

# **Die physikalischen Grundlagen der Körperfarben.**

Von

**Prof. Dr. Adolf Stiegler.**

---

Vortrag, gehalten am 8. Jänner 1936.



Ich möchte daran erinnern, daß es Wahrnehmungen, bzw. Wahrnehmungsvorstellungen mittels unserer Sinne sind, die uns die Kenntnis unserer Umwelt vermitteln. Als Naturforscher nehmen wir sie als gegeben hin und bauen mit ihnen unsere Welt in Raum und Zeit auf. Sinneseindrücke, bzw. Empfindungen sind es also, die an Stelle der Dinge treten, die wir an sich nicht kennen.

Eine bevorzugte Rolle unter all den Empfindungen, die uns zur Verfügung stehen, nehmen die Empfindungen ein, die uns unser Auge vermittelt: die Farben. Eigentlich ist der Inhalt des Gesichtsfeldes eines Auges eine Mannigfaltigkeit von bunten und unbunten Farbflecken, die stetig oder unstetig ineinander übergehen.

Wir können demnach behaupten, daß diese Empfindung der Farbe, die wir Sehen nennen, eine rein subjektive psychologische Angelegenheit ist, die aber, wie wir wissen, immer durch ein objektives physikalisches Geschehen, einen Reiz, ausgelöst wird. Wir wissen, daß für das Sehen das Licht dieser Reiz ist, wir wissen auch, daß es, je nach den Entstehungsbedingungen dieses Lichtes, Farben ganz verschiedener physikalischer Natur gibt, die wir als Spektralfarben, Interferenzfarben, Farben dünner Blättchen, Oberflächenfarben, Farben trüber Medien, Farben der Farbstofflösungen, Körperfarben usw. bezeichnen.

Betrachten wir vorläufig aber einmal die einfache Farbempfindung, ohne uns zuerst um die physikalische Seite ihrer Entstehung zu kümmern. Als erstes fällt uns die Tatsache auf, daß es unendlich viele verschiedene Farben gibt. Wollen wir aber in diese Welt der Farbe Ordnung bringen, so tritt uns die Erfahrungstatsache entgegen, daß sich jede Farbe durch drei für sie konstante Bestimmungsstücke festlegen läßt. Helmholtz wählte den Farbton, die Sättigung und die Helligkeit. Es war ja nicht unbedingt erforderlich, gerade diese drei Bestimmungsstücke als Konstanten der Farbe zugrunde zu legen. Aber diese Wahl Helmholtz' hat sich bis heute bewährt und hat die Möglichkeit geboten, die Farben nicht nur qualitativ zu beschreiben, sondern auch quantitativ der mathematischen Behandlung zugänglich zu machen.

Unter dem Farbton ist jenes Etwas zu verstehen, wodurch sich alle anderen Farben von den Farben Weiß, Grau, Schwarz unterscheiden. Ostwald trennt auch sinngemäß alle Farben in bunte, also in Farben mit einem Farbton, und unbunte Farben, die Farben ohne Farbton. Die gesättigtsten, also farbtonreichsten Farben, die wir objektiv herstellen können, sind die Farben des Spektrums. Hier finden sich die meisten der Farbtöne des menschlichen Auges, wie Rot, Orange, Gelb, Gelbgrün, Grün, Blaugrün, Blau und Violett und deren Übergänge. Dabei wurden nur die wichtigsten Repräsentanten aufgezählt, für welche

uns die Sprache ein Wort zur Verfügung stellt. Es gibt allerdings noch bestimmte Farbtöne, die wir im Spektrum vergeblich suchen würden: die Purpurtöne. Diese erhalten wir durch Mischung von blauen und roten Lichtern des Spektrums. In den Spektralfarben treten uns, wie schon erwähnt, die Farbtöne besonders rein entgegen. Unter den Körperfarben, von denen wir allenthalben umgeben sind, ist, genau genommen, keine einzige, die wir als Farbe im Spektrum finden würden, und doch, wenn wir mit irgendeiner Körperfarbe durch das Spektrum wandern, das durch die Purpurtöne geschlossen ist, finden wir immer bloß eine einzige Stelle, wo diese Körperfarbe am besten hinpaßt. Diese Stelle des Spektrums gibt uns dann am augenscheinlichsten den Farbton der gefragten Körperfarbe.

