt es?

Schüler: 1 : 9, 2 : 10, 3 : 11, 4 : 12, 5 : 13, 6 : 14, 7 : 15, 8 : 16, 9 : 17, 10 : 18, 11 : 19, 12 : 20, 13 : 21, 14 : 22, 15 : 23, 16 : 24. Also 16 Paare.

Lehrer: Falsch. Es gibt noch 17 : 1, 18 : 2, 19 : 3, 20 : 4, 21 : 5, 22 : 6, 23 : 7, 24 : 8, also zusammen 24 Paare. Sie mussten im Kreise auch über die Fügestelle bei 24 hinauszählen. Alle Zahlenpaare, die um 8 noch rechts oder links abstehen, geben einen solchen Achter, wie wir sie nennen wollen.

Schüler: Ja, ich sehe, ich muss mich mit der ganzen Sache noch näher vertraut machen.

Lehrer: Nun werden Sie gleich das Gesetz erkennen, nach welchen die weiteren Harmonien aufgebaut sind. Wir teilen nun den Kreis nicht mehr in 2 oder 3, sondern in 4 gleiche Teile.

Schüler: 24 durch 4 geteilt gibt 6 Punkte Abstand.

Lehrer: Sehen Sie nach, wie viele solcher Vierergruppen möglich sind.

Schüler: 1 : 7 : 13 : 19, 2 : 8 : 14 : 20, 3 : 9 : 15 : 21, 4 : 10 : 16 : 22, 5 : 11 : 17 : 23, 6 : 12 : 18 : 24. Das sind 6 Gruppen. Das hätte ich von vornherein wissen können, denn von 7 ab bekomme ich dieselben Gruppen, wie von 1 ab.

Lehrer: Richtig. Nun können wir auch hier unvollständige Harmonien machen, indem wir eine Farbe fortlassen. Solche Dreiergruppen gibt es 24. Ferner können wir je zwei Farben fortlassen und bekommen 24 neue Paare. Wir nennen sie *Sechser*, weil sie 6 Punkte Abstand haben.

Schüler: Eben bemerke ich, dass die Vierergruppen ja aus je zwei Paar Gegenfarben bestehen!

Lehrer: Natürlich, denn 6 plus 6 gibt 12, den Abstand der Gegenfarben. Diese Paare brauchen Sie nicht zu machen.

Schüler: Ach, die Sache wächst mir wieder über den Kopf. Soviel Harmonien kann man ja kaum aufbauen, und an Auslernen ist sobald nicht zu denken.

Lehrer: Sie sehen, wie Recht GOETHE hat: Nicht Kunst und Wissenschaft allein, *Geduld* muss bei dem Werke sein.²⁰ Wir sind bald an einem vorläufigen Ende.

Schüler: Kommt denn noch etwas?

Lehrer: Freilich. Man kann den Kreis noch in 6 Teile teilen und bekommt dann Sechserharmonien mit je 4 Punkten Abstand. Davon lassen sich durch Fortlassen Gruppen aus fünf, vier, drei und zwei Farben ableiten. Die letzten heißen *Vierer*, wegen der 4 Punkte Abstand.

Schüler: Und dann kann man noch den Kreis in 8 teilen und bekommt Achtergruppen mit den Untergruppen. Bitte hören Sie auf: ich habe genug und mehr als genug.

Lehrer: Komisch. Die heutigen Künstler behaupten, dass man durch die Harmoniegesetze sie unbillig einschränken will, und sie empören sich gegen die allzu vielen Möglichkeiten, welche Ihnen von den Gesetzen aufgetan werden.

²⁰ aus: GOETHE, Johann Wolfgang: Faust, 1. Teil. Hexenküche, Mephisto zu Faust. In: Goethes Werke in sechs Bänden / hrsg. von E. Schmidt. Bd. 1. Leipzig : Insel, 1910, S. 295.

XI Wellen

Lehrer: Damit Sie sich über die allzu vielen Fälle der bunten Harmonien (es sind bei weitem noch nicht alle) beruhigen, wollen wir heute wieder die *Formen*²¹ vornehmen, bei denen Sie an Farben nicht zu denken brauchen. Und zwar lautet unser heutiges Thema: *Wellen*. Was wüssten Sie vom Gesichtspunkt der Formenlehre über die Wellen zu sagen?

Schüler: Wellen wiederholen sich hintereinander. Man könnte also sagen, dass sie durch Schiebung der einfachen Wellenform entstehen und Bänder bilden, wenn man sie in der Fläche aufzeichnet.

Lehrer: Sehr gut. Wie sieht die einfache Wellenform aus?

Schüler: Wellenberg und Wellental. In der Zeichenstunde habe ich gelernt, sie mit den Zirkel zu machen. Man zeichnet längs einer Geraden abwechselnd einen Halbkreis oben und einen unten; so entsteht die einfache Wellenlinie.

Lehrer: Das ist wieder eines der vielen falschen Dinge, die man lernt. Die Zeichenlehrer sind allmählich längst dahinter gekommen; sie lassen deshalb heutzutage die Kinder machen, was sie wollen, und halten es für Raub, sie etwas zu lehren.

