

Ankündigung.

Der Verfasser, der durch seine in unserem Verlage erschienenen Werke „Bedienung der Arbeitsmaschinen zur Herstellung bedruckter Baumwollstoffe“ und „Hundert Jahre Baumwolltextilindustrie“, und eine große Reihe weiterer Veröffentlichungen in den Kreisen der Textilindustrie wohlbekannt ist, hat als Endglied einer längeren Reihe von Arbeiten das hier vorliegende Werk verfaßt.

Der Verfasser bringt unter weitgehender Berücksichtigung der einschlägigen Literatur das, was in bezug auf Licht und Lichtwirkung in erster Linie für den Textilindustriellen von Interesse ist. Die systematische Gruppierung des Stoffes, die prägnante Art der Darstellung, die nur das Wesentliche herauschält, und der Umstand, daß viele persönliche Erfahrungen und Anschauungen des Verfassers mitgeteilt werden, verleihen dem Werk einen eigenen Reiz. Besonders fesselnd sind im ersten Teil die Kapitel „Die Zusammenstellung der wichtigsten Maßzahlen für Licht und Lichtwirkung“, die „Richtlinien für die Anlage von Beleuchtungsanlagen“, im zweiten Teil die Kapitel über die „Ostwaldsche Farbenlehre“, die „Photogravur“, „Lichtechtheit“ und über „physiologische Wirkungen des Lichtes“. Viele Abschnitte sind zweifellos für alle Kreise von hohem Interesse.

Fünf Stofftafeln, die dem Werke beigegeben und in dem vom Verfasser geleiteten Betriebe hergestellt sind, geben ein anschauliches Bild der wunderbaren Leistungen der modernen Baumwolltextilindustrie.

Braunschweig, März 1924.

Friedr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges.



Die Aufgaben und die
Bedeutung des Lichtes
in der Baumwolltextilindustrie

von

Dr. phil. Wilh. Elbers

Dr. ing. e. h.

Hagen in Westf.

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

ISBN 978-3-663-00758-6 ISBN 978-3-663-02671-6 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-02671-6

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1927

Vorwort.

Jede Einzelerfahrung, jede Erfindung und Entdeckung auf dem Gebiete der Technik und angewandten Naturwissenschaften kann zu ihrem Ausbau von Bedeutung werden. Aber wie die Arbeitsteilung als Korrelat die Arbeitszusammenfassung hat, so ist es notwendig, in gewissen Zeitabschnitten die Erfahrungen und Erfindungen eines Fachgebietes unter dem Gesichtspunkt einer technologischen Richtlinie oder einer weiter schauenden Perspektive zu ordnen, das Wesentliche vom Unwesentlichen, das Bleibende vom Zufälligen zu scheiden, das Gemeinsame und Gleichartige in den verschiedenen Vorgängen zu erkennen. Nach diesem Grundsatz der größeren einheitlichen Gesichtspunkte sind im Gegensatz zu meinen früheren Arbeiten im letzten Jahrzehnt meine literarischen Arbeiten über die Textilindustrie abgefaßt worden.

Eine solche technologische Richtlinie bedeuten die Arbeiten über „Betriebssicherheit“, „Kontinuität des Arbeitsprozesses“ und „Quantitatives Denken“.

Von einer besonderen Perspektive gesehen sind die Darlegungen und Zusammenstellungen in den Arbeiten „Der Wettbewerb der Arbeitsmaschinen und Arbeitsmethoden in der Baumwolltextilindustrie“, „Der Einfluß der Struktur der Faser auf die Schönheit der Farbeffekte“, weiter „Die Aufgaben und die Bedeutung der Luft“ und später „Die Aufgaben und die Bedeutung des Wassers in der Baumwolltextilindustrie“.

Diesen letzteren Arbeiten soll sich jetzt die vorliegende Ausarbeitung anreihen. Gern bin ich dem Rate meines Freundes Professor Dr. Adolf Lehne, in dessen vortrefflicher Färberzeitung die Abhandlung über die Aufgaben und Bedeutung des Wassers zur Zeit erschienen ist, und dem Wunsche des Verlags gefolgt, die Arbeit in Buchform erscheinen zu lassen.

* * * *

Von den vier Elementen des Empedokles und Aristoteles wurde das Licht (Feuer) als das wichtigste angesehen. „Es werde Licht“ und „es ward Licht“ ist der erste Schöpfungsakt bei der Erschaffung der Welt. Unsere größten Denker, wie Newton, Goethe und Schopenhauer haben über diesem Problem des Lichtes und der Farben viele Jahre ihres Lebens geforscht und ihm ihre besten Kräfte geweiht. Hervorragende Physiker und Chemiker der späteren Zeit, wie Helmholtz, Tyndall und Chevreul haben sich mit Vorliebe der Optik zugewandt und auf diesem Gebiet wichtige Forschungsarbeiten geliefert.

Auch auf dem engeren Fachgebiet der Textilindustrie haben sich gelehrte Forscher und erfahrene Praktiker mit den so zahllosen Problemen, die das Licht bietet, beschäftigt. Sie sind ja auch von Berufs wegen darauf angewiesen. Denn außer dem allgemeinen Interesse, das jeder Industrielle, wie die gesamte Menschheit, dem Energiespender Licht entgegenbringen muß, gesellen sich für die Textilindustrie, soweit sie mit der Herstellung farbiger Stoffe zu tun hat, noch die Probleme, welche die farbigen Wirkungen des Lichtes mit sich bringen, als Faktoren hinzu, die bei der Berufsarbeit zu berücksichtigen und möglichst auch zu beherrschen sind.

Eine Zusammenfassung dessen, was nach dem heutigen Stande der Wissenschaft und Technik das Licht uns bedeutet und leistet, ist für die Textilindustrie daher besonders reizvoll. Wenn nun auch nach diesem textilen Gesichtspunkt die folgenden Ausführungen in erster Linie eingestellt sind, so habe ich mich doch bemüht, trotzdem die Zusammenhänge mit den allgemeinen Fragen nicht aus dem Auge zu verlieren. Dieses trifft besonders bei den Wärmewirkungen und physiologischen Wirkungen zu, die vorwiegend allgemeine Fragen behandeln.

Bei der Gruppierung des Stoffes war es einerseits mein Bestreben, die Ergebnisse meiner literarischen Studien kritisch gesichtet und systematisch geordnet vorzuführen. Diese Darlegungen beschränken sich auf die nach meiner Ansicht wichtigsten Fragen und machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Weiter aber habe ich bei dieser Gelegenheit eine Reihe von persönlichen Erfahrungen und Gedanken weiter ausgeführt. So im ersten Teil die bei meinen vielen Fabrikbauten und in langjähriger Betriebsführung gesammelten Er-

fahrungen, bei denen naturgemäß die Fragen der Textilindustrie besonders berücksichtigt sind. Diese Erfahrungen finden dann zum Schluß ihre kurze Zusammenfassung in den Richtlinien für den Entwurf und die Bedienung der Beleuchtungsanlagen.

Im zweiten Teil habe ich meine schon bei früherer Gelegenheit mitgeteilten Anschauungen über die Wechselwirkung zwischen der Struktur der Gewebe und dem Licht eingeflochten und durch Stofftafeln ergänzt. Diese Tafeln, in denen fast durchgehend die beinahe unvergänglichen Indanthrenfarben Anwendung gefunden haben, sollen gleichzeitig zeigen, welche herrlichen Farb- und Glanzeffekte bei dem heutigen Stande der Baumwolltextilindustrie dem Auge des Beschauers unter der Einwirkung des Lichtes dargeboten werden können.

Hagen i. W., im März 1924.

Dr. Wilh. Elbers.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
I. Bedeutung und Leistungen des Lichtes in der Baumwolltextilindustrie auf physikalischem Gebiete	4
A. Maßzahlen für das Licht und die Lichtwirkungen	6
B. Lichterzeugung und Beleuchtung	8
Natürliche Beleuchtung	8
Erzeugung von künstlichem Licht	12
Vergleich der Erzeugungskosten von Gaslicht und elektrischem Licht	14
Allgemeinbeleuchtung mit künstlichem Licht	19
Örtliche Beleuchtung mit künstlichem Licht	22
Besondere Fälle örtlicher Beleuchtung in der Textilindustrie	24
Richtlinien für den Entwurf und die Bedienung der Beleuchtungsanlagen	27
C. Farbige Lichtwirkungen	28
Farben und Farbstoffe	30
Analyse und Synthese der Farbtöne	33
Auffassung verschiedener Forscher: Helmholtz, Pringsheim, Kallab, Hering	34
Ostwaldsche Farbenlehre	37
Der Einfluß der Struktur der Gewebe	41
D. Wärmewirkungen des Lichtes	45
II. Die Aufgaben und die Bedeutung des Lichtes in der Baumwolltextilindustrie auf chemischem Gebiete.	48
A. Nützliche aufbauende Arbeit des Lichtes	48
B. Schädliche aufbauende Wirkungen des Lichtes	50
C. Schädliche abbauende Wirkungen des Lichtes	51
Lichtecktheit	51
Wirkung des Lichtes auf die Textilfaser	56
D. Nützliche abbauende Arbeit des Lichtes	58
Photogravur	59
III. Bedeutung des Lichtes auf physiologischem Gebiete	66

Einleitung.

Die folgenden Darlegungen sollen eine Ergänzung meiner früheren Abhandlungen über die Bedeutung und Leistung der atmosphärischen Luft¹⁾ und des Wassers²⁾ in der Textilindustrie bilden. Freilich läßt sich das Licht mit der Luft und dem Wasser nicht ohne weiteres in Parallele stellen, denn Luft und Wasser sind Körper, mit allen körperlichen Eigenschaften ausgestattet, während das Licht eine Art Energie — strahlende Energie — ist. Das Wesen dieser strahlenden Energie, welche auf unsere Netzhaut und in unserem Gehirn einen Lichtreiz hervorruft und für uns die Sichtbarkeit der uns umgebenden Welt bedingt, das Wesen des Lichtes besteht nach dem heutigen Stande der Wissenschaft und der von ihr angenommenen Hypothese in elektromagnetischen Schwingungen des Äthers von sehr verschiedenen Wellenlängen. Wenn nun demnach auch dem Lichte die körperlichen Eigenschaften fehlen, insofern es nur ein Schwingungszustand des Äthers ist, der zu seiner Aufrechterhaltung immer neuer Impulse bedarf, so macht das Licht auf uns doch in vieler Beziehung einen Eindruck des Körperlichen, der ja auch schon in den Wortbildungen, wie Lichtstrahl, Lichtstrom, Lichtquelle zum Ausdruck kommt, und so mag es denn gerechtfertigt erscheinen, wenn die Leistungen des Lichtes für die Textilindustrie nach ähnlichen Gesichtspunkten, wie die der anderen freien Güter, welche die Natur uns spendet, der Luft und des Wassers einer Erörterung und einem Vergleich unterzogen werden. Im übrigen wollen wir berücksichtigen, daß ja auch jeder Körper derartig mit Energie durchsetzt ist, daß die verschiedenen Energien den Zustand des

¹⁾ Zeitschr. f. Farbenindustrie 1914, Heft 3 und 4.

²⁾ Färberzeitung 1918, Heft 21—24.

Körpers, sein ganzes Wesen ausmachen oder, wie Ostwald in seinem Buch über „Die Energie“¹⁾ bei der Erörterung der Schwierigkeiten, die verschiedenen etwa im Körper vorhandenen Energien voneinander getrennt zu bestimmen, es ausdrückt:

„Andererseits hat die schärfere Anspannung dieses Gedanken-zuges schließlich dahin geführt, daß der „Körper“ mehr und mehr neben den an ihm befindlichen Energien zum Verschwinden gekommen ist, so daß man schließlich die Körper als Aggregate oder Komplexe von Energien allein, ohne irgend einen dahinter befindlichen energielosen und daher auch notwendig eigenschaftslosen Träger, vorzustellen gelernt hat.“

So beruhen die Leistungen von Luft und Wasser, die in den früheren Aufsätzen erörtert wurden, soweit sie mechanischer oder physikalischer Natur waren, zum großen Teil nicht auf ihrer Individualität, sondern auf ihrer Funktion als Energieträger.

Weitere Analogien zwischen Licht und Wasser im Gegensatz zur Luft bestehen dann darin, daß das Licht, wenigstens in einer für die meisten Verwendungszwecke ausreichenden Menge, nicht überall und zu allen Zeiten vorhanden ist, sondern daß sein freies Vorkommen auch an Ort und Zeit gebunden ist. Weiter ist hervorzuheben, daß das Licht in ähnlicher Weise wie Luft und Wasser nicht etwas Einfaches, sondern etwas Zusammengesetztes darstellt, zwar nicht ein Gemenge mehrerer Stoffe, wohl aber verschiedener Energiearten. Wie wir endlich bei der Luft und dem Wasser von einer Veredlung, die durch Zufuhr von Bewegungsenergie und Erhöhung der Molekularenergie (Wärmezufuhr) bedingt ist, reden konnten, so ist auch das Licht als Energieart unter Umständen einer Beeinflussung fähig, die wir im Hinblick auf unseren jeweiligen Zweck auch als Veredlung bezeichnen dürfen. Diese Beeinflussung besteht in:

1. einer Steigerung der Intensität,
2. einer Abschwächung der Intensität,
3. einer Umwandlung in andere Energiearten.

Ein wichtiger Unterschied gegenüber der Luft und dem Wasser besteht aber darin, daß das Licht nicht bloß als freies

¹⁾ W. Ostwald, Die Energie, S. 88.

Naturgut, wie es uns Sonne, Mond und Sterne liefern, zur Geltung und Wirkung gelangt, sondern auch, und zwar in beträchtlichem Maße wegen der nur periodischen Anwesenheit der uns als freies Naturgut zur Verfügung stehenden Lichtquellen künstlich erzeugt werden muß. Bei dem künstlichen Lichte kommen naturgemäß auch alle die Umwandlungs- und Veredlungsprozesse in Betracht, denen auch das natürliche Licht für uns unterworfen werden kann. Bei künstlichem Licht aber werden wir von vornherein bestrebt sein, möglichst Licht von der Intensität und Energieart, kurz, von der Beschaffenheit zu erzeugen, wie dieses unseren Zwecken entspricht.

Als Einteilungsprinzip wählen wir die Bedeutung und Leistungen des Lichtes — des natürlichen und künstlichen — in der Baumwolltextilindustrie

1. auf physikalischem Gebiete,
 - a) reine Lichtwirkungen (Beleuchtung),
 - b) farbige Lichtwirkungen,
 - c) Wärmewirkungen;
2. auf chemischem Gebiete,
3. auf physiologischem Gebiete.

Dabei werden wir uns nicht nur ausschließlich auf die Baumwolltextilindustrie und die Textilindustrie überhaupt beschränken, sondern da, wo es zweckmäßig erscheint, ähnlich liegende Fälle in anderen Industrien und auf allgemeinen Gebieten zur Besprechung und zum Vergleich mit heranziehen.

I. Bedeutung und Leistungen des Lichtes in der Baumwolltextilindustrie auf physikalischem Gebiete.

Das Licht vermittelt uns die Sichtbarkeit der uns umgebenden Welt, und zwar nicht nur die der Gegenstände in ihrer äußeren Form, sondern auch in ihrem verschiedenen Glanze und in ihren verschiedenen Farben. Die Lichtwirkungen werden hervorgebracht durch die von der Sonne, den Gestirnen und durch die von den sonstigen natürlichen und künstlichen Lichtquellen ausgehenden Strahlen, deren Wellen eine Schwingungszahl von 450 bis 790 Billionen Schwingungen in der Sekunde haben, und von denen jede Schwingungsgruppe in unserem Auge einen besonderen Eindruck hervorruft. Zerlegt man einen Lichtstrahl, wie er z. B. von der Sonne ausgeht, durch ein Glasprisma, so zeigt sich, daß der scheinbar weiße Lichtstrahl aus unendlich vielen Farbenschattierungen zusammengesetzt ist. Es ergibt sich bei der Brechung des Lichtstrahles durch das Glasprisma ein Farbband (Spektrum), das vom Rot über Gelb zum Blau und Violett geht. Die roten Strahlen zeigen die geringste, die violetten die größte Brechbarkeit, die ja ihrerseits mit der Schwingungszahl in direktem Zusammenhang steht. Die Schwingungszahl der roten Strahlen beträgt 450, die der violetten 790 Billionen.

Die Schwingungen des Äthers, welche unter und über dieser Grenze liegen, also unter 450 und über 790, werden, wenn man in der Physik das optische Spektrum auch noch weiter faßt, von dem Auge nicht mehr als Licht empfunden. Es ist genau die gleiche Erscheinung wie die der Aufnahmefähigkeit unseres Ohres und des Gehirnes für das Reich der Töne. Jedes Organ reagiert nur auf gewisse Schwingungszahlen. Sehr anschaulich schildert Dove diese Wirkung je nach der Inten-

sität der Schwingungen eines Körpers, bzw. des in Mitschwingung versetzten Äthers auf unsere Sinne in folgenden Ausführungen.

„In der Mitte eines großen finsternen Zimmers mag sich ein Stab befinden, der in Schwingungen versetzt ist, und es soll zugleich eine Vorrichtung vorhanden sein, die Geschwindigkeit dieser Schwingungen fortwährend zu vermehren. Ich trete in dieses Zimmer in dem Augenblick, wo der Stab viermal schwingt. Weder Auge noch Ohr sagt mir etwas von dem Vorhandensein dieses Stabes, nur die Hand, welche seine Schläge fühlt, indem sie ihn berührt. Aber die Schwingungen werden schneller, sie erreichen die Zahl 32 in der Sekunde und ein tiefer Baßton schlägt an mein Ohr. Der Ton erhöht sich fortwährend, er durchläuft alle Mittelstufen bis zum höchsten schrillenden Ton; aber nun sinkt alles in die vorige Grabesstille zurück. Noch voll Erstaunen über das, was ich hörte, fühle ich (bei zunehmender Geschwindigkeit des schwingenden Stabes) plötzlich von der Stelle her, an welcher der Ton verhallte, eine angenehme Wärme sich strahlend verbreiten, so behaglich, wie ein Kaminfeuer sie aussendet. Aber noch bleibt alles dunkel. Doch die Schwingungen werden noch schneller; ein schwaches rotes Licht dämmert auf, es wird immer lebhafter, der Stab glüht rot, dann wird er gelb und durchläuft alle Farben, bis nach dem Violett alles wieder in Nacht versinkt“.

* * * * *

Gegenüber der Einwirkung des Lichtes zeigen nun die einzelnen, nicht selbstleuchtenden Körper auf unserer Erde ein ganz verschiedenes Verhalten; es kommt dabei die Fähigkeit der Körper zur Brechung, Absorption und Reflexion des Lichtes und die Durchlässigkeit für dasselbe in Betracht.

Trifft demnach ein Lichtstrahl auf einen Körper, so ist das Schicksal des Lichtstrahles ein ganz verschiedenes, je nachdem es sich um einen für Licht durchlässigen oder undurchlässigen, also wie man gewöhnlich sagt, durchsichtigen oder undurchsichtigen Körper handelt, weiter, je nachdem ob der Körper gefärbt oder ungefärbt ist, eine spiegelnde oder nicht spiegelnde Oberfläche hat, und endlich, ob der Körper die

Lichtstrahlen zu brechen und in Lichtstrahlen anderer Wellenlänge zu verwandeln vermag. Alle diese Eigenschaften können mehr oder weniger in einem Körper vereinigt sein; wir brauchen nur an ein farbiges Prisma aus fluoreszierendem Glase mit spiegelnder Oberfläche zu denken. Daraus ergibt sich ohne weiteres, welche Fülle von Erscheinungen auch bei Betrachtung der reinen Lichtwirkungen uns entgegentreten.

Wir greifen aus der Fülle dieser Fragen diejenigen heraus, die uns hier am meisten interessieren, und beschränken uns im Hinblick auf unser Thema auf die Lichtstrahlen, welche von undurchsichtigen Körpern zurückgeworfen werden, und zwar einmal mit den in ihrer Färbung wenig oder gar nicht veränderten und mit den als andersfarbige Strahlen zurückgeworfenen Lichtstrahlen. Wir fassen demnach ins Auge

1. das Problem der Sichtbarmachung der Körper überhaupt, d. i. die Lichterzeugung und Beleuchtung;
2. die Frage, unter welchen Bedingungen die Umwelt uns im farbigen Lichte erscheint, das Problem der farbigen Lichtwirkung.

A. Maßzahlen für das Licht und die Lichtwirkungen.

Zunächst seien hier die wichtigsten das Licht und die Lichtwirkung betreffenden Maßzahlen zum Teil unter Wiederholung des vorher Gesagten übersichtlich zusammengestellt.

Unser Auge empfindet nur elektromagnetische Wellen als Licht, deren Länge 0,0003 bis 0,0008 mm beträgt.

Die roten Lichtstrahlen sind langwellig, die violetten kurzwellig.

Die Wellenlänge¹⁾ des äußersten noch wahrnehmbaren roten Lichtes ist 0,0008 mm, die des äußersten noch wahrnehmbaren violetten Lichtes ist 0,0003 mm.

Die Schwingungszahl in der Sekunde:

für rotes Licht	450 Billionen
„ gelbes „	560 „
„ blaues „	790 „

Das Licht pflanzt sich mit einer Geschwindigkeit von 300000 km je Sekunde fort. Wellenlänge, Schwingungszahl und

¹⁾ G. Leimbach, Das Licht im Dienste der Menschheit, S. 80.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit stehen in Abhängigkeit voneinander. — Die Schwingungszahl (s) ist gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit (v), dividiert durch die Wellenlänge (l):

$$s = \frac{v}{l}.$$

In der Optik bedeutet der Buchstabe μ (Mü) ein Tausendstel Millimeter.

Wendet man diese Bezeichnung an, so ergeben sich für das optische Spektrum Wellenlängen von 0,380 bis 0,760 μ , und zwar

Rotes Licht	0,760 μ
Gelbes Licht	0,589 „
Grünes Licht	0,527 „
Hellblaues Licht	0,481 „
Dunkelblaues Licht	0,431 „
Violettes Licht	0,393 „ ¹⁾

Als Anhaltspunkt für hohe Temperaturen diene folgendes:

Die blendendste Weißglut der Sonne	6000° C
Die weißglühende Kohle am positiven Pol der Bogenlampe	4000° „
Heißester Teil im Hängeglühlicht	2000° „
Blendendes Weißglühen des Eisens	1400—1500° „
Kirschtrotglühen des Eisens	900—1000° „

Die Ausnutzung der von der Sonne auf die Erde gesandten Lichtenergie durch die Pflanzen beträgt drei Millionstel dieser Gesamtenergie ²⁾).

In Deutschland gilt als Normaleinheit der Lichtstärke die Hefereinheit (Hefner-Alteneck) oder Normalkerze. Sie ist eine Flamme von 40 mm Höhe, in der Amylacetat verbrennt, welches durch einen Docht von 8 mm zugeführt wird.