Die zweite Größe ist die Sättigung. Der Name wurde in Analogie mit den Lösungen von Farbstoffen gewählt. Die Sättigung gibt uns sozusagen den Grad an, in dem in einer Farbe die farbige Qualität, das ist der Farbton, enthalten ist. Je ungesättigter eine Farbe ist, je weniger an Farbton also in einer Farbe enthalten ist, um so blasser, um so weißlicher empfinden wir sie. Es gibt eine stetige Reihe vom farbtonlosen, absolut ungesättigten Weiß bis zur vollgesättigten, uns aber unbekanntem, virtuellen Farbe, dem reinen Farbton.

Unter der Helligkeit verstehen wir die Stärke der Farbempfindung. Nehmen wir an, wir hätten

zwei farbige Blätter vor uns liegen, das eine orange, das andere braun. Die Untersuchung ergäbe gleichen Farbton, die gleiche Sättigung, und doch: infolge der differenten Helligkeit zwei grundverschiedene Farben. Tageslicht verhält sich in seiner Intensität im Lauf eines Tages unter Umständen wie 1 zu 1000. Trotzdem erscheinen uns beide Blätter immer, bei großen und kleinen Beleuchtungsstärken, gleich orange und gleich braun, denn das Verhältnis Farbton zu Sättigung ist in weiten Grenzen vom absoluten Wert der Helligkeit unabhängig. Es ist von grundlegender Bedeutung, daß unter normalen Verhältnissen unser Auge nur die relativen Helligkeiten zu erfassen imstande ist und niemals die absoluten.

Wir wissen, um nun die Brücke zur physikalischen Seite unseres Problems zu schlagen, daß die Farben des Spektrums in unserem Auge durch Licht einer ganz bestimmten Wellenlänge ausgelöst werden. Nur Wellenlängen im Bereiche von etwa 400 bis gegen 800  $m\mu$  vermögen überhaupt auf unser Auge als Reiz zu wirken. Kürzere und längere Wellenlängen vermögen es nicht mehr zu erregen, vermögen keinerlei Farb- oder Lichtempfindung auszulösen. Dagegen empfindet ein durchschnittlich normales Auge, wenn es z. B. von der Wellenlänge 475  $m\mu$  getroffen wird, Blau, 508  $m\mu$  Grün, 577  $m\mu$  Gelb, 630  $m\mu$  ein bestimmtes Orange.

Ganz anders sind die physikalischen Verhältnisse, durch welche die Körperfarben zustande kom-

men, von denen wir allenthalben umgeben sind, und mit denen wir uns in erster Linie beschäftigen wollen; denn Spektralfarben kommen in der Natur fast nicht vor. Die Verhältnisse lassen sich aber einfacher durchschauen, wenn wir die eigentlichen Körperfarben vorläufig noch beiseite lassen und uns mit den sogenannten Farbstofflösungen etwas beschäftigen. Solche Farbstofflösungen sind z. B. blaues Kupfersulfat in Wasser gelöst, gelber oder roter Wein, Tinten, Liköre, Öle oder eine Lösung des Pflanzenfarbstoffes Anthozyan oder eine alkoholische Chlorophylllösung oder Filter aus bunten Gläsern oder gefärbte Gelatinfolien. Schicken wir weißes Licht durch eine durchsichtige solche Farbstofflösung und prüfen es dann im Spektroskop, so sehen wir, daß z. B. durch solch ein gelbes Filter nicht vielleicht nur eine bestimmte Wellenlänge durchdringt, nicht auch vielleicht nur ein Gemisch aus Wellenlängen, die uns jede für sich gelb erscheinen würde, sondern fast alle Wellenlängen des Spektrums dringen durch, nur die kürzesten sind nennenswert geschwächt oder fehlen, die Wellenlängen, die unserem Auge für sich allein blau oder violett erscheinen würden. Grün erscheint uns weißes Licht durch eine Farbstofflösung dann, wenn die langen und die kurzen Wellenlängen stärker verschluckt werden als die mittleren und nur diese in größerem Ausmaße die Lösung zu durchdringen vermögen. Freilich sind die Verhältnisse oft recht kompliziert, und es finden sich die Spektren oft von Ban-

den durchzogen. Wir können also sagen, wenn bestimmte Wellenlängenbereiche beim Durchgang durch ein Medium in höherem Ausmaße absorbiert werden als andere, so erscheint uns der betreffende Körper meist bunt. Werden aber alle Wellenlängen des Tageslichtes um den gleichen Betrag geschwächt, so erscheint uns ein solcher Filter gegen Tageslicht in unbuntem Grau. Werden dagegen alle Strahlen unbehindert von dem Medium durchgelassen, so haben wir einen farblosen durchsichtigen Körper vor uns, wie z. B. Glas, Luft, Wasser, Diamant, Kalkspat.