Schüler: Was ist denn an der Welle falsch? Die Halbkreise kann man ja so genau wie man will mit dem Zirkel ziehen.

Lehrer: Als Antwort zeige ich Ihnen hier eine andere Wellenlinie, die von der Wissenschaft als die Grundform aller Wellen erkannt worden ist. Welche von beiden gefällt Ihnen besser?

Schüler: Ich kann nicht in Abrede stellen, dass Ihre Welle viel schöner ist. Die alte kommt mir so plump und hart neben der neuen vor. Wie macht man sie?

Lehrer: Sie heißt die Sinuswelle²² aus geometrischen Gründen, die uns nicht zu beschäftigen brauchen. Sinus ist lateinisch und heißt Busen. Um sie zu zeichnen, gibt es eine Anzahl Wege, die man im Geometrie-Unterricht lernt. Für unsere Zwecke ist es am einfachsten, sich dieser fertigen Tafel zu bedienen, die man in Zahlen oder in Strecken bereit hat. Die Zahlen sind 0,0; 3,1; 5,9; 8,1; 9,5; 10,0 und werden folgendermaßen benutzt. Man zieht für die beabsichtigte Gesamtlänge des Wellenbandes die Mittellinie, teilt darauf die Wellenlängen ab, die man einhalten will und teilt jede in 10 Teile. Dann wird am Anfang der Mittellinie die Wellenhöhe als senkrechte Gerade aufgezeichnet und in 20 Teile geteilt, 10 oberhalb und 10 unterhalb. Man trägt nun die obigen Zahlen auf den geteilten Höhenlinien ab; 3,1 bedeutet 3 Teile und noch ein Zehntel höher, das man nach Augenmaß schätzt; an der Stelle wird ein Punkt gemacht. Ebenso trägt man 5,9; 8,1; 9,5 ab; 10,0 ist die Wellenhöhe nach oben. In ganz derselben Weise wird die untere Hälfte bearbeitet, von der Mittellinie abwärts. Nun zieht man durch alle bezeichneten Punkte Parallelen zur Mittellinie. Ferner werden durch die Teilpunkte der Mittellinie Senkrechte zu dieser gezogen. Es entsteht so ein Netz, wie in Bild 1.

²¹ OSTWALD, Wilhelm: Die Harmonie der Formen. Leipzig ; Großbothen : Unesma, 1922. - XI, 117 S. : 106 Ill.

²² Ebenda, S. 19-20, Fig. 18 u. S. 36, Fig. 38 u. 39.

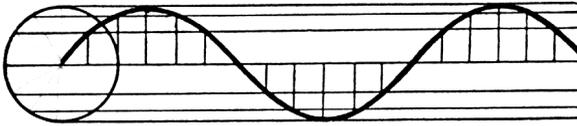


Abbildung 1: Konstruktion der Sinuslinie²³

Schüler: Das war lang, aber ich habe es soweit verstanden.

Lehrer: Mit diesem Netz kann man nun Sinuswellen zeichnen. Man beginnt, wo man will, z. B. an der Mittellinie. Dann geht man schräg durch die nächste Masche nach rechts oben bis zur Gegenecke und macht dort einen Punkt. Ebenso geht man in der nächsten Masche vor bis man an den oberen Rand gekommen ist. Von dort ab geht man immer je eine Masche abwärts, bis zum unteren Rande, dann wieder aufwärts und so fort. Im Bild sind die Punkte deutlich bezeichnet, die man so findet, und Sie sehen schon, dass Sie eine Sinuswelle bilden. Man zieht durch die Punkte eine stetige Linie und hat die gewünschte Welle.

Schüler: Es ist wunderbar, wie leicht und natürlich sich die Linie aus freier Hand durchlegen lässt.

Lehrer: Es ist eben die gesetzlichste unter allen denkbaren Wellen und man kann es nicht begreifen, dass sie den Künstlern des Ornaments ganz unbekannt geblieben scheint. Ich habe bisher vergeblich nach einer bewussten Anwendung gesucht.

Schüler: Die Konstruktion ist vielleicht zu umständlich.

Lehrer: Wenn Sie ein wenig vertrauter mit der Sache geworden sind, werden Ihnen allerlei Handgriffe befallen, um die Punkte schneller einzutragen. Fast immer lohnt es sich, eine Schablone aus dünner Pappe auszuschneiden; man braucht dazu nur eine halbe Welle zu konstruieren und macht damit so viele, wie man braucht.

Schüler: Das ist eben, was ich fragen möchte: wozu kann man sie brauchen?

Lehrer: Sehen Sie hier diese verflochtenen Linien ...

Schüler: O, das ist hübsch.