Als Einheit der Beleuchtung, also der Wirkung des Lichtes, wird die Meterkerze oder Lux bezeichnet, d. i. die Beleuchtung, welche eine Hefnerkerze in 1 m Entfernung auf einer senkrecht gegen die Strahlen gestellten Fläche hervorbringt ³⁾).

¹⁾ L. Grätz, Das Licht und die Farben, S. 70.

²⁾ Dr. Joh. Plotnikow, Die Lichtreaktionen. Prometheus Nr. 260, S. 177.

³⁾ Emil Warburg, Experimentalphysik, S. 253.

Für eine gute Allgemeinbeleuchtung von Sälen usw. werden 35 bis 50 Lux verlangt. Man rechnet ferner im allgemeinen, daß zum Lesen bei künstlicher Beleuchtung 10 bis 20 Lux erforderlich sind, und daß zur Not für Leute mit kräftigen Augen 5 Lux und weniger ausreichen. Abgesehen von der individuellen Fähigkeit, die wieder von der Beschaffenheit des Auges und der Leistungsfähigkeit von Gehirn und Nerven abhängig ist, spielt auch beim Lesen eine Reihe von weiteren Faktoren, die Art des Papiers, ob mattes oder glänzendes Papier, die Größe und Art der Buchstaben, und endlich, ob die Beleuchtung ohne Schatten und Blendung ist, eine wichtige Rolle.

Für mäßige, eben ausreichende Straßenbeleuchtung rechnet man $\frac{1}{10}$, für gute Straßenbeleuchtung 1 Lux. Als Vergleich sei angeführt, daß die Beleuchtung durch den Mondschein auf $\frac{1}{10}$ Lux geschätzt wird.

B. Lichterzeugung und Beleuchtung.

Natürliche Beleuchtung. Die Frage der Beleuchtung ist darum für jeden Industriellen eine noch schwierigere Frage als die der Wasserversorgung, weil die uns zur Verfügung stehende oder einmal erschlossene Wasserversorgung uns meist jahraus, jahrein das spendet, was wir brauchen, während die natürliche Lichtquelle in den verschiedenen Jahreszeiten uns ganz verschieden versorgt, ja an kaum zwei Tagen eines Jahres uns absolut in der gleichen Weise zur Verfügung steht. Wir alle sind daher auch auf die Erzeugung und Benutzung künstlichen Lichtes angewiesen. Trotzdem oder vielmehr gerade deshalb muß es immer Grundsatz bleiben, möglichst das uns kostenlos zur Verfügung stehende Sonnenlicht auszunutzen. Es muß hierauf schon bei dem Bau der Fabriken weitgehende Rücksicht genommen werden. Bei Flachbauten bieten Sheddächer und Laternendächer hierzu eine weitgehende Möglichkeit; bei Sheddächern pflegt man die Gebäude, wenn irgend möglich, so zu orientieren, daß der Lichteinfall von Norden erfolgt, um den Einfall der grellen Lichtstrahlen der Mittagssonne zu vermeiden.

Bei seitlichen Fenstern in mehrstöckigen Bauten muß man auf einen Lichteinfall Bedacht nehmen, der möglichst hoch

an die Decke des Raumes hinanreicht, da das Licht unter einem Winkel von 45° einfällt und dann bis weit in den Raum hinein eindringen kann. Die Belichtung älterer Gebäude, die oft niedrige Fenster haben, sei es, weil sie ursprünglich nicht für Fabrikationszwecke bestimmt waren, sei es, weil Bauherr und Baumeister diesen Gesichtspunkt zu wenig berücksichtigt haben, kann man oft dadurch verbessern, daß man den Scheitel der Fenster höher herausrückt und sie bis zur Decke des Raumes reichen läßt. Ist dieses nicht gut zu ermöglichen, oder wünscht man Teile eines Raumes, die, weil andere Gegenstände (Maschinen usw.) davorliegen, von dem direkten Licht nicht getroffen werden können, z. B. den Platz hinter der Druckmaschine, ohne Aufwendung von künstlichem Licht mehr zu erhellen, so wendet man zuweilen Spiegel oder Prismen (Luxferprismen) an. Es ist dabei allerdings zu beachten, daß die Flächen solcher Körper stets sehr sauber gehalten werden müssen, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen. Das beste ist es natürlich, wenn bei dem Bau selbst möglichst auf eine gute Ausnutzung des Tageslichtes Rücksicht genommen wird, so daß der Tageslichtquotient, wie man es heute bezeichnet, sich möglichst günstig stellt.

In dieser Hinsicht können wir uns manche früheren Epochen zum Muster nehmen, die es, wenigstens bei den Wohnungsbauten, zum Teil ganz anders verstanden haben, dem Tageslicht Zutritt zu den Wohnungen zu verschaffen¹⁾.

Besondere Sorgfalt sollte man auch den Treppenhäusern widmen, und durch möglichst gute Zuführung des Tageslichtes eine ausreichende Helligkeit während des Tages zu erreichen suchen. Wenn die einzelnen Stufen sich nicht scharf voneinander abheben, so ist die Unfallgefahr hier besonders groß.

In Etagenbauten ermöglichen eine sehr vorteilhafte Ausnutzung des Lichtes, einschließlich des Treppenhauses, die Hallenbauten, bei denen die außenstehenden Gebäudeteile um einzelne Lichthöfe gruppiert sind, und die nach dem Muster der Technischen Hochschule in Charlottenburg auch für andere große öffentliche Gebäude, z. B. Schulen, jetzt häufig Verwendung finden. Solche Hallenbauten eignen sich auch sehr gut für

¹⁾ Dr. J. Teichmüller, Über Lichttechnik und Lichttechniker. Zeitschr. d. Ver. D. Ingenieure 1923, S. 437.

Verwaltungsgebäude, Lagerräume, Verkaufsräume usw., bei denen es auf eine günstige Beleuchtung sehr ankommt.

Eine bessere Ausnutzung des Tageslichtes läßt sich oft auch durch entsprechende Gruppierung und Aufstellung der Arbeitsmaschinen erreichen. Zweckmäßig stellt man besser manche Arbeitsmaschinen nicht parallel zum Fenster, sondern unter einen Winkel von 45°. Besonders erprobt habe ich dieses in der Gravieranstalt bei den Molettiermaschinen. Der die Molettiermaschine bedienende Arbeiter, welcher seinen Platz zwischen Fenster und der auf der Molettiermaschine zu gravierenden Walze hat, kann dann seinen Körper während der Molettierarbeit zwanglos senkrecht zum Fenster stellen, so daß der dann schmale Schatten des Körpers bei der Arbeit in keiner Weise störend wirkt.

Eine Maßnahme, die natürlich auch bei künstlichem Licht sehr zu statten kommt, ist die, den Anstrich von Decke und Wänden, die als möglichst wirksame Lichtreflektoren und Lichtstreuer dienen sollen, recht oft zu erneuern und in der Farbe möglichst hell zu halten, soweit dieses mit Rücksicht auf ein Verschmutzen durch Berührung mit der Hand oder Werkstücken geschehen kann. Der Anstrich des unteren Teiles der Wände wird deshalb meist in einem etwas dunkleren Ton als der obere Teil gehalten. Da die nackten, geputzten und mit Kalkleimfarbe gestrichenen Flächen trotzdem leicht schmutzen, so ist es zweckmäßig, die Wände in 1,80 m Höhe mit einer Holzverschalung zu verkleiden, die dann mit einem ziemlich hellen, abwaschbaren Ölanstrich versehen wird.

Noch besser ist es, wenn man sich trotz der hohen Kosten dazu entschließen kann, die Wände des Arbeitsraumes in Höhe von 1,80 m mit weißen Fliesen zu belegen. Für Werkstätten, in denen schwere Utensilien gelagert oder eiserne oder metallene Gegenstände und Werkstücke gegen die Wände gelegt oder vielleicht gar geworfen werden, ist das Bekleiden der Wände mit Fliesen nicht angebracht. Aber sonst ist in fast allen Arbeitsräumen der Textilindustrie der Plattenbelag außerordentlich zweckmäßig, namentlich in Farbküchen, Färbereien und Druckereien. Es genügt dann das wöchentliche Abreiben mit einem feuchten Tuch, um stets einen tadellos sauberen und hellen Arbeitsraum zu haben. Die Schwierigkeiten, die bei

kalkempfindlichen Farben (Anilinschwarz) durch etwaiges Vorbestreichen der Gewebe an den mit Kalkanstrich versehenen Wänden entstehen¹⁾, werden auf diese Weise am besten behoben. Bei zeitweise oder dauernd feuchten Räumen kann man allerdings dann, wenn trockene Gewebe unmittelbar an die Wand gelegt werden sollen, zur Verwendung von Fliesen nach meinen Erfahrungen nicht raten; denn an den kalten, die Wärme gut leitenden Fliesen schlägt sich bei kühler Außentemperatur und hohem Feuchtigkeitsgehalt des Innenraumes an den Wänden die Feuchtigkeit als sogenanntes Schwitzwasser nieder, welches dann die etwa gegen die Wände gelagerte Ware an den Berührungsstellen durchnäßt. Solche Naßflecke aber können erhebliche Nachteile im Gefolge haben, besonders wenn es sich um Gebäude handelt, in denen gedruckte Gewebe lagern, bei denen der Fixationsprozeß noch nicht beendet ist. Im allgemeinen aber erweist sich, wie gesagt, die ausgiebige Verwendung von hellen Kacheln zum Besetzen der Wände der Arbeitsräume als eine hervorragende Verbesserung der baulichen Einrichtung, gerade für die Textilindustrie, und zwar besonders auch im Hinblick auf die Beleuchtungsfrage; nicht nur, um möglichst lange noch bei Tageslicht arbeiten, sondern um mit einem geringeren Aufwand von künstlicher Beleuchtung auskommen zu können (vgl. auch Tabelle S. 20).

Eine zu starke Einwirkung der Sonne während der sonnenreichen Zeit ist oft selbst für unsere Breitengrade auch in bezug auf die reine Lichteinwirkung, abgesehen von der zu starken Erwärmung, von der später die Rede sein wird, nicht erwünscht. Die grelle Mittagssonne ist den arbeitenden Personen, zumal bei Arbeiten, die das Auge anstrengen (Schreiben, Zeichnen, Gravieren), lästig und unter Umständen für das Auge direkt schädlich. Wenn die Sonne durch senkrecht gerichtete Fenster eindringt, so bieten dann Vorhänge, welche nach Bedarf vorgezogen werden können, den erforderlichen Schutz. Bei Fabrikbauten, deren Dächer mit Laternen versehen sind, werden diese ähnlich wie die Treibhäuser im Hochsommer, mit einem mit Ultramarin durchsetzten Kalkanstrich getüncht.

¹⁾ W. Elbers, Bedienung der Arbeitsmaschinen zur Herstellung bedruckter Baumwollstoffe, S. 166.

Erzeugung von künstlichem Licht.

Die Aufgabe der künstlichen Lichterzeugung ist es, durch Temperatursteigerung die sich hierfür am besten eignenden Körper zu einer möglichst hohen Temperatur, zur Weißglut zu bringen.

Wie die steigende Temperatur ein immer stärkeres Glühen durch Erzeugung von Lichtstrahlen bewirkt, zeigt die folgende Tabelle.

Temperaturen beim Glühen des Eisens.

Anfangendes Rotglühen . . .	525° C	Dunkles Orangeglühen . . .	1100° C
Dunkles Rotglühen	700° „	Helles Orangeglühen	1200° „
Anfangendes Kirschrotglühen	800° „	Weißglühen	1300° „
Kirschrotglühen.	900° „	Helles Weißglühen	1400° „
Helles Kirschrotglühen	1000° „	Blendendes Weißglühen	1500° „

Die blendendste Weißglut der Sonne wird mit 6000° C¹⁾, die Temperatur der weißglühenden Kohle am positiven Pol der Bogenlampe²⁾ mit 4000° C angenommen. In dem heißesten Teil des Hängeglühlichtes (Mundus-Licht) fand Killing eine Temperatur von 2000° C³⁾.

Das Streben bei der Lichterzeugung muß dahin gehen, mit einem möglichst geringen Wärmeverbrauch die höchste Lichtwirkung zu erzielen, denn der Teil der Schwingungsarbeit, welcher in dunkle Wärmestrahlen umgesetzt wird, geht für die Lichterzeugung verloren. Recht ungünstig liegen die Verhältnisse bei den früher verwendeten Mitteln der Lichterzeugung mit Hilfe von Kerzen, Petroleum usw., die allerdings für einen größeren Verwendungskreis jetzt nicht mehr in Betracht kommen.

Auch bei der Verbrennung des Leuchtgases entstanden bei Verwendung der ersten Brenner noch sehr viel dunkle Wärmestrahlen. Man hat es indes allmählich gelernt, die Methoden der Lichterzeugung mittels Leuchtgase so zu beeinflussen, daß mehr Licht- und weniger Wärmestrahlen entstehen. — An Stelle des Schnittbrenners ist der Argandbrenner und der mit vorgewärmter Luft arbeitende Regenerativbrenner getreten.

1) Wilhelm Ostwald, Physikalische Farbenlehre, S. 1.

2) Die Technik des 20. Jahrhunderts, III, S. 334.

3) Dr. C. Killing, Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1914, Nr. 30.

Noch später ist der Auerbrenner eingeführt, in dessen Strumpf die seltenen Erden an Stelle des Kohlenstoffes zur Weißglut gebracht werden. Die seltenen Erden mit ihrem hohen Atomgewicht haben die Eigenschaft, infolge ihrer geringen spezifischen Wärme (denn das Produkt aus spezifischer Wärme und aus Atomgewicht ist eine konstante Zahl) bei einem verhältnismäßig geringen Wärmeaufwand in Weißglut zu geraten.

Die Weißglut eines Körpers, die für die verschiedenen Körper verschieden hoch liegt, ist aber die Temperatur, bei welcher derselbe beginnt Lichtstrahlen von jeder Brechbarkeit auszusenden.

* * * * *

Die Lichterzeugung mit Hilfe des elektrischen Stromes ist in gleichem Sinne vervollkommenet, und auch hier die Ökonomie der Lichterzeugung ganz gewaltig gesteigert worden.

Beleuchtungsart	Lichtstärke in Kerzen	Stündlicher Verbrauch	Stündlich aufgewendete Wärme in WE	
			im ganzen	für 1 Kerze
Gasbeleuchtung:				
		Liter		
Braybrenner	30	400	2000	66,7
Argandbrenner	20	200	1000	51
Regenerativbrenner	111	408	2042	18,4
Gasglühlicht	50	100	500	10
Lucaslicht	500	500—600	2500—3000	5—6
Spiritusglühlicht	30	0,057	336	11,2
Petroleumlicht	30	0,108	862	28,7
Acetylenlicht	60	36	328	5,5
Elektrische Beleuchtung:				
		Watt		
Kohlenfadenglühlicht	16	48	41,5	2,59
Nernstlicht	25	38	32,8	1,3
Bogenlicht	600	258	222	0,37

Die Edinsonsche Kohlenfadenglühlampe, die im Jahre 1879 herauskam, lieferte bei einer Energiezufuhr von 1000 Watt 220 Kerzen, die Nernstlampe, die aus dem Jahre 1897 stammt, erzeugt aus 1000 Watt 600 Kerzen und die Metallfadenlampe (Tantallampe, Wolframdrahtlampe in Stickstofffüllung usw.) liefert mit 1000 Watt 2000 Kerzen und auch in kleineren Abmessungen mit 1 Watt 2 Kerzen, ein Umstand, der der Lampe den Namen Halbwattlampe eingetragen hat.

Die nach den verschiedenen Methoden der Lichterzeugung pro Kerzenstärke aufgewendete Wärmemenge gibt die Tabelle von Rietschel¹⁾ (a. v. Seite) an.

Die Frage, welche Beleuchtungsart billiger ist, die Gas- oder elektrische Beleuchtung, läßt sich nicht schlechthin für alle Verhältnisse beantworten. Im allgemeinen kann man wohl sagen, wie auch aus der vorstehenden Tabelle hervorgeht, daß die elektrische Lichterzeugung billiger als die Lichterzeugung durch Leuchtgas ist. Allerdings sind in dieser Tabelle die neuesten Ergebnisse inbezug auf den Gasverbrauch des hängenden Gasglühlichtes nicht berücksichtigt.

* * * *

Interessant ist in diesem Zusammenhange eine Berechnung, die zeigt, daß die gleiche Menge von Leuchtgas sogar einen höheren Lichteffect gibt, wenn sie nicht direkt im Auerbrenner verbrannt und zur Lichterzeugung verwendet wird, sondern wenn mit Hilfe dieser Menge Leuchtgas zunächst mittels einer Gasdynamo elektrischer Strom erzeugt, und dieser dann zur Speisung von elektrischen Metallfadenlampen verwendet wird.

Ein stehendes Gasglühlicht (Auerbrenner) braucht²⁾

für 120—150 HK 120—150 Liter Leuchtgas,

ein hängendes Gasglühlicht (Auerbrenner) braucht:

für 90—120 HK 100—120 Liter Leuchtgas.

Das Munduslicht in der neuesten Vervollkommnung braucht³⁾

für: 1 HK 0,54 Liter Leuchtgas,

also im günstigsten Falle bei direkter Verbrennung von Leuchtgas für 1 HK 0,54 Liter Leuchtgas.

Eine Kilowattstunde, die in der Metallfadenlampe 2000 HK hervorbringt, verlangt zu ihrer Erzeugung in der Gasdynamo⁴⁾

750 Liter Leuchtgas,

also sind bei elektrischem Licht in diesem Falle

aufzuwenden. für 1 HK 0,375 Liter Leuchtgas

¹⁾ Rietschel, I. Leitfaden für Lüftungs- und Heizungsanlagen, S. 8.

²⁾ Angabe der Dessauer Gasgesellschaft.

³⁾ Dr. C. Killing, Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1914, Nr. 30.

⁴⁾ Angabe der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

Zu den Kosten des Gasverbrauches der Gasdynamo bei der Herstellung von elektrischem Strom treten natürlich noch die Kosten für Amortisation und Verzinsung der Anlage, sowie die Kosten der Bedienung. Man erzeugt den elektrischen Strom zudem nur ausnahmsweise in der Gasdynamo, sondern meistens mittels Kolbendampfmaschine oder Dampfturbine. Die Gegenüberstellung soll aber zunächst keinen unmittelbaren Vergleich der gesamten Gestehungskosten einerseits von Gas, und andererseits von Elektrizität ermöglichen; sondern es kommt uns bei dieser Gegenüberstellung zunächst nur darauf an, die energetische Frage losgelöst von zufälligen Herstellungs- und Erzeugungskosten zu verfolgen. In diesem Zusammenhange wollen wir also festhalten, daß für die Hefner-Kerze im Auerbrenner im günstigsten Falle

0,54 Liter Leuchtgas,

für die Hefner-Kerze in der Halbwattlampe bei Benutzung einer Gasdynamo

0,375 Liter Leuchtgas

erforderlich sind.

Die Tatsache ist um so auffallender, als die Gasdynamo bei der Umwandlung von chemischer in elektrische Energie nur mit einem Nutzeffekt von 30 Proz. arbeitet und also nur dieser Bruchteil der im Leuchtgas der Gasdynamo zugeführten chemischen Energie in Elektrizität verwandelt wird. Der tiefere, rein physikalische Grund liegt eben darin, daß die Strahlen, welche der Auerbrenner und die Halbwattlampe von der angenommenen Kerzenstärke aussenden, wohl in bezug auf den Lichteffect, nicht aber in bezug auf die Gesamtheit der von beiden Lichtquellen ausgehenden Strahlen gleich sind. Der Auerbrenner sendet eine weit größere Menge dunkler, langwelliger Wärmestrahlen aus als dieses die Halbwattlampe tut.

* * * * *

Allerdings gibt es auch Fälle, in denen die erwärmende Wirkung der Leuchtgasflamme angenehm empfunden wird, und bei der Heizung eines Raumes, namentlich eines Fabrikraumes, direkt mit der erwärmenden Wirkung der zur Beleuchtung dienenden Gasflammen gerechnet wird. Schon beim Übergang vom Argandbrenner zum Auerbrenner ergab sich in den meisten

Arbeitsräumen die Notwendigkeit, in anderer Weise eine Verstärkung der Heizung vorzunehmen, denn die seltenen Erden des Auerstrumpfes wandelten die Verbrennungswärme der Gasflamme in höherem Maße und in ökonomischerer Weise in strahlendes Licht um, als dieses bei dem Kohlenstoff des Schnittbrenners und Argandbrenners der Fall war. Das Auerlicht ist kälter als das Licht der früher verwendeten Gaslichtarten, des Argandbrenners und erst recht des Schnittbrenners.

Genau die gleiche Erscheinung, wie es eben geschildert wurde, ist beim Übergang vom Auerlicht zur elektrischen Lampe, vor allem der Halbwattlampe eingetreten. Hier ist die elektrische Lampe wieder die kältere und da, wo bisher mit der Erwärmung der Räume durch die Gasbeleuchtung gerechnet wurde, mußte bei Einführung des elektrischen Lichtes eine anderweitige Heizung als Ersatz eintreten. Die Ausnutzung der von der Lichtquelle ausgehenden Wärmestrahlen ist indes nicht die Regel; in sehr vielen Fällen ist vielmehr die Ausstrahlung der Wärmestrahlen von der Lichtquelle aus überflüssig oder sogar lästig. Denken wir nur an die Beleuchtung im Freien oder im Zimmer während des warmen Sommers.

* * * *

Ein weiterer sehr wesentlicher Gesichtspunkt in der Textilindustrie für die Beurteilung des Wertes und der Bedeutung einer Lichtquelle ist die Feuersicherheit. In Textilbetrieben galt der Leuchtgasschnittbrenner als besonders feuergefährlich, weil die offene Flamme bei Zugluft leicht mit der Flocke, dem Gespinst oder Gewebe in Berührung kommen kann. Man gab daher dem Argand- und Auerbrenner den Vorzug, besonders weil durch den Glaszylinder oder die Glaskuppel die Richtung der Flamme festgelegt ist und die Glashülle immer einen gewissen Schutz gegen unmittelbare Berührung gewährt; andererseits ist die Gefahr nicht zu unterschätzen, die darin besteht, daß der Zylinder und mehr noch der darüber befindliche Schirm in Räumen, die mit Faserflocken durchsetzt sind, als Staubfänger und Sammelplatz für diese Flocken wirken, welche durch irgendwelchen Umstand (z. B. Bruch des Zylinders oder der Glocke) dann Veranlassung zur Entzündung dieser angesammelten Flocken und dadurch zu einem Brande geben können. Aus

diesem letzteren Grunde galt wieder in manchen Betriebsstätten, ja selbst Spinnereien der offene Schnittbrenner für feuersicherer als Argandbrenner und Auerbrenner, eben weil der Schnittbrenner leichter durch häufiges Abputzen, ohne daß zerbrechliche Teile beim Abputzen berührt zu werden brauchen, vom Faserflaum befreit werden kann. Und doch habe ich gerade bei einem Schnittbrenner in der Selfaktorspinnerei einen Brand erlebt, der in der Weise entstand, daß eine etwas dicke Faserflocke durch die Flamme des Schnittbrenners hindurchwirbelnd in brennendem Zustande auf die Fäden des Selfaktorwagens fiel, wodurch dann die Entzündung des Vorgarns sich wie ein Lauffeuer in buchstäblichem Sinne des Wortes fortpflanzte und großen Schaden anrichtete.