Freilich, absolut lichtdurchlässige Körper gibt es nicht, und in den Tiefen des Weltmeeres herrscht tiefste Finsternis. So wie es auch vollkommen undurchsichtige Körper, also Körper, die alles Licht restlos verschlucken, nicht gibt. Ruß in entsprechend dünner Schicht läßt rotes Licht durch, ebenso schwarzer Hartgummi oder Holz, Gold grünes und Silber violettes.

Warum verhalten sich nun die Medien so ganz verschieden gegen das Licht, welche Erscheinung ist es eigentlich, um die es sich dabei handelt? Nach dem Stande unserer heutigen Erkenntnis handelt es sich bei der selektiven Absorption des Lichtes um eine Resonanzerscheinung, wie sie uns von der Akustik her wohlvertraut ist, nur liegen die Verhältnisse komplizierter. Pflanzen sich die Schallwellen mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 333 m in der Luft fort, und sind mechanische Gebilde, wie Saiten, Fen-



sterscheiben, Stimmgabeln, die Resonatoren, die in Schwingung versetzt werden, so die elektromagnetische Strahlung des Lichtes im hypothetischen Äther mit einer Geschwindigkeit im Vakuum von nahezu 300.000 km pro Sekunde, und als Resonatoren fungieren die sogenannten Valenzelektronen der Atome, das sind die mit geringstem Energieaufwand abtrennbaren Elektronen der äußersten Schale eines Atoms.

Denn das heute bereits allgemein bekannte, vielleicht inzwischen schon wieder historisch gewordene Rutherford-Bohrsche Atommodell ermöglicht auch für unser Problem der Farbentstehung bestimmte plausible Vorstellungen. Nach Rutherford besteht das Atom aus einem positiv geladenen Kern bestimmter Ladung und Masse, der von negativen Elektronen umkreist wird. Wasserstoff hat die Masse 1 und positive Kernladung 1 und wird von einem negativen Elektron umkreist. Helium mit Masse 4 und Kernladung 2 von zwei Elektronen, Kohlenstoff z. B. mit Masse 12 und Kernladung 6 von sechs Elektronen, und das Uran, dieses größte und komplizierteste aller Atome, wird bei einer Masse 238 und Kernladung 92 von 92 Elektronen umkreist. Bohr baute nun das Wirkungsquantum Plancks in dieses Rutherfordsche Atommodell ein. Auf Grund seines Ansatzes kann von einem Atom Energie nur in bestimmten, quantenmäßig festgelegten Beträgen aufgenommen werden; denn die Elektronen können nach diesem Ansatz sich nicht mehr, wie die Planeten um die Sonne, mit be-

liebigen Radius um den Kern bewegen, sondern nur mehr auf einzelnen erlaubten diskreten Bahnen, deren Radien bei dem am einfachsten gebauten Wasserstoff sich wie 1 : 4 : 9 : 16 usw. verhalten. Auf solchen verschiedenen Bahnen haben die Elektronen nun verschiedenen Energieinhalt. Soll nun ein Elektron von einer inneren Bahn auf eine äußere gehoben werden, so ist dazu eine bestimmte, nunmehr quantenmäßig festgelegte Anhubenergie notwendig, die nur von einem auftreffenden „Lichtimpuls“ gleichen Energieinhaltes geliefert werden kann. Die Energie eines Lichtimpulses ist bekanntlich gegeben durch das Produkt  $h \nu$ . Unter  $h$  versteht man eine konstante Größe, das sogenannte Plancksche Wirkungsquantum von der Dimension erg.sec., unter  $\nu$  die Frequenz des Lichtstrahles, d. h. die Zahl der Schwingungen pro Sekunde. Während einer Schwingung schreitet die Wellenbewegung des Lichtes um eine Wellenlänge  $\lambda$  fort, so daß wir zur bekannten einfachen Beziehung  $c = \nu \lambda$ , bzw.  $\nu = \frac{c}{\lambda}$  kommen, wobei unter  $c$  die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum zu verstehen ist. Da, wie wir oben gesehen haben, die Energie des Lichtes durch die Größe  $h \nu$  gegeben ist, empfiehlt es sich, an Stelle der bisher verwendeten Wellenlänge  $\lambda$  für vorliegende Betrachtung die Frequenz  $\nu$  zur Charakterisierung der Qualität des Lichtes zu verwenden. Nach seiner Anhubarbeit verschwindet der Lichtimpuls als solcher und seine Energie geht in die Energie des Atoms,