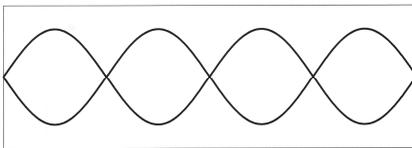


Abbildung 2: Verflochtene Sinuslinien
(Abstand eine halbe Wellenlänge)

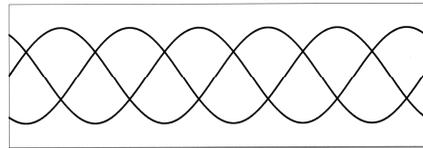


Abbildung 3: Verflochtene Sinuslinien
(Abstand $1/3$ der Wellenlänge)

Lehrer: Es ist dieselbe Sinuslinie, nur wiederholt. Bild 2 zeigt zwei Wellen, die im Abstand von $1/2$ Wellenlänge aufeinander liegend; Bild 3 drei in $1/3$, Bild 4 vier in $1/4$ und Bild 5 fünf in $1/5$ Abstand.

²³ Abbildung entnommen aus ebenda, S. 19.

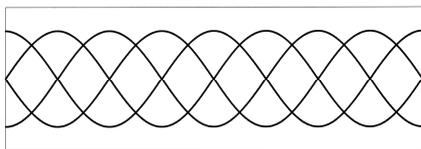


Abbildung 4: Verflochtene Sinuslinien
(Abstand $1/4$ der Wellenlänge)

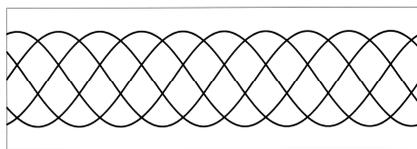


Abbildung 5: Verflochtene Sinuslinien
(Abstand $1/5$ der Wellenlänge)

Schüler: Die kann man alle ohne weiteres mit einer einzigen Schablone zeichnen?

Lehrer: Gewiss. Dann gibt es hier noch eine sehr hübsche und neue Schmuckform: es sind Sinuslinien von gleicher Länge, aber abgestufter Höhe. Bild 6 bis 11 zeigt gleiche Sinuslinien, die gleichzeitig nach unten und zur Seite geschoben sind, zur Füllung einer Fläche.

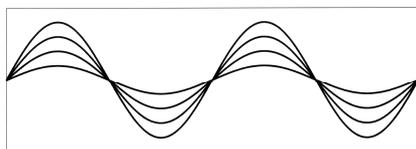


Abbildung 6: Abwandlung der Wellenhöhe

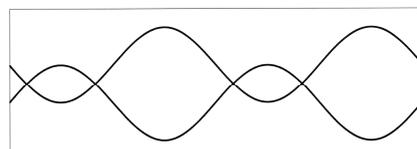


Abbildung 9: Sinuslinien verschoben senkrecht um 1 und waagrecht um eine halbe Wellenlänge

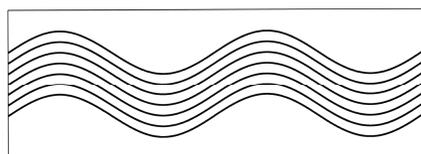


Abbildung 7: Sinuslinien verschoben senkrecht um $0,5$

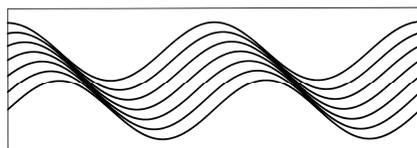


Abbildung 10: Sinuslinien verschoben senkrecht um $1/3$ und waagrecht um $1/24$ der Wellenlänge

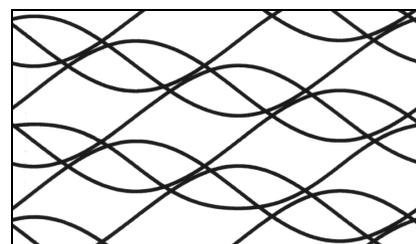


Abbildung 8: flächenfüllende Sinuslinien verschoben senkrecht um $0,5$ und waagrecht um $1/4$ der Wellenlänge

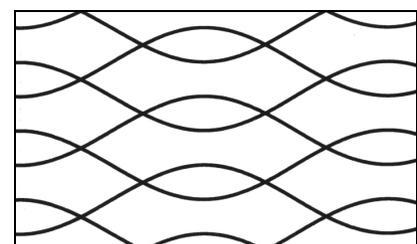


Abbildung 11: flächenfüllende Sinuslinien, Verschiebung wie in Abb. 9

Schüler: Ich sehe wohl, dass es mir an Fantasie gebrach.

Lehrer: Hierfür ist Fantasie nur eine unzulängliche Vorstufe. Denn sie gibt nur Zufälliges und Unvollständiges. Vollständigkeit gewährt nur die Wissenschaft.

Schüler: Was hat denn die Wissenschaft hier zu tun?

Lehrer: Es gibt eine sehr allgemeine Wissenschaft, die gewöhnlich der Mathematik zugerechnet wird und *Kombinatorik* heißt. Sie lehrt, welche und wie viele Zusammenstellungen aus gegebenen Elementen möglich sind, je nach den Bedingungen oder Bestimmungen, die außerdem vorgeschrieben werden. Wir haben sie schon oft angewendet, ohne sie zu nennen, z. B. als festgestellt wurde, wie viel bunte Harmonien bei Gegenfarben, Achtern, Sechsern usw. möglich sind.

Schüler: Da zählt man doch einfach nach.