Wesentlich größere Sicherheit gegen Feuersgefahr als die Gasbeleuchtung bietet die elektrische Beleuchtung. Der Hauptgrund liegt vor allem darin, daß bei der elektrischen Beleuchtung der Glühfaden der Birne hermetisch von der äußeren Luft, die unter Umständen mit Faserstoffen geschwängert ist, abgeschlossen ist, während bei der Gasflamme immer eine, wenn auch geringe Verbindung mit der Außenluft vorhanden sein muß, um dem für die Verbrennung des Leuchtgases erforderlichen Luftsauerstoff Zutritt zu gewähren. Diese Eintrittsöffnung für die Luft bildet aber auch gleichzeitig den Zugang für die Faserflocken.

Eine direkte Berührung des glühenden Mediums, d. i. der glühenden Verbrennungsgase, oder des glühenden Strumpfes mit den Fasern ist dagegen bei der elektrischen Birne ausgeschlossen. Der Flaum kann sich hier höchstens auf der äußeren Wandung der Birne ansetzen, deren Temperatur wesentlich niedriger ist, als die der Lichtquelle selbst, bis zu welcher ja die Fasern bei der Gasbeleuchtung gelangen können. Allerdings ist die Auffassung irrig, daß in diesem Falle jede Feuersgefahr ausgeschlossen sei. Unter gewissen, besonders ungünstigen Umständen (z. B. Ruß und Fettgehalt des Faserflaumes), kann sich dieser an der äußeren Oberfläche der Birne entzünden. Aus diesem Grunde wird von den Feuerversicherungsgesellschaften sehr oft für Spinnsäle und Rauhereien die Anwendung von gläsernen Überglocken vorgeschrieben. An der äußeren Wandung einer solchen Überglocke herrscht eine so niedrige Temperatur, daß

die Gefahr, die Entzündungstemperatur des Faserflaumes zu erreichen, nicht mehr vorliegt. Allerdings muß man sich darüber klar sein, daß die Überglocke lichtabsorbierend wirkt. Doch fällt dieses bei einem kalkulatorischen Vergleich von Gaslicht und elektrischem Licht nicht sehr ins Gewicht. Man wird auch die Anwendung von Überglocken möglichst auf solche Räume beschränken, für die die Anwendung von den Feuerversicherungsgesellschaften vorgeschrieben ist, oder auf die Fälle, in denen nach eigener Überzeugung dieser Schutz im Interesse der Verhütung der Feuersgefahr nicht entbehrt werden kann.

Häufig begegnet man endlich der Auffassung, daß die Verwendung von Elektrizität für die Beleuchtung infolge der Kurzschlußgefahr bedenklicher als die Gasbeleuchtung sei; diese Auffassung trifft aber bei sachgemäßer Installation, vorschriftsmäßiger Revision und Wartung keineswegs zu.

Ist nun im allgemeinen schon die Lichterzeugung nach Kerzenstärken gemessen bei dem elektrischen Licht günstiger als bei den anderen Lichtarten, insbesondere dem Hauptwettbewerber, dem Gaslicht, trotz der unleugbaren großen Verbesserungen, die in der Lichterzeugung durch Leuchtgas zu verzeichnen sind, so kommt noch hinzu, daß der je Kerzenstärke mit elektrischem Licht zu erzielende Beleuchtungseffekt sich prozentual günstiger stellt, weil die Anordnung des leuchtenden Mediums sich viel besser den jeweiligen Bedingungen und Erfordernissen der Reflexion, Streuung usw. anpassen läßt, Faktoren, die die Lichtwirkung, wie später noch im einzelnen auszuführen sein wird, um 30 bis 50 Proz. beeinflussen können.

Es wird sich daher immer mehr die Richtlinie als zutreffend erweisen: Elektrizität für die Beleuchtung, Gas für die Heizung! Natürlich bleiben die örtlichen Verhältnisse in letzter Linie entscheidend.

Wird das Leuchtgas in den Kokereien als Nebenerzeugnis gewonnen, so stellt sich in solchen Fällen das Gaslicht oft billiger als das elektrische Licht; auf der anderen Seite ist bei Vorhandensein überschüssiger Wasserkraft das elektrische Licht natürlich weitaus das billigere (auch für Heizungszwecke, wie hier nebenbei bemerkt sei).

Ferner kann in gewissen Fällen das Gas bessere Dienste als die Elektrizität leisten, selbst wenn es teurer als elektrisches

Licht ist, so z. B. als Reservebeleuchtung für die Abend- und Nachtstunden in den Fällen, in denen die Elektrizität im Werke selbst erzeugt wird und ein Reserveanschluß an eine Akkumulatorenbatterie oder an eine städtische oder Überlandzentrale nicht vorhanden ist, oder endlich beim Versagen des elektrischen Stromes als Notbeleuchtung für industrielle Werke oder auch ganze Stadtteile und Städte.

Allgemeinbeleuchtung mit künstlichem Licht.

In den Arbeitssälen der Textilindustrie ist ein Teil der Arbeitsräume bei der Anwendung künstlicher Beleuchtung fast ausschließlich durch eine Allgemeinbeleuchtung erhellt; solche Säle sind die Räume für Bleicherei, Wäscherei, Färberei und Waren- und Drogenmagazine. In einem anderen Teil der Räume, wie Spinnereien und Appreturen, ist schon an einem Teil der Arbeitsmaschinen, und zwar an bestimmten Stellen, eine örtliche Beleuchtung erforderlich. Ein weiterer Teil der Räume aber verlangt für fast alle Arbeitsmaschinen eine örtliche Beleuchtung, z. B. in den Webereien für die Webstühle. Die Allgemeinbeleuchtung braucht daher in diesen Fällen nicht so bedeutend zu sein; ein großer Fehler aber ist es, sie überhaupt fehlen zu lassen. Es muß vielmehr für alle Arbeitsräume einschließlich der Bureauräume eine gute Allgemeinbeleuchtung gefordert werden. Nur dann kann sich ein glatter und gefahrloser Verkehr zwischen den Arbeitsmaschinen und in den Gängen abspielen. Leicht können sonst zufällig hier liegende Gegenstände Anlaß zu Unfällen geben. Die sonst bei rein örtlicher Beleuchtung der Arbeitsmaschinen unter Umständen auftretenden starken Schlagschatten vermindern die Sicherheit des Verkehrs.

Eine besondere Sorgfalt sollte auch auf die Beleuchtung der Treppenhäuser verwendet werden, wovon schon bei der Zuführung des Tageslichtes zu den Gebäuden die Rede war. Die Allgemeinbeleuchtung muß so eingerichtet und bemessen sein, daß die einzelnen Stufen genau unterschieden werden können und der Übergang von einer Stufe zur anderen nicht etwa durch Schlagschatten (der Traillen usw.) verdeckt wird. Zweckmäßig wird die Schaltung so eingerichtet, daß die Schalter im Erd-

geschoß und jedem weiteren Obergeschoß in Wechselschaltung bzw. Kreuzschaltung arbeiten, damit die erforderliche Beleuchtung bei Eintritt der Dunkelheit von jedem Geschoß aus bewirkt werden kann.

* * * * *

Während für die örtliche Beleuchtung die Beleuchtung nach unten, die sog. Horizontalbeleuchtung, in Betracht kommt, ist für die Allgemeinbeleuchtung ein Gemisch von Vertikalbeleuchtung und Horizontalbeleuchtung am meisten geeignet. Allerdings kommt in manchen Fällen, so bei der Straßenbeleuchtung, die Vertikalbeleuchtung, da die Reflexion und Streuung der Wände fehlt, kaum zur Geltung.

Für geschlossene Innenräume hat sich daher die halb-indirekte Beleuchtung als die zweckmäßigste herausgebildet.

Angaben für den Wirkungsgrad der Beleuchtung.

Tabelle 1. Wirkungsgrad für direkte und halbindirekte Beleuchtung von Innenräumen.

Zustand der Wände	Zustand der Decke		
	Hell	Mittel	Dunkel
	in Prozenten		
Hell {	(55—45) 50	(50—40) 45	(45—35) 40
Mittel {	(50—40) 45	(45—35) 40	(40—30) 35
Dunkel {	(45—35) 40	(40—30) 35	(35—20) 30

Tabelle 2. Wirkungsgrad für indirekte Beleuchtung von Innenräumen.

Zustand der Wände	Zustand der Decke		
	Hell	Mittel	Dunkel
	in Prozenten		
Hell {	(40—30) 35	(30—20) 25	(20—10) 15
Mittel {	(35—25) 30	(25—15) 20	(15—5) 10
Dunkel {	(30—20) 25	(20—10) 15	(10—0) 5

Sie hat, wie die nebenstehenden Tabellen der A. E. G. zeigen, einen günstigeren Wirkungsgrad als die indirekte Beleuchtung, der man früher den Vorzug gab.

Nach diesen Grundsätzen wird die Lichtquelle ziemlich hoch angebracht, in Fabrikräumen 2 bis 2 $\frac{1}{2}$ m hoch. Es ist ferner richtiger, in einem größeren Raume mehrere Lichtquellen zu wählen, weil die Lichtstrahlen in ihrer Wirkung im Quadrat der Entfernung abnehmen und daher die Lichtwirkung und Leuchtdichte bei größeren Entfernungen sonst zu schwach wird. Allerdings sind auf der anderen Seite die hochkerzigen Lampen sparsamer im Stromverbrauch (und auch im Gasverbrauch) als die weniger starken Lampen, ein Umstand, dem man bis zu einem gewissen Grade Rechnung tragen kann. Zu beachten ist aber jedenfalls, daß nicht zu wenig Lichtquellen gewählt werden. Sind in einem Arbeitsraum, in dem sich Maschinen, Säulen, Schränke usw. befinden, zu wenig Lampen oder gar nur eine einzige Lichtquelle vorhanden, so können, selbst wenn diese Lichtquelle recht intensiv ist, durch Reflexlicht zu wenig erhellt, störend wirkende Schlagschatten auftreten. Durch eine größere Zahl von Lampen mit geringerer Lichtintensität erreicht man eine gegenseitige Ergänzung und Aufhellung der Schatten.

Wie wesentlich ein heller Anstrich von Decken und Wänden, die als Reflektor und Lichttransformator zu wirken haben, für eine ökonomische Allgemeinbeleuchtung ist, zeigt folgende Tabelle nach Sumpner, die die Größe der Absorption des anfallenden Lichtes angibt.

Es absorbiert:

Weißes Schreibpapier	30 Proz.
Gelbe Tapete	60 „
Blaue Tapete	75 „
Braune Tapete	87 „
Holzbekleidung	50—60 „
Gelbgetünchte Wand (sauber)	60 „
„ „ (schmutzig)	80 „
Schwarzer Samt	99,6 „

des auffallenden Lichtstroms.

* * * *

Ein Teil der Allgemeinbeleuchtung soll als Notbeleuchtung ausgebildet sein. Zu diesem Zwecke wird ein Teil der Lampen, die wenig und weit verteilt an den verschiedensten Stellen der Arbeitsräume angebracht sind, in einem besonderen Stromkreis vereinigt. Sind mehrere Eingänge zu dem Arbeitsraume vorhanden, so ist neben jedem Türeingang ein Schalter vorzusehen, der mit den an den übrigen Türeingängen angebrachten Schaltern des Notbeleuchtungsstromkreises in Wechselschaltung arbeitet.

Durch Betätigung eines Schalters wird dann der vorher dunkle Arbeitsraum wenigstens so weit erhellt, daß ein Begehen und eine oberflächliche Kontrolle des ganzen Raumes ohne weiteres möglich ist.

In größeren Betrieben empfiehlt es sich auch, in jedem Raume als Reservebeleuchtung, am besten in der Nähe des Ausganges, wenigstens eine Gasflamme anzubringen, die dann im Falle des Versagens des elektrischen Stromes in Wirksamkeit treten kann.

Örtliche Beleuchtung mit künstlichem Licht.

Bei der örtlichen Beleuchtung handelt es sich in erster Linie um eine Horizontalbeleuchtung, um eine gute, gleichmäßige Beleuchtung der wagerechten Flächen zu erreichen. Die Lichtpunkthöhe wird daher gleich $\frac{2}{3}$ der Raumhöhe bemessen. Bei sich aneinanderschließenden Arbeitsplätzen wird der Abstand der Lampen voneinander 1,5 mal so groß genommen, wie die Lichtpunkthöhe über den Arbeitsplätzen beträgt. Bei Arbeiten, die scharfes Sehen erfordern (Weben, Gravieren), werden die Lampen tiefer als in $\frac{2}{3}$ der Höhe des Raumes angebracht. Eine Ergänzung bilden, namentlich in hohen Räumen, die dann in entsprechend größerer Höhe angebrachten Lampen für Allgemeinbeleuchtung, von der vorher die Rede war.

Die Lampen für die Platzbeleuchtung müssen so eingerichtet sein, daß sie den Arbeitsplatz genügend erhellen, ohne das Auge zu blenden. Sie müssen deshalb mit halb- oder ganzmattem Glase umgeben sein und sich unter einem Reflektor befinden, der reflektierend und gut lichtstreuend wirkt, ohne eine zu große Menge des Lichtes zu verschlucken. Reflektoren,

die aus Milchglas oder Emaille bestehen, wirken günstiger als metallische Reflektoren. An den Reflektor schließt sich am besten ein senkrecht fallender Schirm von entsprechender Länge an. Das Auge wird am meisten geschont, wenn es nicht unmittelbar in das Licht, jedenfalls nicht in die nackte Birne, hineinzuschauen braucht.

Die Arbeits- bzw. Schreibfläche soll auch nicht spiegelnd sein.

Auf einen Punkt ist noch aufmerksam zu machen, nämlich darauf, daß manchen gewerblichen Arbeitern und auch Bureauarbeitern Licht und Lichtwirkung nicht intensiv genug sein können. Das Auge gewöhnt sich aber bald an eine sehr helle Beleuchtung, und die Arbeit des Auges wird durch eine sehr helle Beleuchtung keineswegs günstiger.

Wie außerordentlich viel die Gewöhnung des Auges ausmacht, geht aus folgenden Ermittlungen von E. Hering hervor, die W. Ostwald in seiner Physikalischen Farbenlehre ¹⁾ mitteilt:

„Die Rückwerfung von den schwarzen Lettern eines gedruckten Buches ist nur 15mal kleiner als die von dem weißen Papier, während der Wechsel der Tagesbeleuchtung innerhalb des Umfanges, der uns noch ein unbehindertes Arbeiten gestattet, Lichtverschiedenheiten wie 1:50 bedingt. Also ist das Schwarz der Lettern am hellen Sommertage dreimal heller als das Weiß des Papiers an einem trüben Wintertage.“

H. v. Helmholtz kommt in seinen Untersuchungen über die Empfindungen des Gesichtssinnes zu dem Ergebnis ²⁾, daß gewisse mittlere Helligkeiten, die uns die angenehmsten zum Sehen sind, gleichzeitig die feinste Unterscheidung der Modellierung der Raumformen und der kleinsten Objekte begünstigen.

Also in der Helligkeit bei der örtlichen Beleuchtung soll man das richtige Maß halten.

Künstliches Tageslicht. Für den Koloristen und Färber ist es dringend wünschenswert, eine Lichtquelle zur Verfügung zu haben, die dem Tageslicht möglichst nahekommt, schon um die Farbtöne unterscheiden zu können.

Die Fortschritte in der Lichterzeugung, denen das Bestreben zugrunde lag, aus ökonomischen Gründen mehr Licht- und

¹⁾ W. Ostwald, Physikalische Farbenlehre, II, S. 47.

²⁾ H. v. Helmholtz, Zwei Vorträge über Goethe, S. 45.

weniger Wärmestrahlen zu erzeugen, haben ungewollt dahin geführt, das künstliche Licht dem Tageslicht ähnlicher zu machen. Gasglühlicht und Metallfadenlampe erzeugen beide Lichtarten, die dem Tageslicht weit näher kommen als das Licht des Argandbrenners und der Kohlenfadenlampe.

Neuerdings sind die Bestrebungen der Technik eigens auf das Ziel gerichtet, ein Licht zu erzeugen, das dem Tageslicht in seiner Zusammensetzung möglichst gleichkommt.

Das Moorelicht, das durch hochgespannte Elektrizität in evakuierten, mit Kohlensäure gefüllten Glasröhren (Geissleröhren) erzeugt wird, soll eine dem Tageslicht sehr ähnliche Beleuchtung geben.

Weiter wird eine ganze Reihe solcher Tageslichtlampen in den Handel gebracht, bei denen auch leicht farbige Glasscheiben bei der Lampenhülle in Anwendung gebracht werden, um die gewünschte Zusammensetzung der Strahlung zu erreichen, so z. B. die Tageslicht-Nitrallampe der A. E.-G.¹⁾

Interessant ist es, daß das künstliche Tageslicht in hygienischer und augenhygienischer Hinsicht günstiger sein soll als das andere künstliche Licht²⁾.

Besondere Fälle der örtlichen Beleuchtung in der Textilindustrie.

Bei der örtlichen Beleuchtung besteht der Vorzug des elektrischen Lichtes darin, daß man, ohne eine Feuersgefahr befürchten zu müssen, an die einzelnen Gegenstände, insbesondere auch an die Baumwolle, Garne und Gewebe die Lichtquelle viel näher heranbringen kann, als dieses bei Gasbeleuchtung überhaupt möglich sein würde. Diesen Vorteil, der eine intensive Nahbeleuchtung ermöglicht, sollte man unbedingt ausnutzen. Wie das geschehen kann, soll an einzelnen Beispielen näher ausgeführt werden.

Die gute Beleuchtung der Druckmaschine ist deshalb so außerordentlich wichtig, weil all die kleinen Fehler, welche beim Drucken auftreten können — Flecken, Raketstreifen, und

¹⁾ A. L. Bloch, Künstliches Tageslicht. Färberzeitung 1919, S. 176.

²⁾ Dr. J. Teichmüller, Über Lichttechnik und Lichttechniker. Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1923, S. 438.

namentlich auch die feinen, schwer erkennbaren Farbkritze —, möglichst frühzeitig gesehen werden müssen, um weiteres Unheil zu verhüten. Da es gilt, möglichst alle Stellen der Gewebebahn gut im Auge zu behalten, so erfüllt den Zweck am besten eine Zugpendellampe, die, nach allen Richtungen verschiebbar, vor dem Stande des Druckers angebracht ist. Hier haben die elektrischen Lampen vor allen früher gebräuchlichen Lampen, insbesondere auch Gaspendelzuglampen, den großen Vorteil, daß sie ohne Gefahr in jede beliebige Lage und Richtung gebracht werden können.

Fast noch wichtiger als die Beleuchtung vor der Druckmaschine ist das Hineinleuchten in alle Ecken und Winkel unter und hinter der Druckmaschine, ferner zwischen den einzelnen Organen der Druckmaschine, den Walzen, Farbkasten usw., um eine intensive Beaufsichtigung zu ermöglichen. Das gleiche trifft für viele andere Arbeitsmaschinen ein.

Bei Gasbeleuchtung ist man hier auf die mit dem Schlauchhahn durch einen Gummischlauch verbundene Gasflamme angewiesen, die mit einem Schnittspecksteinbrenner versehen ist. Jeder, der mit solchen Arbeiten zu tun gehabt hat oder Zeuge derselben gewesen ist, kennt die mannigfachen Nachteile dieses Verfahrens zum Ableuchten der im Betrieb befindlichen Druckmaschine. Undichtigkeiten an dem Gasschlauch, zeitweiliges Verlöschen der Flamme durch unvorsichtiges und unbedachtes Zusammendrücken des Gummischlauches mit der Hand oder dem Fuß, ferner Ansengen des Gewebes beim Manipulieren mit der leuchtenden Gasflamme, wenn nicht gar die Gewebe selbst Feuer fangen, alle diese Schwierigkeiten sind mit der elektrischen Birne vermieden und irgendwelche Unzuträglichkeiten entstehen nicht, wenn dafür gesorgt wird, daß die Leitungen vorschriftsmäßig verlegt sind.

Es ist nur eine genügende Zahl von Steckkontakten in der Umgebung der Druckmaschine und der sonstigen in Betracht kommenden Maschinen anzubringen, damit nicht zu lange Zuleitungsschnüre verwendet zu werden brauchen. Denn durch diese langen Zuleitungsschnüre entstehen erfahrungsgemäß am häufigsten ärgerliche Aufenthalte, sei es, daß solch lange Schnur von einem sich bewegenden Maschinenteil erfaßt wird oder ein achtlos Vorbeigehender über die Schnüre stolpert und auf diese Weise Schwierigkeiten entstehen.

Bei den Heißluftkammern, die einen wesentlichen Bestandteil nicht nur der Druckmaschinen, sondern auch der Spannrahmmaschinen, Schlichtmaschinen usw. bilden, kann man das Innere durch einige elektrische Birnen beleuchtbar einrichten, so daß diese beim Einschalten je nach Bedarf den Innenraum erhellen. Hiergegen spricht jedoch die Erfahrung, daß es sehr schwer ist, in den heißen Räumen die Isolation an den Übergangsstellen aus dem Kabel oder den Stahlpanzerrohren dauernd gut zu erhalten. Hier ist es deshalb besser, vor den Fenstern des Trockenstuhles elektrische Lampen anzubringen und im übrigen auch hier als weitere Reserve an den Fensterrahmen Steckkontakte vorzusehen, um erforderlichenfalls mit einer Schnurlampe in alle Teile des Trockenstuhles hineinleuchten zu können.

Mit besonderer Sorgfalt muß man Lampen mit gutem Reflektor für solche Arbeitsmaschinen auswählen, die der Kontrolle des Betriebes, der Aufdeckung von Fehlern, dienen, wie z. B. für die Passiermaschinen. Ebenso müssen die Stellen einer Maschine gut beleuchtet sein, die eine ständige Fehlerquelle bilden, z. B. der Wareneinlauf der Kalanders, um die so verhängnisvolle Faltenbildung zu verhüten.

In Räumen, in denen die Feuersgefahr besonders groß ist, sind trotz der damit verbundenen Lichtabsorption Überglocken vorzusehen.

Beim Betreten von Räumen, die mit explosiblen Gasen gefüllt sein können, ist eine mit dem Steckkontakt durch eine Leitungsschnur verbundene Handlampe zu verwenden, die durch einen Drahtkorb geschützt ist, damit beim Herumleuchten und bei unbeabsichtigtem Anstoßen die Lampe nicht zertrümmert wird, wodurch Explosionen herbeigeführt werden könnten.

Die gleiche Vorsicht muß man beim Begehen von Dampfkesseln anwenden, an denen Reparaturen vorgenommen werden oder der Kesselstein geklopft wird. Häufig wird der Kesselstein, um ihn leichter zum Abspringen zu bringen, vorher mit Petroleum bestrichen. So können auch hier explosive Gase vorhanden sein.

* * * *

Bei der örtlichen Beleuchtung werden nun auch aus farbigem Glase bestehende elektrische Birnen verwendet, um optische

Signale zu geben. Zuerst ist dieses wohl bei Schaltbrettern der elektrischen Zentralen angewendet worden. Aber auch an den textilen Arbeitsmaschinen hat man hiervon Gebrauch gemacht, so z. B. bei den Ringspinnmaschinen als Signal dafür, daß die Spindeln gefüllt sind und abgesetzt werden müssen.

Hiermit streifen wir schon den Abschnitt der Ausnutzung der farbigen Lichtwirkung.

Richtlinien für den Entwurf und die Bedienung der Beleuchtungsanlage.

Vor und während der Anlage.

1. Es kann hier nicht darauf ankommen, ganz bestimmte Anweisungen zu geben oder besondere Lampenarten zu empfehlen, denn eine Lampenkonstruktion wird doch bald wieder von einer anderen überholt. Es kommt auch nicht nur darauf an, daß eine Lichtquelle durch das Photometer gemessen so und soviel Lux bei der Horizontal- und Vertikalstrahlung aufweist¹⁾, genau so wenig, wie der Kaloriengehalt der Kohle oder eines Nahrungsmittels ohne weiteres den entsprechenden Erfolg gewährleistet. Es kommt vielmehr auf die Gesamtlichtanlage an, die Zahl und Art der Lampen, ihre Aufhängungspunkte, gute Reflexion mit allseitiger Streuung, heller Anstrich, keine Schlagseiten, kurz all die Punkte, auf die vorher hingewiesen ist.

2. Eine Beleuchtungsanlage darf nicht einem Monteur zur beliebigen, möglichst billigen Erledigung übergeben werden, sondern das Beleuchtungsprojekt ist von einem erfahrenen Licht- und Beleuchtungsingenieur zu entwerfen. Sodann hat der Betriebsleiter selbst sein ganzes Interesse der Sache zu widmen. Es ist erstaunlich, mit welcher Gleichgültigkeit die Beleuchtungsfrage oft von dem Betriebsleiter und Bauherrn behandelt wird.

3. Bei der Allgemeinbeleuchtung einige man sich mit dem Lichtingenieur über die Zahl, die Aufhängungspunkte und die Art der Lampen; man bestimme diejenigen Lampen, die in

¹⁾ Sehr beachtenswert sind die Apparate zur Messung der Lichtwirkung von Lampen, welche neuerdings von dem Vorsteher des Lichttechnischen Instituts in Karlsruhe, Prof. Dr. Teichmüller, in Vorschlag gebracht sind. Zeitschr. des Vereins Deutscher Ingenieure 1918, S. 498.

den Notbeleuchtungsstromkreis eingeschaltet werden sollen, sowie den Platz, den die einfachen Schalter, ferner die Wechsel- und Kreuzschalter erhalten sollen.

4. Bei der örtlichen Beleuchtung Sorge man für ausreichend helles, aber nicht zu helles Licht ohne Blendung (das Auge darf nicht in die nackte Birne sehen) und, wenn möglich, ohne zu starke Spiegelung der Arbeitsfläche. Für die Arbeitsmaschinen sehe man eine ausreichende Zahl von Steckkontakten vor.

5. Man nehme selbst die fertig installierte Beleuchtungsanlage ab und mache so die Generalprobe in bezug auf Helligkeit, Schattenwirkung, Lage der Schalter usw.

Während des Gebrauchs.

6. Man verlange keine übertriebene Sparsamkeit an Licht. Ein nicht genügend erhelltes Arbeitslokal beeinträchtigt die Arbeitsfreude und vermehrt die Unfallgefahr. Eine reichliche Beleuchtung bedeutet daher keine Verschwendung, sondern eine Schonung und Ersparnis an Arbeitskraft¹⁾.

7. Lampenglocken, Reflektoren und Schirme sind regelmäßig zu reinigen. Verstaubte und verschmutzte Beleuchtungskörper usw. können einen Lichtverlust bis zu 50 Proz. und mehr verursachen.

C. Farbige Lichtwirkungen.

Die erste und größte Leistung des Lichtes ist zweifellos die, die uns umgebenden Gegenstände für unser Auge und Gehirn sichtbar zu machen. Fast so wichtig aber wie die Sichtbarkeit selbst, d. i. die Möglichkeit des Erfassens der Form der Umrisse und der einzelnen Teile der Körper, das plastische Sehen, ist der Glanz und die Farbenpracht, in der sich die uns umgebende Welt unter dem Einfluß des Lichtes darbietet. Für den Koloristen ist diese Leistung des Lichtes besonders wichtig, bildet sie doch die Grundlage seines beruflichen Daseins. Sie bildet ferner die Voraussetzung für die ganze Industrie der Farbstoffe, der Färberei und Druckerei nicht nur der Baum-

¹⁾ Vgl. die Erfahrungen in Amerika in dieser Frage. Zeitschr. d. Vereins Deutscher Ingenieure 1923, Heft 5, S. 110.

wolle, sondern auch der verschiedensten Materialien. So selbstverständlich es uns erscheint, daß das Vorhandensein des Lichtes erst die Voraussetzung für diese Industrien bildet, so ist es doch nicht überflüssig, einen Augenblick bei dieser Frage zu verweilen. Dort, wo kein Sonnenstrahl hindringt, wo der künstliche Lichtstrahl nur spärlich das Dunkel erhellt, in einem Kohlenbergwerk, in einem Kanal oder Tunnel, spielt die Färbung des Bekleidungsstoffes nur eine bescheidene Rolle. Als Farbe für die Stoffe ist dort die graugelbe Naturfarbe der Faser das Gegebene, denn nach kurzer Zeit schon erhalten die Stoffe ja doch die Farbe der umgebenden Erd- und Schmutzmassen, mit denen die Kleidung fortwährend in Berührung kommt. Auf der anderen Seite legen wir um so mehr Wert darauf, die Gewänder in Schönheit und Harmonie der Farben auszustatten und erscheinen zu lassen, je mehr dieselben in dem hellen Lichte getragen und gezeigt werden sollen. Wir gehen sogar noch weiter und nehmen auf die Art der Lichtquelle Rücksicht, indem wir die Färbungen der Stoffe so wählen, daß sie in der künstlichen Beleuchtung, z. B. die Ballkleider in dem Lichte des Ballsaales, am vorteilhaftesten zur Geltung kommen.

Eine weitere Voraussetzung für die Existenz unserer Industrie ist übrigens neben der Eigenschaft des Lichtes, die Gegenstände uns sichtbar und dabei in bestimmten Färbungen sichtbar zu machen, auch die, daß die farbigen Eindrücke in unserem Gehirn auch tatsächlich als solche empfunden werden. Auch dieses ist nicht immer der Fall; es gibt bekanntlich eine große Zahl von Menschen, die ganz oder teilweise farbenblind sind. Ihre Zahl ist jedoch nicht so groß, daß durch sie die Farbenfreudigkeit der Menschheit, wenn sie sonst nur vorhanden und nicht durch die Launen der Mode unterdrückt wird, in Frage gestellt würde. Die Frage der Farbenblindheit ist jedoch insofern auch im Zusammenhange mit dem vorliegenden Thema von Bedeutung, als farbenblinde Personen in den erwähnten Industrien für eine Reihe von Stellungen unbrauchbar sind.

* * * *

Während wir im allgemeinen die Farben nur dann auf Körper und Stoffe auftragen, wenn der Erfolg unserer Tätigkeit der Menschheit zugute kommt und wir Nutzen von ihr haben,

schafft die Natur überall dort, wo Licht hinkommt, farbige Körper; ihr ist die immer wieder neue Erschaffung der gefärbten Welt Selbstzweck; je mehr Licht, um so herrlicher wird der bunte Farbenteppich, wie wir es in jedem Frühjahr mit dem Fortschreiten der Jahreszeit beobachten können. Die Alleinherrschaft des Chlorophyll, das während des Winters in den immergrünen Pflanzen, den Wiesen und aufgehenden jungen Saaten ein bescheidenes Dasein führte, ist gebrochen; verstohlen durchsetzen als erstes Erwachen neuen jungen Lebens weiße, dann gelbe und erst später bunte Blumen Wiesen und Auen, bis sich beim Eintritt des Sommers die wunderbare Farbenpracht in ihrer überraschenden Fülle entwickelt. Und herrlichste Farbenpracht entfaltet sich auch in Urwäldern und Gegenden, die nie eines Menschen Fuß betrat. Aber auch dort ist überall organisches Leben, und als Zweckbestimmung für die bunten Farben der Pflanzen wird die Anlockung der Insektenwelt, welche der Befruchtung dient, geltend gemacht, von anderer Seite allerdings bestritten. Als Zweckbestimmung für das bunte Kleid der Tiere, z. B. der Kolibris, gilt die Schutzfärbung (Mimikry), um in der umgebenden Pracht nicht aufzufallen und sich so der Verfolgung besser entziehen zu können. Wie dem auch sei, die Kraft des Sonnenstrahles, bei steigender Glut unter sonst günstigen Erzeugungsbedingungen, namentlich auch Feuchtigkeit, immer reichere Formen und wunderbarere Farbtöne schaffen zu können, steht für jeden, der in den lichtdurchfluteten Tropen geweilt hat, ebenso fest, wie das sichtbare Bestreben der Natur, von dieser Fähigkeit Gebrauch zu machen, die Schaffensfreudigkeit der Natur.

Farben und Farbstoffe.

Für den Koloristen ist zunächst die Erklärung für die Entstehung der Farbwirkung von grundlegender Bedeutung. Wir können unbunte und bunte Körper unterscheiden. Die unbunten Körper sind schwarz und weiß. Ein schwarzer Körper verschluckt alle auf ihn fallenden Lichtstrahlen; ein absolutes Schwarz gibt es nicht; ihm nahe kommt der Lampenruß. Ein ideales Schwarz, das Noir absolu, liefert eine Dunkelkammer mit kleiner Öffnung. Ein weißer Körper sendet alle auf ihn

fallenden Lichtstrahlen zurück. Absolut weiße Körper gibt es ebenfalls nicht, wohl aber solche, die fast alle Strahlen zurückwerfen (frisch gefälltes Bariumsulfat).

Die Farbe oder Farbwirkung ist die Empfindung, welche bunte Körper bei dem Auftreffen des Lichtes in dem Gehirn hervorrufen. Verschiedene Lichtarten erzeugen verschiedene Farbwirkungen, wenn sie auf denselben gefärbten Körper treffen. Es besteht also eine Abhängigkeit zwischen drei Faktoren: Farbe, Lichtquelle und Gehirn. Zu unterscheiden von der Farbe und Farbwirkung sind die Farbstoffe. Die Farbstoffe sind Körper, die zur Färbung anderer Stoffe verwendet werden können.

Wie ist nun die Wirkung der farbigen Körper zu erklären? Die Lichtstrahlen der meisten Lichtquellen, z. B. der Sonne, bestehen nicht aus einer Strahlengattung, sondern, wie sich bei der Auflösung durch ein Prisma in dem spektralen Farbenband erweist, aus einer ganzen Reihe von Strahlen von verschiedener Brechbarkeit. Die farbigen Körper haben nun die Fähigkeit, von den auf sie fallenden Lichtstrahlen einen Teil zu absorbieren und die übrigen Lichtstrahlen, die dann eine andere Färbung, wie die Summe der auffallenden Lichtstrahlen hat, zu reflektieren. Die gefärbten Körper haben die Fähigkeit zur selektiven Absorption. Bei Körpern mit gleichmäßig matter Oberfläche erfolgt die Reflexion nicht spiegelnd, sondern nach allen Seiten (diffus).

Welche Erscheinungen treten nun beim Mischen der Farben ein?

Läßt man ein Strahlenbündel durch ein Glasprisma fallen und bringt dann vor dem Spektrum einen undurchsichtigen Schirm an, der so mit einem Spalt versehen ist, daß durch diesen Spalt nur eine Lichtart, z. B. blaues Licht, austreten kann, so wird der übrige Teil des Spektrums von dem undurchsichtigen Teil des Schirmes zurückgehalten. Genau die gleiche Aufgabe wie ein solcher Schirm mit Spalt würde ein blauer Farbstoff erfüllen, welcher nach der Bestrahlung monochromatisches Licht aussendet, also alle Lichtstrahlen außer den blauen verschluckt. Die meisten Farbstoffe aber erfüllen die Aufgabe nicht so vollständig wie der Schirm mit dem Spalt in bezug auf das farbige Strahlenbündel und strahlen nicht nur die

Lichtstrahlen der Hauptfarben, sondern auch eine Reihe anderer Lichtstrahlen von ähnlicher Wellenlänge zurück, und das ist gut so, denn sonst würden noch mehr Schwierigkeiten beim Mischen der Farbstoffe auftreten, als dieses jetzt schon der Fall ist. Stellen wir uns vor, zwei Farbstoffe strahlten nur monochromatisches Licht zurück, hätten also die Fähigkeit, alle anderen auf sie fallenden Lichtstrahlen zu absorbieren, so würde bei einer Mischung beider Farbstoffe der eine Farbstoff das von dem anderen zurückgeworfene Licht zum Teil absorbieren und abfangen: sie würden aufeinander gegenseitig eine schwärzende Wirkung ausüben. Man muß, um sich dieses klar zu machen, davon ausgehen, daß alle Körper in ganz dünnen Schichten — denken wir an das Blattgold — durchsichtig sind, nur daß wir nicht alle Körper in so feinen Blättchen herstellen können, um diesen Nachweis zu erbringen. Infolge dieser Durchsichtigkeit in dünnsten Schichten erfolgt bei einem undurchsichtigen Körper, also auch bei einem undurchsichtigen Farbstoff, die Reflexion nicht nur von der Oberfläche, sondern auch von einer Stelle des Körpers, die, wenn auch nur sehr wenig, unter der Oberfläche liegt. Kommt der so zurückgestrahlte einfarbige Lichtstrahl dann bei der gedachten Farbstoffmischung zu dem Nachbarpartikelchen des anderen Farbstoffes, so wird er, wenn dieser die Fähigkeit hat, nur monochromatisches Licht auszusenden, verschluckt.

Ein gelber Farbstoff übt im allgemeinen aber die selektive Absorption in der Richtung aus, daß er von den auftretenden Lichtstrahlen vorwiegend die gelben und außerdem einige grüne und rote Strahlen zurückwirft und die übrigen verschluckt; ein blauer Farbstoff reflektiert vorwiegend blaue Lichtstrahlen und außerdem einige gelbe und grüne.

Es ist nun weiter keineswegs selbstverständlich, daß alle auffallenden Lichtstrahlen, welche die Grundfarbe des Farbstoffes haben, reflektiert werden. So reflektiert z. B. ein gelber Farbstoff durchaus nicht immer alle gelben Lichtstrahlen. Dieses kommt in der optischen Gesamtwirkung, in der Sättigung, Helligkeit und Trübung, wie man es genannt hat, der einzelnen Farben zum Ausdruck. Alle diese Fragen sind auf Grund einer analytischen Prüfung der von den Körpern ausgesandten Farbstrahlen zu ermitteln.

Analyse und Synthese der Farbtöne.

Zwei Fragen sind es, die dem Färber und Koloristen beruflich naheliegen:

1. die Analyse der Farben;
2. die Synthese der Farbtöne durch Auswahl der geeigneten Farbstoffe für einen bestimmten Farbeffekt.

Beide Aufgaben, die Hand in Hand gehen, sind in den letzten Jahrzehnten wesentlich gefördert worden.

* * * * *

Die Newtonsche Entdeckung (im Jahre 1666) der Zerlegung des Sonnenlichtes durch ein Prisma in seine Bestandteile, das spektrale Farbband, war die Grundlage für die Dreifarbenlehre, die den Grundsatz aufstellt, daß aus den drei charakteristischen Grundfarben des Spektrums: Gelb, Blau, Rot, alle Farbtöne gebildet werden können. Newton selbst unterschied noch sieben Spektralfarben.

Die Dreifarbenlehre ist in dieser allgemeinen Fassung nicht zutreffend. Um alle Farbtöne aufzubauen, sind noch eine ganze Reihe weiterer Töne des Spektrums unentbehrlich.

Der größere Irrtum lag aber darin, daß man glaubte, nun auch aus je einem gelben, roten und blauen Farbstoff alle Farbtöne darstellen zu können. Der prinzipielle Unterschied, der zwischen Spektralfarben und Pigmentfarben besteht, ist bis in die jüngste Zeit oft nicht genügend gewürdigt worden, und diese Unklarheit hat dann zu verhängnisvollen Irrtümern Anlaß gegeben.

Der folgende Fundamentalversuch kann am besten die prinzipielle Verschiedenheit zwischen Spektralfarben und Pigmentfarben veranschaulichen. Eine blaue und eine gelbe Spektralfarbe ergeben als Komplimentärfarbe bei der additiven Mischung weiß.

Ein gelber Farbstoff, der von dem auffallenden Licht vorwiegend gelbe, rote und grüne Strahlen zurückwirft, werde gemischt mit einem blauen Farbstoff, der hauptsächlich blaue, violette und grüne Strahlen zurückwirft. Nach der Mischung des gelben und blauen Farbstoffes werden, weil von dem gelben

Farbstoff die blauen und violetten, von dem blauen Farbstoff die gelben und roten Strahlen absorbiert werden, von dem Gemisch nur grüne Strahlen ausgesandt. Den letzten Vorgang bezeichnet man als subtraktive Mischung.

Der grundsätzliche Unterschied liegt also darin, daß
eine Spektralfarbe nur eine Strahlengattung von bestimmter Wellenlänge,
ein Farbstoff ein Gemisch verschiedener Farbstrahlen aussendet.

* * * * *

Trotzdem hat die Dreifarbenlehre, wenn sie wissenschaftlich auch nicht einwandfrei ist, doch manche praktische Erfolge gezeitigt.

Nach Lagorio¹⁾ haben der Frankfurter Kupferstecher Le Blond und der Pariser Drucker Gautier schon um 1730 mit drei Farbstoffen (gelb, blau, rot) auf weißem Papier Buntdrucke hergestellt.

Dieser Dreifarbendruck hat im Laufe der Zeit dann viele Wandlungen durchgemacht, die neben Verbesserungen der graphischen Technik sich besonders auf das Herausfinden der am meisten geeigneten Farbstoffe erstreckten (vgl. S. 62).

* * * * *

Im folgenden seien die wichtigsten Arbeiten der Forscher, die in neuerer Zeit auf diesem Gebiete tätig gewesen sind, angeführt.

Helmholtz steht auf dem Standpunkt, daß jeder Farbeindruck von der Lichtstärke, dem Farbton und seinem Sättigungsgrade abhängt. Die Bedeutung des Grauanteils, bedingt durch die Natur der Beleuchtung usw., wird bei ihm nicht entsprechend gewertet²⁾.

Pringsheim³⁾ unterscheidet, sich an Helmholtz anlehnd, Farbenton, Farbensättigung und Helligkeit. Unter Farbenton versteht er die reine Spektralfarbe. Bei Farbensättigung denkt er an den verschiedenen Anteil an weißen Lichtstrahlen.

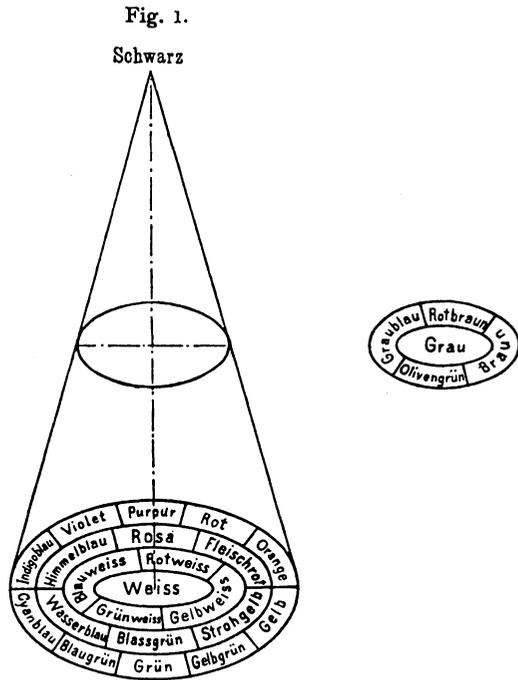
¹⁾ Dr. A. v. Lagorio, Melliands Textilberichte 1924, Heft 1, S. 27.

²⁾ W. Ostwald, Physikalische Farbenlehre, II, S. 53.

³⁾ Färberzeitung 1889/90, S. 140 u. f.; 1890/91, S. 80 u. f.

Unter Helligkeit versteht er aber die Tönung, welche durch die verschiedene Intensität des auffallenden Lichtstrahles bedingt ist.

Um einen bestimmten Farbton gewissermaßen analytisch zu finden, will er an der Peripherie eines Kreises die Farben des Spektrums nebeneinander auftragen mit allen den feinen Übergängen, wie sie das Spektrum zeigt. Im Zentrum des Kreises ist Weiß, während zwischen der Peripherie und dem Zentrum



in gerader Richtung alle Übergangsstufen zwischen Weiß und den Spektralfarben vertreten sind.

Über der Kreisfläche soll sich ein Kegel erheben (Fig. 1). Die Spitze des Kegels ist schwarz (oder, wie Pringsheim es ausdrückt, als Ausgangspunkt von Farbstrahlen mit der Intensität 0) gedacht, so daß dann die der Grundfläche parallel verlaufenden Kegelschnitte einen mit dem Abstand von der Grundfläche steigenden Gehalt an Schwarz erhalten bzw. nach der Pringsheimschen Auffassung an Helligkeit abnehmen und verschiedene Helligkeitsstufen darstellen.

Um die Zusammensetzung der verschiedenen Farbtöne zu studieren, geht Pringsheim auf Grund dieser Konstruktion von einer runden Glasplatte aus, auf die die Spektralfarben je nach Bedarf aufgetragen werden. Senkrecht auf den Mittelpunkt dieser Platte wird eine rechteckige Platte von durchsichtigem, farblosen, leicht spiegelndem Glase gestellt.

Durch die Wahl der Farben auf der Grundplatte und durch entsprechende Stellung des Auges kann man dann die dem idealen Kegel entsprechende subjektive Farbwirkung hervorrufen, und dann durch vergleichende Beobachtungen Schlüsse auf die Zusammensetzung einer gegebenen Farbe ziehen.