Lehrer: Dazu muss man erst sicher sein, dass man alle möglichen Fälle wirklich aufgefunden hat. Die Kombinatorik lehrt auch, wie man das Zusammenstellen ordnungsmäßig besorgt, so dass kein Fall übersehen oder vergessen wird. Alle Fälle, welche die Fantasie findet, sind in den Tabellen der Kombinatorik enthalten.

Schüler: Wie kann man das denn wissen?

Lehrer: Weil die Kombinatorik eben *alle* Fälle bringt, kann die Fantasie keine anderen bringen.

Schüler: Sie zerstören meine heiligsten Gefühle. Ich habe immer an die Schöpferkraft der Fantasie geglaubt und dachte überhaupt nicht an die Möglichkeit, dass sie die GOETHE Jovis²⁴ liebste Tochter nennt, durch eine ganz und gar nüchterne Rechnung verdrängt und ersetzt werden könnte.

Lehrer: Das ist immer so, wenn die Wissenschaft in ein neues Gebiet eindringt und es erobert. In unserer Zeit ist die Kunst in diese Lage gekommen und die Vertreter der vorwissenschaftlichen Kunstbetätigung empfinden die Kraft des Eroberers und wehren sich mit allen Mitteln gegen sein Eindringen. Im 17. Jahrhundert wehrte man sich ebenso gegen das Eindringen der Wissenschaft in das astronomische Weltbild und die Entthronung der Erde von ihrem bisherigen Sitz als Mittelpunkt der ganzen Welt.

Schüler: Das macht mich sehr nachdenklich und eigentlich ein bisschen traurig.

Lehrer: Das ist ein Widerspruch in Ihrem Denken, den Sie beseitigen müssen. Die Tatsache, dass Sie mir das Vertrauen entgegengebracht haben, meinen Unterricht zu empfangen, beweist ja, dass Sie erwarten, von mir Neues und Brauchbares zu lernen

...

Schüler: Ich habe schon recht viel gelernt.

Lehrer: Nun sind wir von vornherein einig, dass *Kunst* sich weder lehren noch lernen lässt. Wohl aber Wissenschaft. Je mehr Wissenschaft in unseren Angelegenheiten, der Farben- und Formenlehre sich findet, umso mehr haben Sie Aussicht zu lernen.

Schüler: Dagegen wüsste ich nichts zu sagen. Aber ich kann mir nicht denken, dass man ein wirklich großes Kunstwerk rein wissenschaftlich wird erzeugen können, wie einen Homunkulus.

Lehrer: Das glaube ich auch nicht.

Schüler: Nicht? Ich dachte, Sie lassen nur die Wissenschaft gelten.

²⁴ Jovis, Jupiter: altrömischer Gott des himmlischen Lichts.

Lehrer: Ich täte es, wenn sie vollendet wäre. Davon ist sie aber noch sehr weit entfernt. So gibt es noch riesengroße Gebiete, in die die Wissenschaft noch nicht hat eindringen können, und das sind die Gebiete der Kunst im weiteren Sinne.

Schüler: Also ist die Kunst doch das Höhere!

Lehrer: Das ist ein mehrdeutiges Wort. Jedenfalls ist die Kunst, nämlich das unbewusste Können, das vom Instinkt, nicht vom Verstande geleitet wird, die *ältere* Form der geistigen Betätigung. Darum ist sie aber auch die primitivere und wird über kurz oder lang ganz sicher und unwiderstehlich von der Wissenschaft verdrängt.

Schüler: Ich hoffe, dass die Kunst vom Erdboden verschwindet, um wieder in den Himmel zurückzukehren, aus dem sie kam.

Lehrer: Darüber können Sie ganz ruhig sein: sie wird nicht verschwinden. Denn oberhalb jener Schicht, die von der Wissenschaft erreicht worden ist, befinden sich unbegrenzte Lagen von Dingen und Verhältnissen, die für uns von Wichtigkeit sind und mit denen wir uns daher beschäftigen müssen, um Lebens- oder Sterbenswillen. Das sind die Gebiete der Kunst, wo das Gefühl, die Ahnung, der Instinkt, der Weltgeist, oder wie wir sonst diese unbekanntenen Größen nennen wollen, ihre uralte Herrschaft noch aufrecht erhalten, und diese Gebiete sind zweifellos noch unvergleichlich viel größer, als die der Wissenschaft.

Schüler: Vielleicht haben Sie Recht; ich weiß jedenfalls nichts Bestimmtes dagegen zu sagen. Aber ich muss sagen: ganz wohl ist mir nicht dabei.

Lehrer: An Natur bedingte Notwendigkeiten kann man sich immer gewöhnen, und zuletzt hat man das Gefühl, dass es überhaupt nicht anders sein könnte.

XII Die Harmoniefinder

Lehrer: Heute will ich Ihnen zeigen, wie man die Harmonien im Farbtonkreise bequem ohne Rechnen finden kann.

Schüler: Das ist gut, denn mir brummt der Kopf noch von allen Möglichkeiten. Ich habe die Sache zwar begriffen, denn sie ist einfach genug, aber ich kann sie mir noch nicht recht vorstellen.