Ferd. Victor Kallab¹⁾ geht schon einen Schritt weiter, indem er einen einstellbaren Apparat, den sog. Farbenanalysator, verwendet. Dieser besteht aus drei gegeneinander verstellbaren, mit den drei Grundfarben in skalenförmiger Abtönung versehenen durchsichtigen Platten. Durch entsprechende Schaltung der Platten, unter Zuhilfenahme einer Grauskala, lassen sich nach der Angabe des Erfinders bei sehr feiner Skalaabtönung bis zu 10000 Farbtöne vorführen. Auf diese Weise ist es möglich, die Zusammensetzung einer gegebenen Farbe zu ermitteln. Ferner soll der Apparat auch zur Auffindung harmonischer Farbenstellungen dienen.

Kallab hat dann in der richtigen Erkenntnis, daß von der Ermittlung des Gehalts an Spektralfarben bis zur praktischen Verwendung der Ergebnisse in Färberei und Zeugdruck noch ein weiter Schritt ist, den Apparat den praktischen Bedürfnissen anzupassen versucht, indem er die drei Farbscheiben Gelb, Blau, Rot durch solche ersetzt, die aus den verschiedenen Abstufungen beliebiger sekundärer und tertiärer Farben bestehen²⁾. Unter sekundären und tertiären Farben versteht er substantive, basische Farben, Beizenfarben usw., Farben also, wie sie in der Textilindustrie tatsächlich benutzt werden.

In manchen Fällen mag der Apparat ganz brauchbar sein. Im allgemeinen ist indes eine direkte Übertragung der Resultate nicht möglich, weil der Ausfall eines Farbtones im praktischen Färberei- und Druckbetriebe nicht nur vom Farbstoff, sondern

¹⁾ Färberzeitung 1908. Heft 14, S. 246.

²⁾ Färberzeitung 1909, S. 211. D. R.-P. Nr. 205 271.

vielen weiteren Faktoren, so von den verschiedenen Beizen, die beim Färbe- und Druckprozeß und dem Mischen mehrerer Farbstoffe benutzt werden, ferner von den Fabrikationsprozessen selbst, dem Färbe-, Dämpfprozeß usw., und endlich vor allem von der chemischen und physikalischen Natur der zu färbenden Faser abhängt. Es ist ein großer Unterschied, ob ich eine Glasplatte oder Platte aus Celluloid färbe, oder ob ich ein Baumwoll-, Woll- oder Seidengewebe durch Färbeoperationen zu veredeln habe.

Ewald Hering¹⁾ hat das Verdienst, besonders eindringlich auf die Bedeutung des Anteils von Schwarz und Weiß für die Mannigfaltigkeit der Farbtöne hingewiesen zu haben. Er bezeichnet die bunten Farben, welche einen Schwarz-Weißanteil enthalten, als verhüllte bunte Farben. Sie haben für ihn einen verschiedenen Verhüllungsgrad. Das Verhältnis des bunten Anteils zum schwarz-weißen Anteil eines Farbtönes nennt er das Deutlichkeitsverhältnis. Aus allem geht hervor, für wie wesentlich er die quantitative Bestimmung gerade dieses Verhältnisses hält. Er kommt jedoch zu dem Ergebnis, daß sich der Freiheitsgrad einer bunten Farbe, d. h. der Anteil an reiner Spektralfarbe in einer verhüllten bunten Farbe, quantitativ nicht bestimmen läßt.

Wilhelm Ostwald geht, auf den Arbeiten von Hering aufbauend, einen entscheidenden Schritt weiter. Im Gegensatz zu Hering stellt er sich auf den Standpunkt, daß die drei Anteile von Weiß, Schwarz und Bunt sich in jeder Farbe quantitativ ermitteln lassen. Ostwald würdigt in seinem Werk über Physikalische Farbenlehre²⁾ die Anschauungen und Arbeiten von Hering und kommt zu folgendem Ergebnis:

„Hering schließt somit in schärfster Weise die qualitative Periode der Farbenlehre ab, der er noch ganz angehört, obwohl er sie quantitativ bestens vorbereitet hat.“

Den Gedanken der quantitativen Ermittlung des Anteils von Bunt und Weiß-Schwarz verfolgt W. Ostwald konsequent in seinen umfassenden und grundlegenden Arbeiten³⁾.

¹⁾ Ewald Hering, Die Lehre vom Lichtsinn, S. 49.

²⁾ W. Ostwald, Physikalische Farbenlehre, II, S. 174 u. f.

³⁾ Derselbe, Die Harmonie der Farben und Die Farbenfibel.

Ostwald geht also davon aus, daß die Pigmentfarben nicht reinfarbige Körper sind, sondern daß sie außer der reinen Spektralfarbe stets noch Anteile von Weiß und Schwarz enthalten. Um diese Verhältnisse quantitativ festzulegen, bezeichnet Ostwald in einem Farbton den Anteil an reiner Spektralfarbe mit r , den Anteil an Weiß mit w , an Schwarz mit s , und kommt dann zu dem Ergebnis, daß jeder Farbton auf der Grundlage folgender Formel zu prüfen ist:

$$\underline{r + w + s = 1.}$$

Bei Pigmentfarben kommt er bei mittlerer Unterteilung der Farbtöne z. B. zu 500, bei feinsten Unterscheidung zu 3000 bunten Farben und 100 Graustufen. — Um den Gehalt einer Pigmentfarbe an der reinen Spektralfarbe r zu ermitteln, geht Ostwald zunächst von einem Farbkreis aus, der, eine geschlossene Reihe darstellend, 100 Spektralfarbtöne umfaßt. Jede dieser Spektralfarben ist durch ihre Wellenlänge eindeutig charakterisiert.

Bei der Analyse des zu prüfenden Farbanstriches wird dann weiter durch Vergleich des Spektrums der Anstrichfarbe mit einem neutralen grauen Spektrum von bekannter Remission zunächst der Anteil an Weiß- und Schwarzgehalt ermittelt. Sodann wird der Gehalt des Anteils an Spektralfarben nach den Grundsätzen der Farbmischung durch Ermittlung des Gegenfarbtones¹⁾ festgestellt. Auf diese Weise ist es möglich, jeden Farbton genau nach seinem Gehalt an Spektralfarben und seinem Anteil an Weiß und Schwarz eindeutig zu kennzeichnen.

* * * * *

Ostwald geht nun noch einen Schritt weiter und will auf diesen analytischen Ergebnissen und der systematischen Einordnung aller Farbtöne synthetisch aufbauend, die Farbenharmenien und nach Analogie der Tonlehre und Harmonielehre in der Musik neue Farbensymphonien schaffen, die die Kompositionen der Tonkunst noch übertreffen sollen.

Das Instrument, welches diesem Zwecke dienen soll, ist die von ihm konstruierte Farborgel²⁾. — Diese Farborgel soll ein

¹⁾ Physikalische Farbenlehre, II, S. 112.

²⁾ W. Ostwald, Prometheus Nr. 1555, S. 365.

gemeinsames Manual von 24 Tasten erhalten, nämlich 24 gesetzmäßig geordnete Farbtöne des Farbkreises und dazu 28 Register, von den lichtesten bis zu den tiefsten, von den reinsten bis zu den trübsten Farben, also zusammen 672 Farben, wozu noch 8 Stufen Weiß, Grau und Schwarz kommen. Den 28 Registern entsprechen 28 Kästen. Jeder Kasten ist in 24 Fächer geteilt und jedes Fach enthält ein anderes, genau eingestelltes Farbpulver, das nach Vermischen mit einem Bindemittel den gewünschten Farbton ergibt.

Nach Zeichnung der Muster sollen für jede Farbkomposition, wie bei einer Tondichtung, die zugehörigen Register gezogen und die Töne, von denen man eine harmonische Wirkung erwartet, angeschlagen werden.

Ostwald hat dann in seinem Werke „Die Harmonie der Farben“ ¹⁾ noch weitere Vergleiche und Analogien mit der Musik herausgefunden. Er stellt z. B. 12 Stufen auf, die den 12 Stufen der chromatischen Tonleiter entsprechen sollen. Mit bestimmten Stufen Terzen, Quinten, Septimen und darauf aufgebauten Akkorden, Dreiklängen, Vierklängen usw. glaubt er besonders schöne Farbenharmonien schaffen zu können. Bezüglich der Einzelheiten sei auf das zitierte Werk verwiesen.

* * * * *

Es ist zuzugeben, daß auf diese Weise vielleicht Farbensymphonien geschaffen werden können, die bedeutsame Anregungen enthalten. Den weiteren Ideen einer synthetischen Farbensystematik und noch mehr den Ideen der Schaffung von Farbensymphonien auf methodischem Wege kann man ohne weiteres nicht folgen. Die rauhe Wirklichkeit bietet Schwierigkeiten, die sich nicht so leicht meistern lassen. Es ist zu bezweifeln, daß dem Koloristen und Färber eine unmittelbare Übertragung der Resultate der Farbenorgel auf seine praktische Arbeit möglich ist. Die Farbstoffe, die Färber und Zeugdrucker verwenden, sind nur in den wenigsten Fällen Pigmentfarbstoffe. Bei den von ihnen verwendeten Farbstoffen kommen außer den optischen Eigenschaften noch weitere physikalische und chemische Eigenschaften, die Korngröße, die

¹⁾ W. Ostwald, Die Harmonie der Farben, S. 89.

Reinheit, die Löslichkeit, Reaktionsfähigkeit, Echtheit usw. in Betracht. Bedenkt man weiter, daß in den Färbereien und Druckereien der Farbstoff in den meisten Fällen nicht fertig gebildet auf die Faser gebracht wird, sondern erst während der Färbeoperation und nach der Druckoperation entsteht oder wenigstens dort Umwandlungen erfährt und seine letzte Gestalt erhält, so ist es klar, welche Schwierigkeiten sich der unmittelbaren Übertragung der Resultate der Farborgel auf die praktische Arbeit der Färber und Zeugdrucker entgegenstellen.

Hinzu kommt, daß manche Farbstoffe, die man gerne mischen und in einer Druckfarbe oder einem Färbebade vereinigen möchte, sich nicht ohne weiteres mischen lassen, weil ihre Befestigungsmethoden auf der Faser voneinander ganz verschieden sind, wie z. B. bei Tanninfarben, Alizarinfarben, Küpenfarben usw. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Herstellung eines Farbtones auf einem Gewebe für den Koloristen eine Aufgabe ist, die nur durch eine Reihe methodischer Versuche unter Berücksichtigung der chemischen Natur und der gesamten physikalischen Eigenschaften der Farbstoffe gelöst werden kann. Diese Farbstoffe aber sind das Ergebnis langer, mühseliger Arbeiten der Farbenfabriken, und die Färber und Drucker müssen sie nehmen wie sie sind. Zwischen diesen Farbstoffen mit ihren uns manchmal lästigen Nebeneigenschaften, mit der ganzen Erdschwere, die ihnen anhaftet, und den Spektralfarben andererseits, zuzüglich einem gewissen Anteil an Weiß und Schwarz, ist ein Unterschied wie in der realen und idealen Welt.

Verhältnismäßig am einfachsten gestaltet sich die Frage der Erzielung eines bestimmten Farbtones durch Mischung verschiedener Farbstoffe bei den Pigmentfarben, wie sie z. B. in der Malerei verwendet werden. Die Verwendung der Pigmentfarben im Zeugdruck aber bildet die Ausnahme; in der Hauptsache ist sie hier beschränkt auf die sog. Albuminfarben, bei denen Albumin zur Befestigung dient, wie z. B. bei einigen Ätzartikeln. Bei der Mischung solcher Pigmentfarbstoffe läßt sich am ehesten auf Grund der Versuche mit der mit Farbpulvern von bekannten optischen Eigenschaften ausgestatteten Farborgel der gewünschte Farbton erzielen.

* * * *

So kommen wir zu dem Ergebnis, daß Wilhelm Ostwald sich mit der genauen Kennzeichnung der Farbtöne ein großes Verdienst erworben hat. Er hat Maß und Zahl in die Farbenlehre hineingebracht.

Praktisch wird sich vielleicht auch das Ergebnis herausstellen, daß bestimmte Farbtöne auf Grund des Ostwaldschen Farbatlas ohne besondere Ausmusterung gekennzeichnet und gehandelt werden können.

Die Möglichkeit der Schaffung von Farbenharmonien und Farbensymphonien, wie sie die Farborgel bieten soll, betrachten wir einstweilen noch als auf wertvolle Anregungen beschränkt. Ob weitere Möglichkeiten sich daraus ableiten lassen, muß die Zukunft lehren.

Der Einfluß der Struktur der Gewebe.

Die Farbwirkung läßt sich bis zu einem gewissen Grade für alle Druck- und Färbepartien des Gewebes steigern, indem wir nach bestimmten Grundsätzen das Licht in unseren Dienst zwingen. Diese Gesichtspunkte habe ich in der Abhandlung „Der Einfluß der Struktur der Baumwollgewebe auf die Schönheit der Farbeffekte“¹⁾ niedergelegt. Um auch an dieser Stelle die Ergebnisse dieser Studie zu wiederholen, so sei auch hier auf einige der wesentlichsten Punkte kurz hingewiesen. Für die Erzielung bestimmter Farbeffekte durch die Struktur des Gewebes kommt es auf die Art der Reflexion der Lichtstrahlen sowohl von der äußeren Oberfläche, als den tiefer liegenden Schichten des Gewebes an. Bestimmend ist vor allem die Lagerung und die gegenseitige Stellung der vom Fasermaterial gebildeten reflektierenden Flächen. Für diese Fragen ist von Bedeutung:

1. die Wahl des Rohmaterials;
2. die Veredlung des Rohmaterials durch chemische Umwandlung;
3. die Verwendung der verschiedenen Kett- und Schußgarne nach Feinheit und Drehung, sowie der Art ihrer Verflechtung, d. i. die Bindung des Gewebes;

¹⁾ Zeitschr. f. Farbenindustrie 1909, Heft 11 u. 12.

4. die weitere nachträgliche Behandlung der Oberfläche der Gewebe durch Rauhaschinen, Kalandere, Preßwerkzeuge usw.

Auf alle vier Fälle sei hier etwas näher eingegangen.

1. Die Wahl des Rohmaterials. Hier sei an den wunderbaren Luster der Seide gegenüber allen anderen Fasern erinnert. Bei der Baumwolle zeigt sich eine große Verschiedenheit je nach der Provenienz. Die seidenglänzende ägyptische Baumwolle übertrifft alle anderen Baumwollsorten.

2. Die Veredlung des gewählten Rohmaterials durch entsprechende chemische Behandlung. Hier ist in erster Linie die Mercerisation zu nennen. Durch sie gewinnen auch die aus ägyptischer Baumwolle hergestellten Gewebe noch erheblich an Luster. Auch die Kunstseide ist in diesem Zusammenhange zu erwähnen. Sie ist in dem fertigen Produkt mit seinem ganz anderen optischen Verhalten nicht wiederzuerkennen (vgl. Tafel 2 im Vergleich zu Tafel 1).

3. Der Einfluß der Struktur (Feinheit und Drehung) der Schuß- und Kettgarne zeigt sich beim Vergleich zweier Gewebe, von denen das eine mit Kett- und Schußgarn gleicher Stärke und das andere mit Kett- und Schußgarn ungleicher Stärke hergestellt ist. Verwendet man z. B. bei der Gewebherstellung für die bei gleicher Feinheit der Kett- und Schußgarne so schlicht wirkende Leinwandbindung (Tafel 1) statt der gleichmäßig starken Garne feine Kett- und grobe Schußgarne, für Kretonne (von z. B. der Fadenstellung 16/16 je $\frac{1}{4}$ Zoll fr.) statt Kett- und Schußgarn Nr. 20 als feines Kettgarn Nr. 24 und grobes Schußgarn Nr. 12, so erhält man ein Gewebe (Panama), welches nach der Veredlung, dem Färben oder Drucken, viel wirkungsvollere Farbeffekte liefert. Die Erklärung ist meines Erachtens darin zu suchen, daß die Ungleichheit in der Stärke der Fadensysteme die Entstehung einer größeren Zahl von unter den verschiedensten Winkeln liegenden Flächen und dadurch eine vielseitigere Reflexion und Streuung des auffallenden Lichtes zur Folge hat.

Einen noch besseren Luster als die zuletzt gekennzeichneten Gewebe in Leinwandbindung, mit ungleicher Stärke der Fadensysteme hergestellt, zeigen die Körper- und Satingewebe. Hier tritt uns schon sehr deutlich der Einfluß der Gewebe-

bindung entgegen. Der eigenartige, halb spiegelnde Glanz beruht in diesem Falle auf einem rythmischen Wechsel zwischen Spiegelung (senkrecht zur Geweberippe) und Streuung (parallel zur Geweberippe) des auffallenden Lichtes.

Bei den fassonnierten Geweben tritt zu diesen Momenten, namentlich bei stark vortretendem Gebild, noch das Moment der Licht- und Schattenwirkung hinzu; es treten plastische Eindrücke auf (Tafel 3).

4. Die Oberflächenbehandlung zum Zwecke der Erhöhung des Glanzes der Farbeffekte wollen wir etwas eingehender behandeln, weil hier gerade die Frage der methodischen Beeinflussung durch das Licht so recht zur Geltung kommt. Es handelt sich hier zunächst um die Frage der Veränderung der Oberfläche der Gewebe durch Rauhen, sowie um die Herstellung von Samten oder Raugheweben mit samtartigem Charakter.

Bei der Herstellung dieser Artikel, der Samtgewebe und Raughewebe, ist einerseits der Gedanke leitend, durch die vielen auf der Oberfläche durch den Rauhprozeß entstehenden, mit Luft gefüllten Hohlräume eine geringere Wärmeableitung für den Träger der Kleidung, also ein besseres Warmhalten des Körpers zu erreichen. Darüber hinaus aber verfolgt man den Zweck, durch die eigenartige Beschaffenheit der Rauh- und Samtgewebe den Lüster ganz erheblich zu erhöhen. Es geht dieses schon daraus hervor, daß namentlich Samtartikel auch für solche Zwecke Verwendung finden, bei denen ein Warmhalten für den Träger der Stoffe überhaupt nicht in Frage kommt oder sogar lästig wirkt, wie z. B. bei Damenhüten.

Der eigenartige Lüster beruht darauf, daß die Gesamtheit der den Farbstoff absorbierenden und für die Lichtstrahlen nutzbaren Flächen so wesentlich größer als die Grundfläche des Gewebes ist. Die wunderbare, vom Samtgewebe ausgehende Lichtwirkung wird nun noch dadurch verstärkt, daß die sehr zahlreichen, fast gleichmäßig senkrecht sich aus dem Gewebe erhebenden Flächen nahezu parallele Richtung haben (Tafel 4).

Es sind dann weiter zu erwähnen die verschiedenen Operationen zur Bearbeitung und Beeinflussung der Oberfläche des Baumwollgewebes, der Kalanderverprozeß in seiner immer

weiter gesteigerten Leistung und Ausbildung: Beetlekalander, Chasingkalander, Rollkalander und Friktionskalander. Hier zeigt sich der Gedanke, das Licht in den Dienst der Arbeit des Koloristen zu stellen, am deutlichsten. Durch den Kalanderprozeß wird die Oberfläche des Gewebes dichter und glänzender. Durch die größere Dichte nimmt die Reflexion derjenigen Strahlen zu, die von der obersten Schicht der Gewebeoberfläche zurückgeworfen werden. Nimmt man an, wofür viele Umstände sprechen, daß auch bei einem gefärbten Gewebe von der obersten Gewebeschicht vorwiegend weiße und erst von den etwas tiefer liegenden Schichten, dem Innern des Gewebes, die eingedrungenen Lichtstrahlen farbig reflektiert werden, so ist es klar, warum die Farbeffekte in gedruckter und gefärbter Ware nach dem Kalanderprozeß heller erscheinen.

Der Glanz der kalanderten Ware beruht darauf, daß bei der Reflexion die Streuung zugunsten der Spiegelung zurücktritt.

Bei dem klassischen Seidenglanzpatent Nr. 85368 (übertragen auf J. P. Bemberg) ging der Erfinder Robert Deissler von dem Gedanken aus, daß, um einen seidenähnlichen Lüster auf Baumwollgeweben hervorzubringen, die Oberflächenstruktur desselben ähnlich wie bei der Seide gestaltet werden müsse. Die in dieser Hinsicht in der Patentvorschrift gemachten Ausführungen seien hier kurz wiedergegeben.

Nachdem von der ununterbrochenen spiegelnden Wirkung der in einer Ebene liegenden Flächen bei in gewöhnlicher Weise kalanderten Baumwollgeweben die Rede gewesen ist, heißt es in bezug auf den Glanz der Seidengewebe:

„Im Gegensatze hierzu spiegeln beim Seidengewebe nur allein die zahllosen kleinen Flächen, welche, zufällig parallel gelagert, sich gerade in dem für das Auge richtigen Reflexionswinkel befinden. Dabei sind die einzelnen Flächen durch Linien oder andere Flächen, die zu jenen winklig sind, getrennt. Bei veränderter Lage des Gewebes oder des Auges reflektieren wieder zahllose andere parallele, d. h. in derselben Ebene liegende kleine Flächen.“

Der Patentanspruch selbst lautet:

„Verfahren zur Erzeugung eines Seidenglanzes auf Geweben, Garnen, Vorgespinnten usw. aus Pflanzen- und

Tier-, sowie gemischten Gespinnstfasern, darin bestehend, daß man durch Pressen auf denselben zahlreiche kleine, in verschiedenen Ebenen winklig zueinander liegende Flächen erzeugt.“

Auf ähnlichen Erwägungen beruht die Erzeugung von Seidenglanz mit Hilfe der patentierten Eckschen Diamantgravur, bei welcher

„in der Oberfläche des Preßwerkzeuges sich pyramidenförmige Körper oder Kegel mit beliebiger Grundfläche befinden, deren Seitenflächen bzw. Seitenlinien für jeden Körper unter verschiedenen Winkeln derart gegen die Grundflächen geneigt sind, daß die senkrechte Projektion des Scheitelpunktes bzw. der Scheitellinie noch in die Grundfläche des betreffenden Körpers fällt. Auf diese Weise werden sanft geneigte Flächen, abgesetzt durch steile und verhältnismäßig kleine schmale Flächen, in großer Zahl erzeugt“.

In der Tat ist es erstaunlich, eine wie wunderbare Veredlung durch solche Preßwerkzeuge dem Gewebe verliehen wird, wie alle Farben in ganz anderem Glanze erstrahlen, wie ganz einfache Gewebe nach der Behandlung als Seidenatlasgewebe erscheinen (Tafel 5).

D. Wärmewirkungen des Lichtes.

Trifft ein von der Sonne ausgehender Lichtstrahl auf die Gegenstände, so wird ein Teil als Lichtstrahlen zurückgeworfen, ein Teil verwandelt sich unter Veränderung der Wellenlänge in Wärme. Die verschiedenen Körper haben in verschiedenem Maße diese Fähigkeit. Eine wesentliche Rolle spielt dabei die Farbe; die farbige Beschaffenheit ist, wie wir gesehen haben, gleichbedeutend mit der Fähigkeit, bestimmte Lichtstrahlen, namentlich die Strahlen, in deren Farbe wir den Körper wahrnehmen, auszuwählen und zurückzuwerfen, die übrigen Strahlen aber ganz oder teilweise zu absorbieren und dabei, worauf es hier ankommt, in Wärme umzuwandeln. Von den verschiedenen Strahlengattungen ist die Absorption der Lichtstrahlen und Umwandlung in Wärmestrahlen bei weißen und gelben Körpern am geringsten, bei schwarzen Körpern weitaus am größten; die roten

Körper stehen in der Mitte. Wenn man den Wert der Wärmeaufnahme-fähigkeit von Weiß mit 100 annimmt, so ergeben sich folgende Verhältniszahlen für die verschiedenen Farben:

1. Weiß	100	5. Dunkelgrün	161
2. Hellgelb	102	6. Rot	168
3. Dunkelgelb	140	7. Hellbraun	198
4. Hellgrün	152	8. Schwarz	208 ¹⁾

Die von den farbigen Körpern durch Umwandlung der Lichtstrahlen erzeugte Wärme verbleibt nicht in dem Körper: sie vergrößert zunächst unter Temperaturerhöhung seinen Wärmeinhalt und fließt dann, soweit sie nicht zur Verrichtung chemischer Arbeit verwendet wird, von ihm als unsichtbare Wärmestrahlen ab. Aus der Wirkung dieser Wärmestrahlen läßt sich eben der Rückschluß auf das verschiedene Verhalten der einzelnen Farben gegenüber den auftreffenden Lichtstrahlen ziehen, wie Franklin dieses zuerst bei seinem bekannten klassischen Versuch tat, indem er Gewebestücke von verschiedener Farbe auf den von der Sonne beschienenen Schnee legte und das verschieden tiefe Einsinken dieser verschiedenfarbigen Gewebe beobachtete.

Man trägt deshalb mit Vorliebe helle Kleidung im Sommer und streicht die Dächer der Häuser in den Tropen hell an; ihrem Fez haben die Mohamedaner eine rote Farbe gegeben. Sie behaupten sogar, durch ihn besser gegen Wärmestrahlen geschützt zu sein, als durch eine weiße Kopfbedeckung.

* * * *

Interessant ist nun, daß die so bei der Umwandlung des Lichtes entstehenden unsichtbaren Wärmestrahlen sich in bezug auf die Durchdringungsfähigkeit für verschiedene Medien ganz anders als die Lichtstrahlen verhalten. Diese Frage soll hier etwas näher erörtert werden, weil sie mit den Wirkungen des Lichtes mittelbar zusammenhängt.

Die Jodlösung ist für die Lichtstrahlen undurchlässig, dagegen für unsichtbare Wärmestrahlen vollkommen durchlässig. Auf der anderen Seite ist das Wasser, wenigstens in mäßig

¹⁾ Die bei den Malern üblichen Bezeichnungen kalt für Blau, Braun usw., warm für Gelb, Rot usw. entspricht nicht einer physikalischen Tatsache, sondern ist nur ein gefühlsmäßiger Ausdruck für eine physiologische Empfindung.

dicken Schichten, für Lichtstrahlen vollkommen durchlässig, dagegen für die unsichtbaren Wärmestrahlen vollkommen undurchlässig. Dasselbe, was für das Wasser gilt, gilt bis zu einem gewissen Grade auch für die mit Wasserdampf gesättigte Luft. Und gerade diese Tatsache ist für den Haushalt der Natur von außerordentlicher Bedeutung. Wenn die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen die die Erde umgebende wasserdampfhaltige Atmosphäre durchheilt haben, so werden sie nach ihrer Umwandlung in dunkle Wärmestrahlen durch diese wasserdampfhaltige Hülle festgehalten. Dieser Hülle fällt dann, wie Tyndall¹⁾, der sich mit diesen Fragen sehr eingehend in seinem Werk „Wärme als Art der Bewegung“ beschäftigt, es ausdrückt, die Rolle eines Widerhakens zu. Es erklärt sich daraus auch, warum bei trockner Luft die nächtliche Abkühlung infolge des ungehinderten Abflusses der dunklen Wärmestrahlen viel stärker einsetzt.

In gleicher Weise wie der Wasserdampf spielt das Glas die Rolle des Widerhakens, da auch das Glas für dunkle Wärmestrahlen undurchlässig ist. Der Lichtstrahl dringt durch unsere Glasfenster ein und wandelt sich in einen dunklen Wärmestrahle, der als solcher festgehalten wird. In Guernsey und Jersey werden ohne jede Heizung in riesigen Glashäusern wundervolle Weintrauben gezogen. So ist das Licht auch ein Spender von Wärme, den die Menschheit sich zu Nutze gemacht hat und möglichst noch mehr zu Nutze machen sollte.

Ein Versuch in dieser Richtung sind auch die neuerdings gebauten Motoren, die durch die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne betätigt werden. Auch die Wasserkräfte sind hier zu erwähnen. Das Wasser wird durch die Licht- und Wärmestrahlen von der Erde und den Meeren durch Verdunstung unter Wolkenbildung gehoben. Wenn es dann, nachdem es in den Niederschlägen zur Erde zurückgekommen ist, in den Flußläufen zum Meere zurückfließt, so gibt es in den Wasserkraftstationen seine potentielle und kinetische Energie ab.

¹⁾ Tyndall, Die Wärme, S. 507.

II. Die Aufgaben und die Bedeutung des Lichtes in der Baumwoll-Textilindustrie auf chemischem Gebiete.

Zu dem interessantesten Kapitel gehören für den Koloristen die chemischen Wirkungen des Lichtes. Diese Wirkungen sind teils aufbauender, synthetischer, teils abbauender, zersetzender Natur, für die Zwecke des Menschen nützlich oder schädlich. Indessen decken sich die Begriffe aufbauend und für den Menschen nützlich keineswegs, was schon aus der einfachen Tatsache hervorgeht, daß das, was für den einen von Nutzen, für den anderen von Nachteil ist, ja, daß derselbe Mensch zu verschiedenen Zeiten ganz verschiedene Ziele verfolgt. So kommt es denn je nach dem Ziele, das wir uns gesteckt haben, darauf an, den chemischen Einfluß des Lichtes abzuschwächen oder zu verstärken.

A. Nützliche aufbauende Arbeit des Lichtes.

Als die für den Menschen wichtigste nützliche aufbauende Arbeit des Lichtes auf chemischem Gebiete tritt uns in dem Haushalte der Natur die Erschaffung und stetige Erneuerung der Pflanzenwelt entgegen; sie ist eine so sinnfällige und für uns gewohnte Erscheinung, daß wir uns ohne sie die uns umgebende Welt nicht mehr denken können. In der Tat ist die durch das Sonnenlicht bewirkte chemische Synthese, die ihre bekannteste Erscheinung in der Erzeugung des Chlorophylls und damit zusammenhängend des Amylums und der übrigen Teile des Pflanzenkörpers findet, auch die Vorbedingung für unser Dasein. Bei dieser Synthese wandelt sich die Energie der von der Sonne ausgehenden Licht- und Wärmestrahlen in chemische Arbeit; hierauf beruht die licht- und wärmeverzehrende Wirkung der grünen Natur, der kühlende Einfluß des Waldes im Vergleich zu der sengenden Glut, die von kahlen, von der Sommersonne bestrahlten Felsen zurückgeworfen wird.

Der sich auf diese Weise durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen vollziehende massenhafte Aufbau organischer Substanz wird immer als Arbeit der Sonne vorbehalten bleiben, wenn auch die Bedeutung der künstlichen chemischen Synthese von allergrößter Bedeutung ist. Übrigens verdienen die sogenannten synthetischen Darstellungen ihren Namen nicht ganz; es handelt sich fast immer nur um eine teilweise Synthese, wie z. B. bei der künstlichen Synthese des Eiweißes, bei der von der Pflanze unter dem Einfluß des Lichtes aufgebaute pflanzliche Zucker das Ausgangsprodukt bildet. Und selbst wenn es gelingt, mit erträglichen Kosten auch die Synthese aller dieser Körper aus den Elementen zu erreichen, so wird doch in der Frage der Massenerzeugung von Produkten überall da, wo Klima, Bodenbeschaffenheit usw. einigermaßen günstig sind, die chemisch-synthetische Arbeit des Sonnenlichtes, schon mit Rücksicht auf die Kosten, immer an erster Stelle stehen; wohlverstanden die direkte synthetische Arbeit des Lichtes, denn indirekt stammt ja all die Energie, welche zur Synthese in unseren Fabriken dient, sei es die mechanische Energie des Windes, des fließenden Stromes oder der Meereswoge, sei es die Verbrennungswärme aus den Produkten einer früheren organischen Welt der Braunkohle, Steinkohle, doch von dem Licht- und Energiespender, der Sonne.

* * * *

Für den Koloristen hat die aufbauende chemische Tätigkeit des Lichtes zur Herstellung der von ihm benötigten Produkte bei weitem nicht mehr die Bedeutung wie vor 50 Jahren, nachdem die Errungenschaften der chemischen Wissenschaft und der Farbenfabriken sowohl durch die synthetische Herstellung der Naturfarbstoffe als auch durch die sonstigen frei erfundenen und entdeckten künstlichen Farbstoffe die natürlichen Pflanzenfarbstoffe zum größten Teile entbehrlich gemacht haben¹⁾. Synthetisches Alizarin als Ersatz für Krapp und Garancine und synthetischer Indigo an Stelle des natürlichen sind die Marksteine auf diesem Wege. Heute gibt es fast keine Farbnuance, die wir nicht gerade so gut oder besser, wie wir sie früher mit Hilfe der Pflanzenfarbstoffe herstellten, jetzt mit künstlichen

¹⁾ W. Elbers, 100 Jahre Baumwolltextilindustrie. Vieweg, Braunschweig.
Elbers, Licht.

Farbstoffen herstellen könnten. Für manche Farbstoffe (z. B. Blauholz und Kreuzbeeren) gab es lange Zeit keinen in jeder Beziehung vollwertigen Ersatz, und auch heute noch leisten die Pflanzenfarbstoffe oft gute Dienste. Es wird bei Beurteilung solcher Fragen leicht übersehen, daß es nicht nur darauf ankommt, eine bestimmte Nuance nach einer beliebigen Methode auf dem Gewebe zu befestigen, vielmehr muß sich die Befestigungsmethode für den Farbstoff in den Rahmen einfügen, der bisher für den Färber und Drucker gebräuchlich ist, wenn eine weitgehende Verwendung und ein einfacher und bequemer Ersatz der Naturfarbstoffe möglich sein soll. Es bedeutet dieses, ganz abgesehen von der Preisfrage, auch nicht etwa eine Schwerfälligkeit des Koloristen, sondern auch ihm sind die Hände insofern oft gebunden, als es sich in den meisten Fällen nicht um einfarbige Artikel handelt, bei denen man sich in der Behandlung den Eigenheiten des einzelnen Farbstoffes anpassen kann, sondern um die Verwendung eines Farbstoffes neben anderen oder gemischt mit anderen Farbstoffen, auf die entsprechende Rücksicht genommen werden muß. Insofern harren noch manche Wünsche des Koloristen der Erfüllung. Zweifellos aber verrichten die Farbenfabriken heute den größten Teil der Arbeit, welche früher von dem Sonnenlichte mit Hilfe der Pflanzenwelt geleistet werden mußte. Die Synthese der Farbstoffe ist übrigens auch keine vollständige; sie geht nicht von den Elementen, sondern von den Kohlenwasserstoffen, vor allem den aromatischen Kohlenwasserstoffen (Benzol, Naphthalin, Anthracen) aus.

B. Schädliche aufbauende Wirkungen des Lichtes.

So nützlich wie die Tätigkeit des Lichtes beim Aufbau der Farbstoffe an und für sich ist, so gibt es doch auch Verhältnisse, bei denen eine Farbstoffbildung ganz unerwünscht ist; denken wir nur an alle die Fälle der lästigen Farbstoffbildung, wie sie bei zu druckenden naphtholierten Geweben auftreten können. Wenn die Gewebe vor dem Drucken mit Naphthollösung geklotzt sind, um später durch Aufdruck von Diazolösungen Naphtholazofarbstoffe herzustellen, so besteht die Gefahr, daß unter dem Einfluß des Lichtes die Gewebe vor dem Druck gebräunt werden. Es gilt daher als Regel, das naphtholierte

Gewebe gegen den Einfluß der Lichtstrahlen während des Lagerns vor dem Drucken zu schützen, da das Licht, namentlich direktes Sonnenlicht, in ziemlich kurzer Zeit schon diese bräunende Wirkung ausübt. Je nach der Einwirkung des Lichtes und der Lagerung des Gewebes werden dann entweder nur die Kanten oder ganze Falten des Gewebes betroffen. Da, wo die Bräunung stattgefunden hat, zeigen die bedruckten Stellen einen weniger lebhaften Ton; die gebräunten, unbedruckten Partien aber sind durch einfaches Seifen nicht wieder weiß zu bekommen.

C. Schädliche abbauende Wirkungen des Lichtes.

Lichtecktheit. Von den abbauenden chemischen Wirkungen des Lichtes seien, umgekehrt wie bei den aufbauenden, die schädlichen Wirkungen zuerst ins Auge gefaßt, weil sie jedem, der beruflich mit Farben zu tun hat, am nächsten liegen. Das Wort Lichtecktheit löst bei jedem Koloristen eine Menge trüber Erfahrungen und Erinnerungen aus. Auf der einen Seite sollen die Farben immer strahlender und glänzender werden, und doch soll die Echtheit, namentlich die Lichtecktheit, in jeder Hinsicht befriedigen. Leider sind diese Forderungen sehr häufig unvereinbar. Gerade die lebhaftesten Farben pflegen oft die am wenigsten echten zu sein. Nach dieser Richtung haben allerdings die neueren Erfindungen der Farbenfabriken manche Überraschung gebracht. Das außerordentlich lebhaftes Indanthrenblau übertrifft den König der Farbstoffe, den Indigo, wesentlich an Lebhaftigkeit und gleichzeitig auch an Lichtecktheit (allerdings nicht an Chlorecktheit). Die früher kaum echt herzustellenden sehr lebhaften hellblauen, rosa, lila und meergrünen Töne werden heute mit Hilfe von Indanthren- und Küpenfarben vollkommen echt hergestellt (Tafel 5).

* * * *

In welcher Weise das Licht die vollständige oder teilweise Zerstörung der Farbstoffe durch chemische Einwirkung erreicht und inwieweit es in der Zusammensetzung, in der Konstitution der Farbstoffe begründet ist, daß manche Farbstoffe viel leichter den zerstörenden Einflüssen des Lichtes unterliegen als andere, ist der Gegenstand eifriger Studien verschiedener Forscher gewesen.

Die stärkste chemische Wirkung zeigen die kurzwel-
ligen ultravioletten Strahlen. Alle Körper üben auf das
Licht, soweit sie dasselbe absorbieren, eine Energie umwandelnde
Wirkung aus; ein Teil wird in Wärme und auf diese Weise
auch, wenigstens unter Umständen, zur chemischen Arbeit her-
angezogen, ein Teil aber wird auch direkt in chemische Energie
umgesetzt.

Tyndall¹⁾ beschäftigt sich in seinem Werk „Die Wärme,
betrachtet als eine Art der Bewegung“, mit der Frage, worauf
die stärkere chemische Arbeit dieser kurzweligen Strahlen
im Vergleich zu den Strahlen mit größerer Wellenlänge zurück-
zuführen ist. Er führt in bezug auf diese Frage folgendes aus:

„Woher kommt aber die Macht dieser kleineren Wellen,
die Bande chemischer Verbindung zu lösen? Wenn es
nicht in ihrer Stärke begründet ist, so muß es, wie in dem
Falle des Sehens, von dem Rhythmus ihrer Wiederholung
abhängen. Aber wie sollen wir uns diese Wirkung vor-
stellen? Die Erklärung möchte folgende sein: Der Stoß
einer einzigen Welle macht nur einen unermeßlich kleinen
Eindruck auf ein Atom oder ein Molekül. Um die Wirkung
zu verstärken, müssen die Bewegungen sich summieren,
gleichsam anhäufen; anhäufen können sich Wellenstöße
aber nur, wenn sie sich periodisch wiederholen, und zwar
in demselben Rhythmus wie die Schwingungen der Atome,
auf die sie stoßen. In diesem Falle findet jede folgende
Welle das Atom in einer Stellung, die der Welle erlaubt,
ihren Stoß zur Summe der Stöße der vorhergehenden zu
addieren. Das einmalige Ticken einer Uhr übt keinen
merkbareren Einfluß auf das stillstehende, gleich lange Pendel
einer anderen aus; dauert dasselbe aber an und fügt das
jedesmalige Ticken seinen, wenn auch unberechenbar kleinen
Stoß im geeigneten Moment zu der Summe der vorigen
Stöße hinzu, so wird wirklich die zweite Uhr anfangen zu
gehen. Ebenso bringt ein einzelner Luftstoß, der auf die
Zinke einer schweren Stimmgabel trifft, keine merkbare
Bewegung und folglich auch keinen hörbaren Ton hervor;
aber eine Reihe von Stößen, die einander in Zeitabständen

¹⁾ John Tyndall, Die Wärme, S. 573.

folgen, die mit der Schwingungsperiode der Stimmgabel identisch sind, wird die Gabel tönen machen. Ich meine, man müsse die chemische Wirkung des Lichtes auf diese Weise auffassen. Tatsachen und Gründe weisen beide auf den Schluß hin, daß die Ursache, welche die Atome zwingt, sich voneinander zu trennen, in der durch ihren Synchronismus mit den kürzeren Lichtwellen bedingten Aufhäufung von Bewegung in ihnen zu suchen ist.“

Otto N. Witt¹⁾ nimmt in seinem Gedankengange, der von ähnlichen Voraussetzungen ausgeht, weiter an, daß die durch das Licht leicht zerstörbaren Farbstoffe auch noch in besonderem Maße die Fähigkeit haben, die langwelligen Lichtstrahlen in die kurzwelligen ultravioletten Strahlen zu verwandeln. Er vergleicht diese Fähigkeit eines Körpers zur Verwandlung der Lichtenergie mit der Wirkungsweise eines Ruhmkorffschen Induktors oder einer Transformatorstation, die z. B. Drehstrom von 5000 Volt in solchen von 500 Volt verwandelt oder umgekehrt. Die weiteren sehr interessanten Ausführungen lasse ich wörtlich folgen:

„Nur die energischen chemischen Wirkungen, welche wir im allgemeinen bei den blauen, violetten und ultravioletten Strahlen beobachten, machen es wahrscheinlich, daß die Ätherschwingungen sehr kurz sein müssen, um sich auf die Materie zu übertragen. Und so scheint der weitere Schluß nicht ungerechtfertigt, daß diejenigen Farbstoffe, welche mit Hilfe des von ihnen absorbierten Lichtes chemische Wirkungen zustande bringen, dasselbe hinauftransformieren, die Wellenlänge der induzierten Energie verkürzen. Es hat etwas Bestechendes, sich auf solche Weise die gewaltige chemische Arbeit des Chlorophylls, des grünen Farbstoffes der Pflanzen, zu erklären, welches von dem ihm zufließenden Sonnenlicht nur die roten, also die langwelligen Strahlen, absorbiert und für seine chemische Tätigkeit der Bildung von Stärke aus Kohlensäure verwendet.“

Und weiter:

„Unechte Farbstoffe sind ganz einfach solche, welche die absorbierte Energie, sie mögen sie nun „hinauftrans-

¹⁾ Prometheus Nr. 1054, S. 221.

formieren“ oder nicht, benutzen zu chemischer Arbeit. Diese Arbeit übertragen sie mitunter auf andere, mit ihnen vergesellschaftete Verbindungen — wie das Chlorophyll es tut —, wenn sie aber solche Ambosse nicht haben, auf welche sie mit der in ihnen induzierten Energie loshämmern können, dann fallen sie selbst ihr zum Opfer, wie in dem in meiner vorigen Rundschau benutzten Beispiel der Holzhammer, mit dem man auf einen stählernen Amboß schlug und der dabei zersprang. — Es ist charakteristisch und eine wesentliche Stütze meiner hier entwickelten Hypothese über die Wechselwirkungen zwischen Licht und Farbstoff, daß alle unechten, d. h. durch das Licht zerstörbaren Farbstoffe, nicht unbedingt, sondern nur bedingt lichtunecht sind. Das heißt, ihre Lichtempfindlichkeit ist keine immer unter allen Umständen und in immer gleichem Maße sich geltend machende Erscheinung. Jeder Färber weiß, daß manche Farbstoffe nur auf bestimmten Unterlagen, in Verbindung mit gewissen Fasern, unecht sind, auf anderen sich aber als recht lichtecht erweisen; daß bei anderen Farbstoffen wieder die Lichtechtigkeit in hohem Maße abhängig ist von der Beize, welche bei der Färbung zur Befestigung des Farbstoffes auf der Faser verwendet wurde. Es gibt Beizen (z. B. die sog. Ölbeize), welche, für sich allein angewandt, selbst echte Farben lichtempfindlich machen können und daher nur mit anderen Beizen verwendet werden dürfen. Man kann ferner die Färbungen lichtunechter Farbstoffe dadurch lichtecht machen, daß man sie mit Stoffen (z. B. Kupfersalzen) imprägniert, auf welche die chemische Wirkung des Farbstoffes sich überträgt, so daß er selbst von ihr unberührt bleibt.“

Diese geistreiche Hypothese, welche zweifellos sehr viele Tatsachen für sich hat, hat allerdings von einzelnen Forschern Widerspruch erfahren.

Gebhard geht in seinen Darlegungen¹⁾ über „Die Einwirkung des Lichtes auf Teerfarbstoffe“ von der zuerst von Chevreul²⁾ gefundenen Tatsache aus, daß selbst lichtunechte

¹⁾ Dr. Kurt Gebhard, Die Einwirkung des Lichtes auf Teerfarbstoffe, S. 95 u. 253 u. f.

²⁾ Dingers Polytechn. Journal 1837, S. 65.

Färbungen im Vakuum kaum merklich oder gar nicht verschießen. Daraus ist zu folgern, daß das Verschießen auf die Einwirkung des Sauerstoffs zurückzuführen ist, daß es sich also um eine Oxydationswirkung handelt.