Lehrer: Sie beginnen damit, dass Sie auf starkem Papier einen Kreis von 6 cm Durchmesser zeichnen und ihn in 24 Teile teilen. Die Punkte werden außen mit den Zahlen 1 bis 24 versehen.

Schüler: Das ist also der Farbtonkreis.

Lehrer: Dann verschaffen Sie sich ein sauberes Brettchen (es kann ein Stück dicke Pappe sein) und schlagen einen Nagel durch die Mitte, dass seine Spitze 3 bis 5 mm vorsteht. Das Papier mit der Kreisteilung bekommt im Mittelpunkt ein Loch und wird so auf das Brettchen geklebt, dass der Nagel durch die Mitte vorschaut. Nun zeichnen Sie auf starkem Papier eine Anzahl Kreise, gleichfalls 6 cm groß, schneiden sie aus und machen ein Loch in der Mitte. Auf die erste Scheibe wird ein Durchmesser gezeichnet, auf die zweite ein gleichseitiges Dreieck, auf die dritte ein Quadrat, auf die vierte ein regelmäßiges Sechseck, auf die fünfte ein Achteck. Hierfür können Sie die Scheiben auf den Nagel stecken und am Rand die Eckpunkte nach der Teilung angeben.

Schüler: Aha, ich sehe schon, worauf es hinaus kommt. Wenn ich z. B. die Scheibe mit dem Dreieck auflege, und stelle eine Ecke auf eine bestimmte Nummer ein, so weisen die anderen Ecken die Nummern der anderen Farben nach, die zu der Triade gehören.

Lehrer: Ganz richtig. Wollen Sie die Sache noch anschaulicher haben, so kleben Sie aus dem Buntpapierheft die 24 Farben je an ihren Ort.

Schüler: Wenn ich statt der Scheiben von 6 cm mir größere mache, und darin je 2, 3, 4, 6 oder 8 Fenster in gleichen Abständen ausschneide, so bekomme ich die zusammengehörigen Farben unmittelbar zu sehen.

Lehrer: Sehr gut; das ist wirklich eine Verbesserung. Die Nummern müssen Sie dann etwas weiter außerhalb anbringen, damit sie von den Fensterscheiben nicht verdeckt werden.

Schüler: Ja, und dann mache ich mir noch andere Scheiben mit nur je 2 Fenstern, die um 3, 4, 6, 8 und 12 Nummern voneinander abstehen, um die Harmonie aus je zwei Farben allein zu sehen.

Lehrer: Machen Sie alle solche Scheiben aus schwarzem Papier; die Farben wirken dann lebhafter und deutlicher.

Schüler: Nun habe ich wieder für längere Zeit Arbeit, aber sehr angenehme, denn es ist ein großer Genuss, diese vielen Harmonien zu sehen. Und jetzt habe ich auch schon keine Angst mehr vor der Mannigfaltigkeit.

Lehrer: Das ist sehr gut, denn dann können wir zu den anderen Harmonien übergehen, die ich bisher noch nicht erwähnt habe.

Schüler: Was, noch mehr Harmonien!

Lehrer: Wie lautet doch unser Grundgesetz?

Schüler: Gesetzmäßigkeit gibt Harmonie.

Lehrer: Die Teilung des Kreises in 2, 3, 4, 6, 8 gleiche Teile stellt doch nur die *einfachste* Gesetzmäßigkeit dar, die wir anwenden können. Wir wollen Umschau halten nach den etwas ferner liegenden.

Schüler: Wie steht es mit der Teilung durch 5, die Sie nie erwähnt haben.

Lehrer: Da 24 sich durch 5 nicht ohne Rest teilen lässt, so können wir mit unserem Kreise sie nicht verwirklichen.

Schüler: Aber eine Harmonie müsste sie auch sein.

Lehrer: Gewiss. Aber eine ziemlich fern liegende. Da wir die einfacheren nur eben erst kennen lernen ...

Schüler: 6 und 8 sind doch nicht einfacher als 5.

Lehrer: Sie sind es allerdings, denn sie entstehen aus den Teilungen nach 2 und 3, während 5 die nächst höhere Primzahl ist. Wenn unseren Enkeln nach unabsehbar langer Zeit die Teilungen so geläufig geworden sein werden, dass die Harmonien ihren Reiz verloren haben, werden sie den Kreis in 120 Punkte statt der 24 teilen und können dann in Fünferharmonien schwebeln. Das sind aber spätere Sorgen, denn vorläufig haben wir Harmonien genug.

Schüler: Das ist eigentlich wahr, denn ich kenne sie noch lange nicht. Und Sie wollten mir was Neues am 24-teiligen Kreise zeigen.

Lehrer: Ja, nach einem freieren Gesetz. Es beruht darauf, dass wir bei einer von den bekannten, einfachen Harmonien an die Stelle einer einzelnen Farbe zwei Farben setzen, die symmetrisch um jene geordnet sind.

Schüler: Das habe ich noch nicht ganz verstanden.

Lehrer: Wir nehmen ein Beispiel, etwa das Gegenfarbenpaar 1 : 13. An die Stelle von 13 setzen wir die beiden Nachbarn 12 und 14 und haben so die Gruppe 1 : 12 : 14. Oder wir gehen beiderseits zwei Punkte weiter und haben 1 : 11 : 15. Wenn wir diese in unserem Kreise wie früher aufzeichnen, so haben wir die Bilder. Sie sind symmetrisch, also gesetzlich.