Bei den lichtunechten Farbstoffen muß also das Licht gemeinsam mit dem Sauerstoff die Veränderung bewirken. Die Rolle, welche bei dieser Veränderung das Licht spielt, drückt Gebhard mit folgenden Worten aus:

„Seine Wirkung besteht in der Veränderung der Dissoziationsverhältnisse der auf der Faser befindlichen Körper und der dadurch verursachten Änderung der Konzentration der reagierenden Teile oder in der Bildung hydrolytischer Komponenten. Ferner kann es durch seine Schwingungen den Farbstoff in intramolekulare Mitschwingung versetzen, oder durch Aufspaltung gebundener Valenzen ihn in einen reaktionsfähigeren Zustand bringen und so die Vereinigung mit Sauerstoff fördern oder endlich den Zustand des Benzolkernes ändern.“

Die mitgeteilten Theorien erklären zwanglos die Tatsache, daß die Lichtechtheit eines Farbstoffes durch eine Reihe von Faktoren wesentlich beeinflußt wird. In Betracht kommt der ganze Aufbau der Farbstoff-Faserverbindung. Je fester und stabiler die Bindung ist, je besser die reaktionsfähigen Gruppen gebunden sind, um so günstiger ist es für die Lichtechtheit. Von Einfluß ist vor allem die chemische Natur der Faser, weiter die Art der Beize (Ölbeize, Metalloxydbeize), sei es vor oder nach (Nachchromieren, Nachkupfern) der Färboperation, sodann welche Farbstoffe gemischt werden. Manche Farbstoffe sind in Mischung echter als für sich allein.

Wie innig die Wechselwirkung zwischen Farbstoff und Faser, mit der er verbunden ist, geht daraus hervor, daß bei der längeren Belichtung gewisser Färbungen eine erhebliche Faserschwächung eintritt. Dieses trifft z. B. für Gewebe aus pflanzlichen Fasern zu, die mit Dithioalkyl-Thioindigofarbstoffen gefärbt sind. Die Faserschwächung kann vermieden werden, wenn die Gewebe, nachdem sie mit diesen Farbstoffen gefärbt sind, mit Kupfersulfat nachbehandelt werden ¹⁾.

¹⁾ D. R.-P. Nr. 206567, Farbwerke Höchst.

Das beste ist es natürlich, wenn der Farbstoff an sich schon eine gute Lichtechtheit hat. Man steht daher jetzt auf dem Standpunkt, zunächst auf eine gute Lichtechtheit dadurch hinzuarbeiten, daß man die leicht reagierenden Gruppen (OH NH NH₂-Gruppen und bestimmte H-Atome im Kern) durch Substitution und Kondensation mit geeigneten Körpern nach Möglichkeit beseitigt¹⁾.

Wirkung des Lichtes auf die Textilfasern.

Zu den schädlichen abbauenden Wirkungen des Lichtes gehört auch die Wirkung auf die Textilfasern. Die Frage, in welcher Weise das Licht auf die verschiedenen Textilfasern, die animalischen und vegetabilischen, wirkt, ist neuerdings wieder Gegenstand eingehender Versuche, namentlich auch seitens der Forschungsinstitute, gewesen ²⁾. Es hat sich dabei herausgestellt, daß von den verschiedenen Cellulosefasern die Baumwollfaser ganz besonders empfindlich gegen ultraviolette Strahlen ist.

Als Endprodukt entsteht dann bei der Baumwolle unter dem Einfluß des Lichtes durch Sauerstoffaufnahme Oxycellulose, über deren Eigenschaft hier zunächst einiges vorausgeschickt werden soll.

Die Oxycellulose entsteht durch Einwirkung von Oxydationsmitteln (Salpetersäure, Chlorkalk, chromsaure und chlor-saure Salze usw.) auf Cellulose und auf aus Cellulose bestehende (Baumwollgewebe) oder Cellulose enthaltende (Mischgewebe) Gewebe. Sie bildet sich oder kann sich wenigstens bilden während der Arbeitsvorgänge, die der Veredlung von Baumwollstoffen dienen und bei denen Oxydationsvorgänge sich abspielen, so z. B. bei der Bleicherei (Chlorkalk) oder in der Druckerei und Färberei, wenn zur Bildung oder zum Ätzen von Farbstoffen (Indigöartzartikel, Anilinschwarz) Oxydationsmittel zur Anwendung gelangen.

Die Oxycellulose bildet sich aber auch schon durch die Einwirkung der Sauerstoffe der Luft, wenn die Baumwollgewebe längere Zeit gleichzeitig dem Einfluß starker Lichtstrahlen ausgesetzt sind.

¹⁾ Dr. Kurt Gebhard, Färberzeitung 1911, Heft 6, S. 111.

²⁾ P. Waentig, Über den Einfluß des Lichtes auf Textilfasern. Zeitschr. f. angew. Chemie 1923, S. 357.

Die Eigenschaften und die Bedeutung der Oxycellulose für die Veredlung aller cellulosehaltigen Stoffe ist schon im Jahre 1883 von Witz entdeckt und erkannt worden ¹⁾.

Die Oxycellulose hat im Vergleich zur Cellulose, diesem wunderbaren Baumaterial zum Aufbau des Pflanzenleibes, sehr üble Eigenschaften. Die Oxycellulose wird schon durch eine verdünnte Lösung heißer Seife oder Soda zum Teil gelöst. Baumwollgewebe, die Oxycellulose in größerer Menge enthalten, werden daher durch Behandlung mit heißer Seife oder Soda stark geschwächt oder gar morsch, während sonst die Festigkeit der Baumwollgewebe durch heiße Seifen- oder Sodabäder überhaupt nicht leidet.

Ferner hat die Oxycellulose zu einer ganzen Reihe von Farbstoffen eine viel stärkere chemische Verwandtschaft als die Cellulose. Werden nun oxycellulosehaltige Baumwollgewebe mit Beizen oder Dampffarben bedruckt und nachher gefärbt und geseift, so färben sich in den Färbe- und Seifebädern auch die Stellen des bedruckten Gewebes, die weiß bleiben sollen und bei oxycellulosefreien Geweben auch weiß bleiben würden, mehr oder weniger stark ein, ein Umstand, der natürlich für Druckartikel, von denen man ein blendendes Weiß der unbedruckten Stellen verlangt, sehr nachteilig ist.

Auf die Punkte, auf welche bei der Herstellung von Baumwollgeweben zu achten ist, um Oxycellulosebildung zu vermeiden, habe ich in meinen Veröffentlichungen wiederholt hingewiesen ²⁾.

Hier sei nur kurz auf die Punkte aufmerksam gemacht, die man beachten muß, um Oxycellulosebildung durch das Licht zu vermeiden. Derartige Wirkungen des Lichtes können sowohl während des Bleichprozesses als auch während des Lagerns der Gewebe eintreten. Um die schädlichen Wirkungen des Lichtes auszuschließen, muß man zum mindesten das Eindringen des direkten Sonnenlichtes durch Vorhänge oder farbige Verglasung der Fenster der in Frage kommenden Räume verhindern.

Eine Regel, die man beachten sollte, ist ferner die, daß Fenstervorhänge, die längere Zeit, sei es in Fabrikräumen oder Privathäusern benutzt worden sind und infolge ihrer Bestimmung

¹⁾ Wagners Jahresberichte 1883, S. 1068 u. f.

²⁾ W. Elbers, Bedienung der Arbeitsmaschinen, S. 6, 109, 111, 122, 167.

dem Lichte ausgesetzt werden mußten, nicht zu heiß gewaschen und geseift werden sollen, um diese Stoffe in solchen Fällen trotz des unvermeidlichen Gehalts an Oxycellulose möglichst lange verwendungsfähig zu erhalten.

D. Nützliche abbauende Arbeit des Lichtes.

Nicht immer ist die abbauende Tätigkeit des Lichtes ein Nachteil; sie ist von Vorteil, wenn es sich um Beseitigung gewisser Stoffe handelt, so die organische Materie, welche infolge ihrer teilweisen Zersetzung und Verunreinigung mit anderen Stoffen für unsere Zwecke nicht mehr brauchbar ist und beseitigt werden muß. An und für sich wollen wir ja bestrebt sein, die Abfallstoffe ebenso wie die Abfallkräfte für irgendwelche Zwecke unseren wirtschaftlichen Aufgaben nutzbar zu machen. So z. B. nutzen wir jetzt den Straßenkehrriech durch Vergasung der organischen Materie und Verwendung des gewonnenen Gases zu Heizzwecken oder zur Erzeugung von Elektrizität aus. Es gibt aber Abfallstoffe, die sich infolge ihrer geringen Konzentration oder ihres geringen Gehaltes an einer zu großen Reihe schwer trennbarer Stoffe nicht gut verwerten lassen, wie z. B. auch die Abgänge der Kläranlage der Textilfabriken. Wenn diese den Flußläufen zugeführt werden, so ist es das günstigste, wenn es dem Flusse gelingt, dieser Verunreinigung Herr zu werden. Diese in vielen Fällen tatsächlich vorhandene Leistung des Flusses, die besonders von Pettenkofer als solche erkannt ist, nennt man die Selbstreinigung der Flüsse¹⁾. Bei dieser auch für die Abwässer der Textilindustrie so wichtigen Arbeit spielt, abgesehen von der Sedimentierung, die Hauptrolle der Sauerstoff der Luft und das Sonnenlicht. Dieses bewirkt, namentlich auch durch den Gehalt an ultravioletten Strahlen, die Vernichtung pathogener Bakterien und vermittelt den Abbau organischer Substanz. Mit diesem Abbau geht gleichzeitig ein Aufbau organischer Materie, nämlich die Bildung von Chlorophyll, Cellulose und sonstiger Pflanzensubstanz in Form von Algen, Entengrütze usw. Hand in Hand.

* * * *

¹⁾ W. Elbers, Die Aufgaben und die Bedeutung des Wassers in der Baumwolltextilindustrie. Färberzeitung 1918, Heft 21—24.

Photogravur. In ähnlicher Weise wird die zersetzende Tätigkeit des Lichtes bei einer Leistung nutzbar gemacht, die im täglichen Leben und in allen Gewerbe- und Industriezweigen eine außerordentliche Rolle spielt: die Photographie. Eine der sinnfälligsten Reaktionen ist wohl die Einwirkung des Lichtes auf die Silbersalze. Die ersten Studien über die rasche Vergänglichkeit der Farbstoffe am Licht macht jeder junge Student der Chemie, wenn er die Reaktionen der Chlorwasserstoffsäure oder der Silbersalze im Laboratorium sich vorführen muß. Wenigstens entsinne ich mich noch lebhaft eines gewissen Bedauerns, als ich zum erstenmal den beim Zusammenbringen von Silbernitrat und Salzsäure entstehenden käsigen, prachtvoll weiß gefärbten Niederschlag von Chlorsilber in kurzer Zeit so unansehnlich grau werden sah.

Aber gerade diese rasche Zersetzlichkeit gewisser Salze (Silbersalze, Chromsalze) ist ja die Grundlage für die ungeheuren Dienste, welche das Licht durch die Photographie uns leistet. Auch in der Baumwolltextilindustrie hat die Photographie neuerdings eine wichtige Aufgabe zu erfüllen in dem Photogravurverfahren.

Das Photogravurverfahren ist vor mehr als 20 Jahren in seinen Grundzügen von Rolffs ausgearbeitet und durch Dr. Mertens-Freiburg¹⁾ zu seinem heutigen Stande vervollkommenet worden. Ich habe einige Jahre nach diesem Verfahren gearbeitet und mir so ein praktisches Urteil über die Verwendungsfähigkeit des Verfahrens bilden können.

Zunächst seien hier noch einmal kurz die Grundzüge des Verfahrens wiedergegeben. Das Photogravurverfahren zerfällt in zwei Hauptabschnitte:

1. Die Herstellung des Films auf photographischem Wege.
2. Die Übertragung der auf dem Film wiedergegebenen Zeichnung, ebenfalls auf photographischem Wege, auf die Kupferwalze und sodann Einätzen derselben.

1. Die Herstellung des dem zu gravierenden Muster entsprechenden Films erfolgt in der Weise, daß zunächst das wiederzugebende Muster auf darüber gelegtes Celluloidpapier

¹⁾ Färberzeitung 1910, S. 277.

durchgepaust und, wenn es sich um Tiefgravur handelt, auf diesem weiß ausgezogen wird. Für sich regelmäßig wiederholende Figuren oder Zeichenelemente, wie Hachuren, Pikots usw., können weiß ausgezogene Schablonen in geeigneter Weise verwendet werden. Die fertige Weißpause wird schwarz hintermalt oder hinterklebt und durch den Photographieapparat auf den Film übertragen, der als lichtempfindlicher Film sich zunächst auf der Glasplatte des Apparates befindet. Die photographische Übertragung von der Lichtpause auf den Film wird dabei so eingerichtet, daß das auf dem Film erzeugte Bild genau in der Größe erscheint, wie es der Walzenumfang der zur Gravur in Aussicht genommenen Kupferwalze erfordert. Wiederholt sich das Muster mehrere Male nicht nur in der Länge, sondern auch auf dem Umfang der Walze, so wird das Bild nach Weiterschaltung, so oft es der Walzenumfang der vorgesehenen Kupferwalze erfordert, photographisch auf den Film übertragen. Nach Fertigstellung bildet der Film dann einen fortlaufenden, mit dem Muster bedeckten Streifen, dessen Länge genau dem Walzenumfang der zu gravierenden Walze gleichkommt. Der entwickelte Filmstreifen wird noch verstärkt und ist dann zur Übertragung der Zeichnung auf die Kupferwalze behufs Herstellung der Gravur geeignet.

* * * *

Die Herstellung des Films kann man in Parallele stellen einerseits mit der Arbeit des Molettengraveurs, denn auch bei der Molettengravur handelt es sich um die Herstellung eines Hilfswerkzeuges, einer Hilfswalze. Bei der Herstellung des als Hilfswerkzeug dienenden Films tritt der Zeichner und Photograph an Stelle des Molettengraveurs. In gewisser Beziehung noch näher als das Verfahren der Molettengravur steht dem Photogravurverfahren das Verfahren der Gravur mit dem Pantographen. Bei der als Werkzeug für den Pantographen dienenden Hilfsplatte ist der Plattenstecher nicht so sehr an die genaue Tiefe des einzelnen Schnittes gebunden wie der Molettengraveur, denn die Tiefe des Schnittes braucht nur so groß zu sein, daß der Führungsstift des Pantographen leicht und sicher zu führen ist. Es handelt sich also bei der Herstellung der Hilfsplatte im wesentlichen auch um eine zeich-

nerische Leistung. Einfacher aber als beide vorbereitenden Arbeiten, einfacher als die Herstellung von Hilfswalze und Hilfsplatte, ist, wenigstens was handtechnische Fertigkeit betrifft, die Herstellung des Films in der Photogravur.

2. Übertragung der Gravur auf die Kupferwalze. Das gleiche gilt von der im zweiten Teil des Photogravurverfahrens erfolgenden Übertragung der Filmzeichnung auf die Kupferwalze, um die Gravur zu bewirken. Hier leistet die Hauptarbeit das Licht, welches wir in unseren Dienst stellen. Der Vorgang ist in seinen wesentlichen Zügen der folgende: Der Film wird um die zu gravierende Kupferwalze gelegt, welche zuvor mit einer dünnen Schicht lichtempfindlicher Chromgelatine überzogen worden ist. Die Arbeiten erfolgen in einem Raum, dessen Fenster aus gelbem Glase bestehen, so daß nur gelbe Lichtstrahlen einfallen, die die Chromgelatine nicht zu zersetzen vermögen.

Da der Walzenumfang dem Musterrapport genau entspricht, so ist die Länge des mit dem Muster bedeckten Films genau gleich dem Walzenumfang. Beim Herumlegen um die Walze stoßen daher die beiden Filmenden aneinander. Kleine Differenzen gleicht man durch kleine technische Kunstgriffe (Erwärmen mit der Hand usw.) aus. Nachdem der nicht von dem Film bedeckte Teil der Walze mit einer schwarzen, lichtundurchlässigen Hülle bekleidet ist, erfolgt die Belichtung der Walze mit einer starken künstlichen Lichtquelle (Bogenlampe), während die Walze in langsame Umdrehung versetzt wird. Durch die Belichtung wird an den Stellen der Walze, an denen das Licht nicht durch die auf dem Film befindliche Zeichnung zurückgehalten wird, die Chromgelatine infolge der durch das Licht bewirkten Umwandlung von Chromsäure in Chromoxyd unlöslich, so daß die entstandene unlösliche Verbindung von Chromoxyd und Gelatine von diesen Stellen später durch Waschen nicht entfernt werden kann. Bevor dieses geschieht, erfolgt die weitere Behandlung der Walze in der Weise, daß auch ihre übrigen Teile, nachdem der Film unter Beachtung der gleichen Vorsichtsmaßregeln entsprechend verschoben ist, belichtet werden. Nach beendeter Belichtung ist dann an allen Stellen, an welchen der Film für das Licht durchlässig war, die Chromoxydgelatine unlöslich fixiert, während an den

Stellen des Films, auf denen sich die das Muster ausmachende dunkle Zeichnung befindet, die Chromsäuregelatine noch unverändert ist. Von diesen letzteren Stellen wird die Chromsäuregelatine jetzt abgewaschen, die Walze wird getrocknet und in einem Bade von Salpetersäure oder basischem Eisenchlorid so lange geätzt, bis die Stellen der Walze, auf welchen sich keine unlösliche Chromoxydgelatine befindet, die gewünschte Tiefe aufweisen.

Auf diese Weise haben wir es also mit Hilfe des Lichtes erreicht, daß die auf dem ursprünglichen Celluloidpapier weiß gezeichneten Partien auf der Walze bei der Belichtung ausgespart und so, im Gegensatz zu den anderen Partien der Walze, für die Ätzung freigegeben werden. Dies gilt natürlich nur für Tiefgravur; bei Hochdruck und Reliefgravur würden umgekehrt auf dem Celluloidpapier die Partien, welche drucken sollen, schwarz und die übrigen weiß zu malen sein.

Die Einzelheiten des Verfahrens und namentlich die vielen Schwierigkeiten, welche bei der Ausführung zu überwinden sind, können natürlich hier nicht wiedergegeben werden.

Das Verfahren ist heute schon auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit gebracht und ist überall da, wo es sich um schwierigere, große Objekte handelt, entschieden billiger als die älteren Gravurverfahren. Die Schwierigkeiten der Kriegszeit haben indes die allgemeinere Verbreitung verhindert.

* * * * *

Die Ergebnisse der Photographie in natürlichen Farben, welche besonders in dem Verfahren der Gebr. Lumière¹⁾ zum Ausdruck kommen, haben zu sehr interessanten Versuchen geführt, namentlich zu dem Versuche, die Dreifarbenphotographie, welche auf der Zerlegung des Lichtes in seine drei Grundfarben Gelb, Rot und Blau beruht, in der Photogravur anzuwenden und auf diese Weise nicht nur die Gravur der einzelnen Walze einfacher zu gestalten, wie dieses bei der gewöhnlichen Photogravur schon der Fall ist, sondern auch durch den auf der Dreifarbenphotogravur beruhenden Dreifarbendruck bei bunten Mustern an Zahl der Walzen erheblich zu sparen und auf diese einfache Weise durch den Druck mit drei Farben

¹⁾ L. Graetz, Das Licht und die Farben, S. 115.

Muster herzustellen, zu deren Druck sonst unter Umständen 10 bis 12 Walzen erforderlich sein würden. Die Herstellung der Walzen für den Dreifarbendruck nach dem Photogravurverfahren lehnt sich ganz an die vorher beschriebene Methode an. Nur wird bei der Herstellung der Filme das von dem wiederzugebenden Muster oder Objekt ausgehende Licht durch verschiedene Farbfilter geleitet, so daß nur die durchlassenen, nicht absorbierten Lichtstrahlen die lichtempfindliche Platte zu beeinflussen vermögen. Für die Herstellung der drei Grundfarbfilme kommen drei entsprechende Lichtfilter zur Verwendung, für die Herstellung des zur roten Walze gehörigen Films ein rotes Lichtfilter, für die Herstellung der zur gelben und blauen Walze gehörigen Filme je ein gelbes und blaues Lichtfilter.

So interessant das Verfahren an sich ist, so sind doch die praktischen Ergebnisse, die bisher veröffentlicht sind, noch nicht befriedigend¹⁾. Es ist auch zweifelhaft, ob bei bunten, reichen Mustern der Dreifarbendruck einen vollwertigen Ersatz für den bisher üblichen Buntdruck mit vielen Walzen bilden kann, bei dem ja bisher für die wichtigsten Farbtöne jedesmal besondere Walzen graviert und die Zwischentöne dann durch Überfälle erzeugt werden. Es ist dieses zweifelhaft, einmal, weil es schwer hält, für das ausstrahlende Objekt, sei es, daß es sich um Naturprodukte (Blumen) oder eine gemalte Zeichnung handelt, für diese Objekte oder die Zeichnung, sowie endlich für die Farbfilter Farbstoffe zu finden, die allen Ansprüchen nach dieser Richtung hin genügen. Diese selektive Absorption der Filter ist nicht so vollständig, wie dieses der vorliegende Zweck verlangt; außerdem müssen dann rote, gelbe und blaue Farbstoffe gefunden werden, die den Farbstoffen der Farbfilter unbedingt entsprechen und dann nachher auch beim Drucken allen Anforderungen genügen; und wenn dieses wirklich in bezug auf das optische Verhalten der Fall sein sollte, so ist es doch noch sehr fraglich, ob die erforderlichen Echtheitseigenschaften vorhanden sind, und wenn dieses wieder zutrifft, ob eine Mischung der roten, gelben und blauen Druckfarbe, wie diese durch die Überfälle bedingt ist, mit Rücksicht auf die chemische

¹⁾ M. Witwizki, Über die Reproduktions- und Dreifarbenphotographie im Kattundruck. Zeitschr. f. Farben- u. Textil-Chemie 1904, S. 241.

Natur und die physikalischen Eigenschaften der Farbstoffe zugänglich ist. Alle diese Forderungen zu erfüllen, wird gewiß nicht leicht sein (vgl. S. 33).

Ausbleichverfahren. Bei allen diesen Verfahren, sei es Photographie, sei es Photogravur, handelt es sich um die rasche Zersetzbarkeit einer Reihe von lichtempfindlichen Körpern durch die Einwirkung des Lichtes. Es gibt aber auch ein Verfahren, welches zwar nicht für den Zeugdruck, wohl aber für die Photographie in natürlichen Farben in Betracht kommt und welches auf der raschen Zersetzbarkeit von Farbstoffen beruht. Es ist das Verfahren Becquerel-Neuhaus. Es sei dieses hier in diesem Zusammenhange kurz erwähnt, weil es uns so recht vor Augen führt, wie wir, je nachdem, bald Farbstoffe suchen, die gegen das Licht möglichst beständig sind, bald solche, die möglichst rasch von ihm zersetzt werden.