Schüler: Ja, ich sehe. Kann man denn nicht auch die andere Farbe in zwei spalten? Dann würde man vielfarbige Harmonien bekommen, z. B. 24 : 2 : 12 : 14.

Lehrer: Sehr gut, das ist ein neues Gesetz, aber wieder ein Gesetz.

Schüler: Und bei allen anderen Teilungen nach 3, 4, 6, 8, kann man wieder eine Farbe oder mehrere spalten?

Lehrer: Freilich.

Schüler: Aber das ist ganz unabsehbar! Wie kann ein Mensch alle diese Harmonien kennen?

Lehrer: Das ist ein Grund, sich zunächst an die einfachsten Fälle zu halten. Sie erinnern sich, dass ich Ihnen schon früher die allgemeine Kunstregel gab: Weniger ist mehr. Man kann mit konsequent durchgeführten einfacheren Harmonien viel sicherer starke Wirkungen erzielen, als mit fern liegenden. Solche sind nur dort zweckmäßig, wo das Verständnis durch die Form erleichtert wird.

Schüler: Bitte erklären Sie mir das.

Lehrer: Nehmen wir das Beispiel 1 : 12 : 14. Wenn Sie die drei Farben als ganz gleichwertig behandeln, z. B. als Muster damit ausmalen, so sieht die Sache ganz unharmonisch aus, falls das Gelb auf der einen Seite steht. Dreht man aber das Blatt so, dass Gelb oben ist und die beiden Spaltstücke der ersten Ublau symmetrisch rechts und links stehen, so wird das Gesetz sofort verständlich und wirkt viel besser.

Schüler: Überwältigend schön ist es auch so nicht, aber der Unterschied ist doch sehr deutlich.

Lehrer: Besondere Schönheit ließ sich nicht erwarten, weil nicht eben viel Geist bei der Herstellung verbraucht wurde. Erst im Zusammenhange mit größeren Kompositionen wird man im besonders geeigneten Falle auch besondere Wirkung erzielen.

Schüler: Dann kommen wir auf eine Sache, die mich schon beunruhigt hat. Wo bleiben die Künstler, wenn man so ohne weiteres Harmonien herstellen kann?

Lehrer: Ein beliebiges Muster, welches man in einer beliebigen Harmonie ausführt, ist noch lange kein Kunstwerk. Denken Sie an die Musik. Sie ist uns in dieser Beziehung ein gutes Vorbild, weil man hier die Gesetze der Harmonie schon sehr lange kennt, und also die Folgen dieser Kenntnis gut beobachten kann. Jeder Anfänger lernt heute Harmonielehre; ist darum jeder ein Künstler?

Schüler: Natürlich nicht.

Lehrer: Hier finden Sie natürlich, was Sie bei den Farben nicht gesehen haben. Zum Künstler gehören noch eine Menge andere Dinge, als Harmonielehre. Diese ist für ihn nur Handwerk, wie etwa die Fertigkeit im Klavierspiel.

Schüler: Wer ein wirklicher Künstler ist, der brauchte also keine Harmonie der Farben zu lernen. Er hat die Harmonie in sich. Die Wissenschaft ist nur für die geringeren Leute, die keine ursprüngliche Begabung haben.

Lehrer: Das ist zwar nicht ganz richtig, aber doch bemerkenswert genug. Der Minderbegabte konnte bisher aus sich selbst überhaupt nichts Rechtes leisten und musste sich eng an das Vorbild eines Musters halten, wenn er überhaupt etwas Brauchbares herstellen wollte. Jetzt ist er durch die Harmonielehre wenigstens gegen grobe Fehler gesichert, die er früher auf keine Weise vermeiden konnte, sobald er einen selbständigen Schritt versuchte, und seine Erzeugnisse fallen daher viel besser aus. Sie werden nicht „überwältigend“ sein (außer wenn ihm ein glücklicher Zufall einen Trumpf in die Hand gespielt hat), aber sie werden immer leidlich aussehen. Das ist doch sehr viel. Denn unser ganzes Leben ist mit Farben erfüllt, und überall müssen wir heute noch unter bösen Missklängen leiden. Das wird später vermieden werden können.

Schüler: Das ist wahr. Aber die Künstler?

Lehrer: Darauf könnte ich antworten, dass ich für diese nicht zu sorgen habe. Weil aber doch schließlich jeder, der ernstlich Farben- und Formenlehre studiert, heimlich in seinem Herzen die stille Hoffnung hegt, es durch Fleiß und Glück bis zum Künstler zu bringen, will ich auch hierauf eingehen. Der Künstler versucht in seinem Werk ein Ideal zu verwirklichen, das ihm in seiner Seele vorschwebt. Wenn er in einer glücklichen Stunde etwas davon in seinem Bilde dargestellt hat, so weiß er, dass es nur eine Annäherung ist. Nun befindet er sich in folgender grausamen Lage. Entweder er lässt das Bild, wie es ist; dann ist es seinem Ideal nicht ganz treu gewesen. Oder er versucht es zu verbessern; dann hat ihn eine vielfältige Erfahrung gelehrt, dass es in neun Fällen unter zehn nicht besser wird, sondern schlechter. Und ferner weiß er, dass die Wiederherstellung des früheren Zustandes fast unmöglich ist.