Das Becquerel-Neuhausche Verfahren beruht nun darauf, daß die organischen Farbstoffe in einem Lichte ausbleichen, dessen Farbe von ihrer eigenen verschieden ist, während sie aber in farbigem Lichte von ihrer eigenen Färbung beständig sind. Bestreut man daher Papier, natürlich unter Beachtung der erforderlichen technischen Vorsichtsmaßregeln, mit Gemischen von lichtempfindlichen Farbstoffen in den drei Grundfarben und belichtet dieselben mit farbigen Bildern, so entsteht allmählich ein annähernd richtiges Abbild. Interessant ist dabei, daß die Lichtempfindlichkeit vieler Farbstoffe sich durch gewisse (später wieder zu entfernende) Zusätze sehr steigern läßt. Diese Sensibilatoren üben also die entgegengesetzte Wirkung aus, die wir bei unseren Färbungen durch Behandlung mit Metallsalzen, z. B. Kupfer, erzielen wollen und auch tatsächlich erreichen.

* * * *

In der Analyse besteht die Bedeutung des Lichtes zunächst darin, daß die Wirkung der meisten Reaktionen uns durch das Auge vermittelt wird, indem wir das Charakteristische in Aussehen und Farbe der Körper und Niederschläge erkennen. Weiter dienen die von glühenden Körpern ausgesandten Strahlen zur Feststellung ihrer chemischen Natur mit Hilfe der Spektralanalyse. Ebenso geben die Absorptionsspektren (z. B.

bei Hochöfen) sehr häufig uns wertvolle analytische Aufschlüsse. Auf dem Gebiete der quantitativen Analyse sind die Titrations mit Indikatoren, ferner die kolorimetrischen Methoden, die sich auf der Intensität des Farbtones aufbauen, Arbeitsweisen, die dem Lichte ihr Dasein verdanken und in der quantitativen Analyse einen breiten Raum einnehmen. Auch auf die koloristische Prüfung der Farbstoffe muß in diesem Zusammenhange hingewiesen werden.

III. Bedeutung des Lichtes auf physiologischem Gebiete.

Bei der Bedeutung der hygienischen Fragen für den Industriellen rechtfertigen sich die nachfolgenden Ausführungen. Gerade wie zum Gedeihen der Pflanze, so ist auch zum Gedeihen des Menschen das Licht ein außerordentlich wichtiger Faktor in physiologischer und psychologischer Hinsicht. Rubener¹⁾ sagt hierzu folgendes:

„Das Licht ist von einer gewaltigen Einwirkung auf unsere Psyche. Ein klarer, sonnenheller Tag stimmt uns heiter und freudig, er spornt zur Arbeit an, läßt entgegenstehende Schwierigkeiten leichter überwinden. Man fühlt sich aufgemuntert, im Freien sich zu ergehen, die frische Luft zu schöpfen, und mit der Lust an der Bewegung nimmt auch die Eßlust zu. Der Sonnenschein verklärt den düsteren Eindruck der Wintertage und gilt uns als der Vorbote des Wiedererwachens der Natur.

Bei bedecktem Himmel liegen über allem die blauen, grauen Töne, die uns unbewußt herabstimmen, Eßlust und Bewegungslust sinken lassen. Lichtmangel wirkt einschläfernd. Bei Kindern, Kranken und besonders bei nervösen Leuten treten diese Wirkungen in verstärktem Maße hervor. Sonnenschein und Sonnenmangel durchdringen in ihrer Wirkung unser ganzes Wesen. Rot und Gelb, die vorwiegenden Farben des Sonnenlichtes, erwecken in uns den Eindruck des Behaglichen, blaue Töne, die Farbe des Dämmerlichtes, den Eindruck des Kalten, Unbehaglichen.

Einen direkten Einfluß auf den Stoffwechsel kann man dagegen der Lichtfülle oder dem Lichtmangel nicht zu-

¹⁾ v. Leyden, Handbuch der physikalischen Therapie. Goldscheider-Jacob I, 1, S. 61.

schreiben; aber durch die psychischen Einflüsse wird eben doch der Sonnenschein und Sonnenmangel zu einem ungeheuer wichtigen Einfluß auf die Ernährung, speziell in klimatotherapeutischer Hinsicht.“

Einen weiteren Beweis für die Wertschätzung, deren sich das Licht in medizinischen Kreisen als Heilfaktor erfreut, bietet die immer mehr zunehmende Anwendung der Lichtbäder. Auf der anderen Seite kann natürlich auch ein Übermaß von Licht schädliche Wirkungen hervorrufen; es sei nur an die Erscheinungen des Sonnenstiches und des Gletscherbrandes erinnert. Ein Zuviel ist natürlich auch hier von Nachteil.

Besonders sind es die ultravioletten Strahlen, welche nachteilige Wirkungen auf unseren Organismus ausüben können. Ich möchte noch zwei interessante Zitate aus der von mir durchgesehenen Literatur hier anführen, einmal über die Tatsache, daß der Reichtum an ultravioletten Strahlen bei der Sommersonne erheblich größer als im Winter ist. Ludwig Aschoff¹⁾ sagt mit Bezug hierauf in seinem in der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg über die „Wirkungen des Sonnenlichtes auf den Menschen“ gehaltenen Vortrage:

„Je höher die Temperatur einer Flamme ist, um so reicher pflegt sie an ultravioletten Strahlen zu sein und bei der gewaltigen Temperatur, die wir dem Sonnenball zuschreiben müssen, wäre zu erwarten, daß nicht nur eine sehr reichliche Menge von Wärmestrahlen, sondern auch eine gewaltige Menge der schädlichen ultravioletten Strahlen die Erdoberfläche erreicht. Indessen wird ein sehr großer Teil der ultravioletten Strahlen durch die atmosphärische Hülle, welche unseren Erdball umgibt, absorbiert und nur ein kleiner Bruchteil gelangt gewöhnlich bis zur Erdoberfläche. Je niedriger die Sonne steht, um so größer ist natürlich der Weg, den diese Strahlen durch die Atmosphäre zurückzulegen haben, um so größer daher auch die Absorption, und so erklärt sich auch die vorwiegende Rotfärbung der Sonnenscheibe bei Aufgang und Niedergang des Gestirnes. Je höher dagegen die Sonne steht, um so

¹⁾ Ludwig Aschoff, Wirkungen des Sonnenlichtes auf den Menschen, S. 8 u. 9.

kürzer der Weg, um so mehr werden die Strahlen die Erdoberfläche an einem bestimmten Punkte erreichen. Da nun für uns die Sonne im Sommer am höchsten steht, so ist es auch begreiflich, daß wir im Sommer viel mehr ultraviolette Strahlen im Sonnenlicht empfangen.“

Es ist wohl kein Zweifel, daß die Frühjahrsmüdigkeit zum Teil auf den größeren Reichtum der Frühjahrs-sonne an ultravioletten Strahlen zurückzuführen ist. Weiter seien hier noch die interessanten Mitteilungen desselben Autors über die Art angeführt, wie sich die Anpassung der Haut des Menschen gegenüber dem Einfluß der ultravioletten Strahlen vollzieht.

„Wie nun im einzelnen diese ultravioletten Strahlen die eigenartigen Veränderungen der Haut bewirken, läßt sich natürlich nur an anatomischen Substraten genauer verfolgen. Die regelmäßig eintretende Veränderung, die wir ja auch an uns selbst während der Sommermonate bemerken können, ist die stärkere Zunahme der Hautfarbe. Wir werden zwar im Gegensatz zu den gefärbten Rassen als die weiße Rasse bezeichnet, in Wirklichkeit ist aber unsere Haut, wenn auch sehr schwach, gefärbt, und zwar durch ein ganz ähnliches Pigment, wie es sich bei den gefärbten Rassen nur in viel stärkerer Ausbreitung findet. Dieses Pigment ist in Gestalt allerfeinster, nur bei ganz starker mikroskopischer Vergrößerung sichtbarer Körnchen in die unteren Zellreihen der sogenannten Epithelschicht der Haut eingelagert, und es ist bemerkenswert, daß dieses Pigment förmliche kleine, die Kerne der Zellen kuppenförmig bedeckende Halbmonde bildet, so daß man den Eindruck gewinnt, als wenn ein förmliches Schutzdach gegen die Sonnenstrahlen durch die Haut hindurch ausgespannt wäre. Außerdem finden sich in der menschlichen Haut, in der sogenannten Bindegewebschicht, noch vereinzelte stark verästelte Zellen, welche ebenfalls in ihrem Zelleib und seinen Ausläufern zahlreiche feine, gelbe Pigmentkörper tragen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die pigmentierten Epithelzellen in das anliegende Bindegewebe einwandern und dort zu diesen Pigmentzellen, den sogenannten Chromatophoren, werden. Unter dem Einfluß des ultravioletten Lichtes vermehrt sich nun nicht nur die Masse der Pigmentkörnchen

in den epithelualen Zellen, sondern es findet auch eine Vermehrung der Chromatophoren im Bindegewebe statt. Welche Bedeutung diese Pigmentvermehrung hat, ist nicht ohne weiteres zu entscheiden, jedoch sprechen viele Umstände dafür, daß es sich um eine Art Schutzstoffe gegen die Einwirkung des ultravioletten Lichtes handelt, indem dasselbe von den gefärbten Körnchen aufgefangen und in irgend einer Weise verarbeitet wird. Daß in der Tat dem Pigment eine derartige Wirkung zukommt, geht daraus hervor, daß die mit Sommersprossen behafteten Personen bei Gletschertouren nur dort eine Entzündung der Haut bekommen, wo sich keine Sommersprossen befinden. Die Sommersprossen selbst sind aber nichts anderes als eine stärkere Anhäufung von Pigment in den Epithelzellen und eine besondere Anhäufung von Chromatophoren. Es handelt sich förmlich um die Einlagerung kleiner Pigmentschilde in die Haut, welche nun die darunter liegenden Gewebe vor der Einwirkung der ultravioletten Strahlen geschützt haben. Wenn also unsere Haut im Sommer dunkelt und die Sommersprossen stärker hervortreten, so müssen wir das als eine Art Schutzreaktion des Körpers nur dankbar begrüßen.“

Die hervorragende Bedeutung des Lichtes auf medizinischem und hygienischem Gebiete kommt ja auch immer mehr in der steigenden Verwendung der Lichttherapie, der künstlichen Höhensonne (mit Quarzlampe) usw. zum Ausdruck.

Auch die Bedeutung der Röntgenstrahlen auf medizinischem Gebiet sei hier, obwohl es sich bei den Röntgenstrahlen nicht um optische Strahlen handelt, in diesem Zusammenhange kurz gestreift.

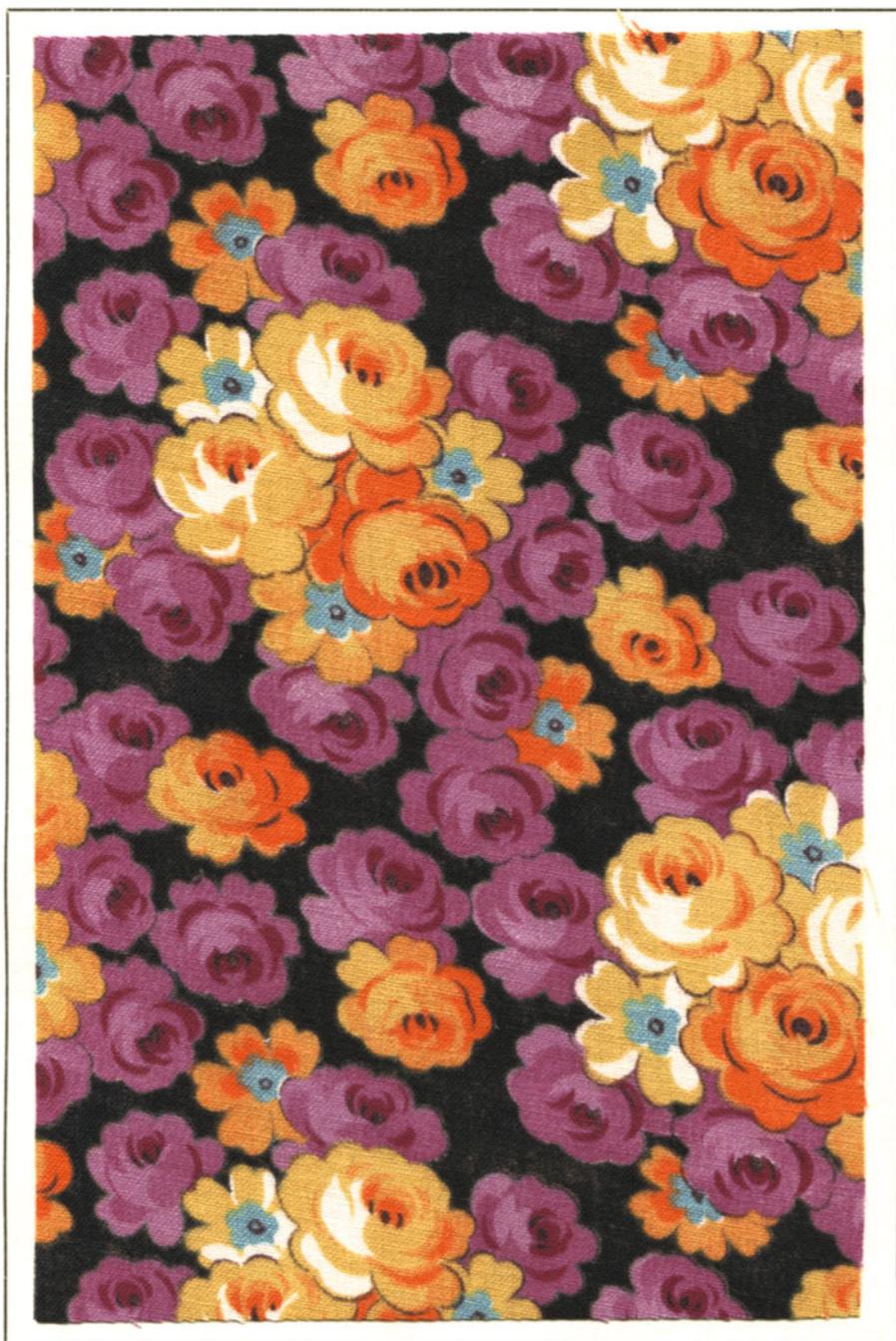
* * * *

Die hervorragende Wichtigkeit, welche das Licht für Gesundheit und Leben des Menschen hat, legt dem Industriellen die Verpflichtung auf, dafür zu sorgen, daß neben der Luft auch dem Sonnenlicht, dem Licht-, Energie- und Wärmespender, Zugang zu den Arbeits- und Wohnstätten der in der Industrie tätigen Personen ermöglicht wird.

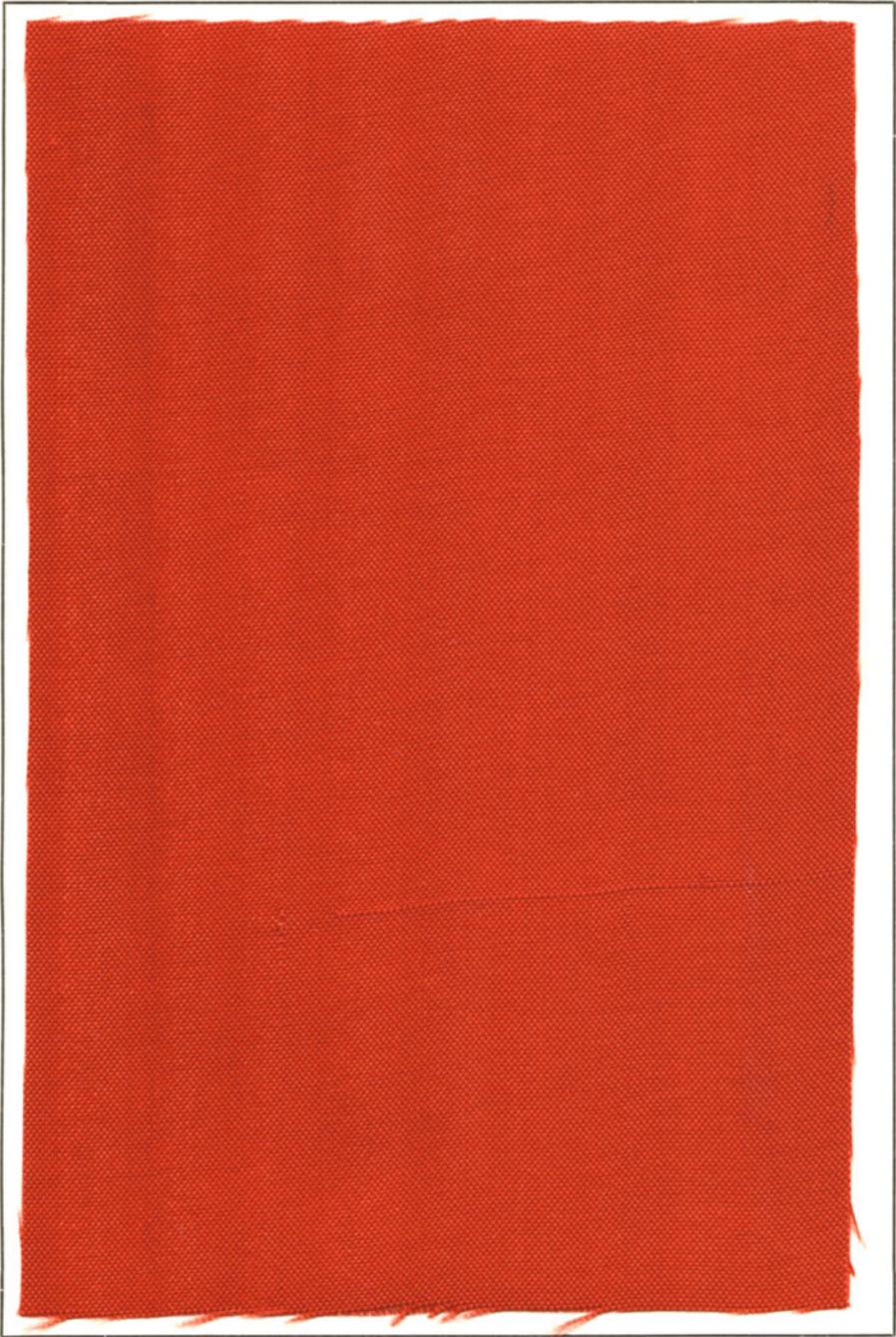
In den Fabriken der Textilindustrie ist diese Forderung für die meisten Räume selbstverständlich, da die gute Sichtbarkeit des Arbeitsproduktes während der Arbeit die Vorbedingung für eine gute Fabrikation ist. Wer aber in die Lage kommt, nicht nur Bauten, welche als Arbeitsstätten in Betracht kommen, sondern auch Arbeiterwohnhäuser zu errichten, der sollte auf den Bau dunkler Mietskasernen verzichten und durch den Bau gesunder Häuser und, wenn es geht, Einfamilienwohnungen dem segenspendenden Licht möglichst freien Zutritt auch zu der einfachen Stube des Arbeiters verschaffen.

Stoff-Tafeln

Die auf den Tafeln veranschaulichten Stoffe sind sämtlich in dem vom Verfasser geleiteten Betriebe der Firma Gebrüder Elbers, Aktiengesellschaft, zu Hagen i. Westf. gedruckt und fertiggestellt worden.



Baumwollgewebe in Leinwandbindung.



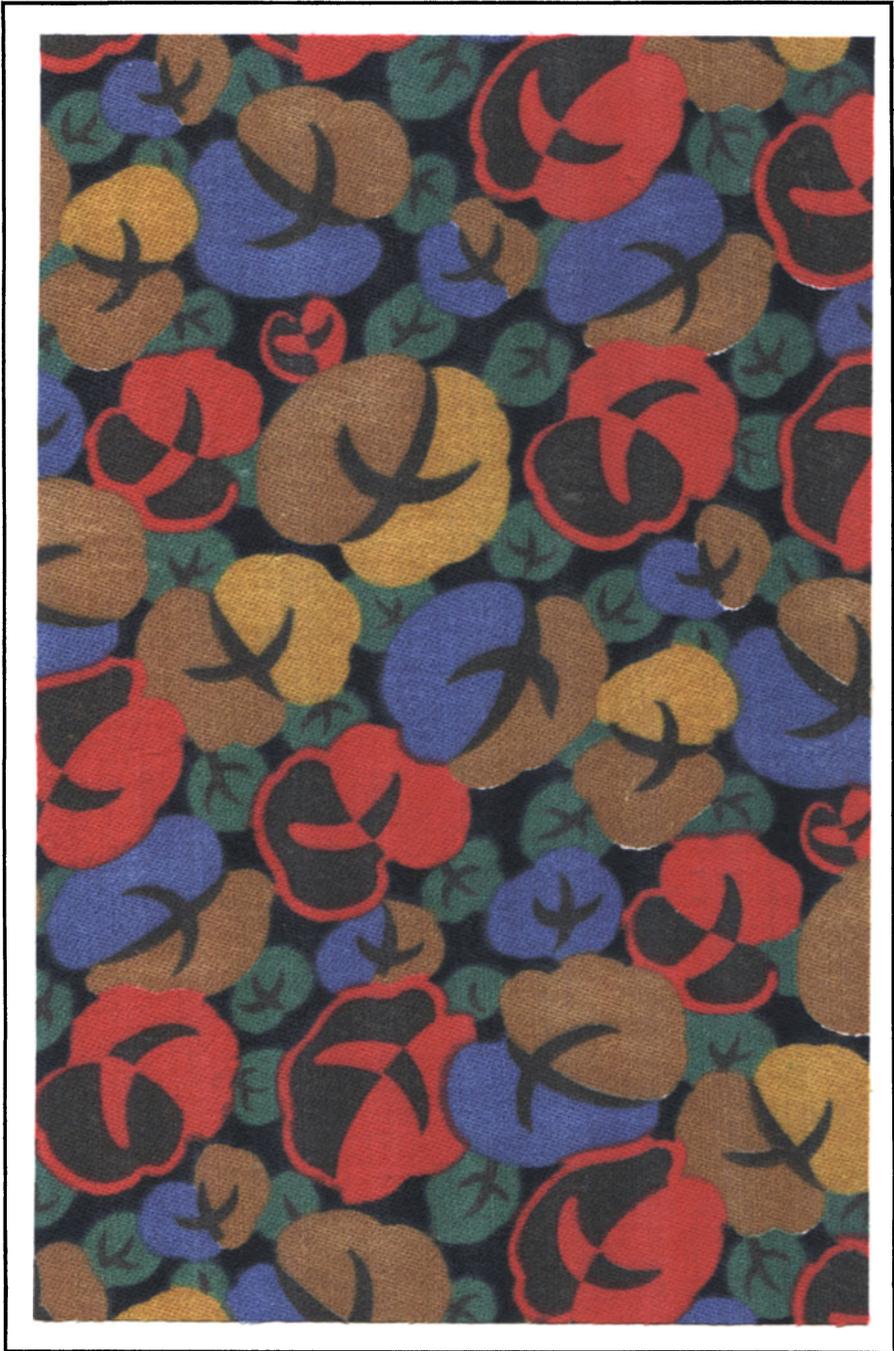
Gewebe aus Kunstseide.



Fassoniertes Baumwollgewebe.



Baumwollnes Samtgewebe.



Baumwollsatingewebe
gefnisht.