Schüler: Ja, das ist die Tragik des Künstlers.

Lehrer: Nicht jedes Künstlers. Der Poet, der Tonsetzer kann sein Werk abändern, ohne die frühere Gestalt zu verlieren; er kann vergleichen und das Beste wählen. Wir wissen aus der Geschichte der Künstler von zahllosen derartigen Entwicklungen. Warum kann der Maler das nicht?

Schüler: Ja, das liegt in der Natur seiner Kunst.

Lehrer: Nein, es liegt daran, dass der Maler sein Werk nicht aufschreiben kann, wie der Tonsetzer und der Dichter. Könnte er von den Farben seiner Bilder die Partitur schreiben, wie der Tonkünstler von seinem Werk, wo jede Note aufgeschrieben ist, so könnte er auch ohne Sorge Änderungen probieren, weil er den früheren Zustand sicher wieder finden könnte. So könnte er ruhig versuchen, welche Farbenharmonie seine Gedanken am besten ausdrückt, und sie mit Sicherheit anwenden.

Schüler: Das kann ich noch nicht ganz verstehen.

Lehrer: Sie haben Recht; dazu ist noch erforderlich, dass Sie auch die Normung und Bezeichnung aller Buntfarben erlernen.

Weitere Literatur zu Ostwalds Farben- und Formenlehre

Werke von Wilhelm OSTWALD:

- Farbkunde : ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Naturforscher, Ärzte, Physiologen, Psychologen, Coloristen, Farbtechniker, Drucker, Keramiker, Färber, Weber, Maler, Kunstgewerber, Musterzeichner, Plakatkünstler, Modisten. - Leipzig : Hirzel, 1923. - VI, 313 S. : 40 Ill., 4 Taf. - (Chem. u. Tech. der Gegenwart ; 1)
- Die Farbenlehre : in fünf Büchern. Zweites Buch. Physikalische Farbenlehre. - Leipzig : Unesma, 1919. - 259 S.
- Die Harmonie der Farben. - Leipzig : Unesma, 1918. - VI, 48 S. : 22 Ill.; 2.-3., gänzlich umgearb. Aufl. in 2 Tln. - 1921. - T. 1. Text. - 136 S. : 27 Ill.; T. 2. - 60 Farbkärtchen nebst Schattenschieber im Kästchen
- Farbnormen und Farbharmonien. - In: Ann. Natur- u. Kulturphilos. - Leipzig 14 (1919) 1, S. 1-21. - Einzelh., als Bd. erschienen 1921
- Die Welt der Formen : Entwicklung und Ordnung der gesetzlich-schönen Gebilde. - Leipzig : Unesma, 1922 - 1925. - 4 Mappen (12x16,5 cm). Mappe 1. - 1922. - 38 S. Text +Taf. 1-62; Mappe 2. - 1922. - 16 S. Text +Taf. 63-120; Mappe 3. - 1923. - 20 S. Text +Taf. 121-190; Mappe 4. - 1925. - 10 S. Text +Taf. 191-240
- Die Harmonie der Formen. - Leipzig ; Großbothen : Unesma, 1922. - XI, 117 S. : 106 Ill.
- Die Harmonie der Form. - In: Farbe. Abt. VII. - Leipzig (1921/200) 9, S. 85(25)-108(48)
- Zur Mathetik der geschichtlichen Ornamente. Erste Abhandlung. - In: Farbe. Abt. VII. - Leipzig (1924/350)41. - S. 553(133)-564(144): 14 Ill.
- Zur Mathetik der geschichtlichen Ornamente. Zweite Abhandlung. - In: Farbe. Abt. VII. - Leipzig (1925/300) 43, S. 577(145)-584(152): 8 Ill.
- Die Farbschule : eine Anleitung zur praktischen Erlernung der wissenschaftlichen Farbenlehre. - Leipzig : Unesma, 1919. - 48 S. : 11 Ill., 6 farb. Taf. + Beil. „Der kleine Farbkörper“
- Die Harmothek : praktische Farbharmonielehre in Beispielen und Beschreibungen. T. 1. Die grauen Harmonien. - In: Farbe. Abt. VI. - Leipzig (1926/100) 44, S. 585(41)-586(42) und S. 1-42. - Dialog, ohne Beilagen. Auch: Leipzig : Unesma, 1926. - IV, 42 S. + Tafeln 1-82 in Kästchen
- 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
- Graue Harmonien. - In: Camera. - Luzern 1 (1923) 10, April S. 189-195; 2(1923)6. - S. 105-108
- Die grauen Harmonien. - In: Z. ges. Textil-Ind. - Leipzig 30 (1927) 2, S. 353-354. - mit Rabenbild
- Graue Harmonien. - In: Mitt. Dt. Werkbund. - [München] (1919) 3, S. 79-82
- Der Farbkörper und seine Anwendung zur Herstellung farbiger Harmonien. - Leipzig : Unesma, 1919. - IV, 24 S. : 9 Ill. + 12 Farbtafeln mit je 64 durchgefärbten Farblättchen. - Getränkte Muster, Ausg. A: gelbl. Karton; Ausg. B: weißer Karton

Der Farbenatlas. - 26 Lfgn. - Leipzig : Unesma, o.J. [1917/1918]. - 2.500 Farben auf über 100 Tafeln + Gebrauchsanweisung und wissenschaftliche Beschreibung. - III, 23 S. - Ausg. A: 13 Kästchen; Aug. B: 108 Taf.

Werke anderer Autoren:

OSTWALD, Grete: Kurze Harmonielehre nach Wilhelm Ostwald mit Beispielen. – Großbothen, 1938. W.-Ostwald-Archiv

ILLGNER, Franz: Der kombinierte Farbenharmoniesucher. In Anwendung der Farbenlehre nach Prof. W. Ostwald. - Dresden, 1924

o.A.: Farbtonharmonie nach Ostwald, Ia und pe-Kreis auf Papptafel. 24 Farben mit Drei- und Vierklanganzeiger. Ausg. 1996/97. - Göttingen : Musterschmidt

Aus dem Inhalt der 2002 erschienenen Mitteilungen der Wilhelm-Ostwald-Gesellschaft:

- Heft 1/2002 Ostwalds Jahre als freier Wissenschaftler 1906-1932
 Die Weltsprache – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
 Über die Grundsätze, welche für die Konstruktion künstlicher Sprachen maßgebend sind (*Wilhelm Ostwald*)
 Gedanken zum vorstehenden Beitrag (*Karl Hansel*)
 Vereinheitlichung der Wissenschaft und die internationale Wissenschaftlersprache – Über die in Vergessenheit geratene Idee Wilhelm Ostwalds (*Danuta Sobczyk/ska, Ewa Czerwi/ska*)
 Nachhaltigkeit aus entropischer Sicht (*Wolfgang Fratzscher*)
- Heft 2/2002 Ostwalds Jahre als freier Wissenschaftler 1906-1932
 Die heutige Schule im Widerspruch zur Wissenschaft und zum Leben – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
 Zur Umgestaltung des höheren Schulunterrichts (*Wilhelm Ostwald*)
 Schule und Studium bei Wilhelm Ostwald und heute (*Hermann Berg*)
 Internationale Mathematikolympiade (*Hans Jürgen Bull und Ulrich Pofahl*)
 Schüler und Gäste am Physikalisch-chemischen Institut der Universität Leipzig 1897-1906 (6. Teil) (*Christa Pludra*)
 Was ich nicht weiß, das macht mich heiß (*Grit Kalies*)
 Wilhelm Ostwald: Farbe im Konflikt zwischen Kunst und Wissenschaft (*Albrecht Pohlmann*)
 Ganzheitliche Medizin und naturwissenschaftliches Weltbild (*Steffen Schulz*)
- Heft 3/2002 Ostwalds Jahre als freier Wissenschaftler 1906-1932
 Weltkrieg und Revolution – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
 Europa unter deutscher Führung (*Wilhelm Ostwald*)
 Ostwald als „intellektueller Kriegsfreiwilliger“ (*Karl Hansel*)
 Technologieentwicklung als humaner Wert? (*Herbert Hörz*)
- Heft 4/2002 Ostwalds Jahre als freier Wissenschaftler 1906-1932
 Die Schönheit des Gesetzes – Auszüge aus den Lebenslinien (*Wilhelm Ostwald*)
 Über Tonkunst (*Wilhelm Ostwald*)
 Kunst und Wissenschaft (*Wilhelm Ostwald*)
 Meine Bilder (*Wilhelm Ostwald*)
 Farbschönheit (*Wilhelm Ostwald*)
 [Kunst, Wissenschaft und Literatur] (*G. Wustmann jr.*)
 Ostwalds Diktaturtraum? (*Hans Hildebrandt*)
 Nutzen und Nachteil des Dilettantismus (*Paul Friedrich*)
 Farbsysteme von Ostwalds Zeitgenossen (*Manfred Reitz*)

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**
- Sonderheft 13 Die Philosophie der Farbe. Briefunterricht zur Farben- und Formenlehre**
- Sonderheft 14 Wilhelm Ostwald. Gesamtschriftenverzeichnis Bd. 1. Selbstständig und unselbstständig erschienene Schriften, deren Neuauflagen und Übersetzungen 1875-1932**
- Sonderheft 15 Svante Arrhenius und Wilhelm Ostwald in ihren Briefen**

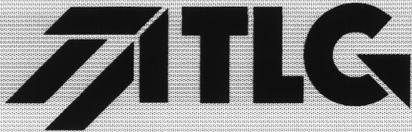
zu beziehen über:

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

Heft 6, 11 und 15 je	€ 11,-
Heft 14	€ 20,-
alle übrigen je	€ 5,-

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

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 Muldenalhalle
- 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



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: ostwaldenergie@aol.com

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

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