bzw. Elektrons über. Je höher die Frequenz des Lichtes, je kleiner also seine Wellenlänge, desto größer die Energie. Es wird also kurzwelliges Licht im allgemeinen wirksamer sein, größere Arbeit leisten können als langwelliges. Um zusammenzufassen: ein Lichtquant wird also dann und nur dann absorbiert, wenn die Energiedifferenz zweier Elektronenbahnen gleich ist der Energie  $h\nu$  des Lichtquants; dann stehen Licht und Atom in Resonanz, das Licht wird absorbiert.

Diesen einfachen Verhältnissen beim Atom, Verhältnissen, die sich ablesen lassen aus den Linienspektren der Elemente, überlagern sich aber starke konstitutive Einflüsse, wenn die Atome zum Molekülverband zusammentreten. Dadurch werden vermutlich mehr oder weniger starke Deformationen der Elektronenhüllen bedingt, wodurch einzelne Elektronen so weit aufgelockert werden, daß sie aus ihrer Bahn durch auftreffende Lichtquanten geringerer Energie gehoben werden können. Die Deformierbarkeit nimmt, wie die Erfahrung zeigt, mit steigender Atomgröße zu. Das Fluormolekül absorbiert im Ultraviolett, es ist schwach gelblich gefärbt. Das größere Chlor hat Absorptionsbanden bereits im Violett und ist grün. Beim Brom ist die Absorption weiter gegen den langwelligen Teil vorgeschritten, es ist rotbraun. Das schwerste der Halogene, das Jod, hat seine Absorptionsbanden für das sichtbare Licht im Rot und erscheint violett.

Die engen Beziehungen zwischen der Deformierbarkeit der Elektronenringe und der Farbe der chemischen Verbindungen hat K. Fajans aufgezeigt. Er hat erkannt, daß bei den heteropolaren Verbindungen die Deformierbarkeit der Anionen größer ist als die der Kationen. Es werden die Elektronen des Anions durch das Kation gelockert. Besonders leicht sind außer den Halogenen, die mit ansteigender Atomgröße eine leichtere Deformierbarkeit und entsprechend eine ansteigende Farbvertiefung vom Chlorid über das Bromid zum Jodid aufweisen, das Sauerstoffion und das Schwefelion deformierbar. Sauerstoff absorbiert sonst erst im Ultraviolett. Durch die anziehende Wirkung des Kations werden die Elektronen so gelockert, daß schon im sichtbaren Licht Quantensprünge auftreten; die meisten Oxyde sind dunkel oder schwarz gefärbt. Der leichten Deformierbarkeit des Schwefelions verdanken wir die bunt gefärbten Sulfide, von denen wir einzelne, wie Zinnober oder Kadmiumgelb, direkt als Pigmente verwenden.

Dagegen sind die Ionen  $F^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $ClO_4^-$  schwer deformierbar. Kupfersulfat ist in wasserfreiem Zustande farblos; denn Kupferion  $Cu^{++}$  ist an sich also farblos.  $CuCl_2$  dagegen ist infolge des leichter deformierbaren  $Cl^-$ -Ions braungelb gefärbt. Kupferbromid  $CuBr_2$  ist bereits schwarz, und Kupferjodid  $CuI_2$  existiert nicht mehr, das  $Cu^{++}$  Ion entreißt einem Jodion bereits ein Elektron und zerfällt in  $CuJ$  und  $J$ . Wenn nun das  $Cu$ -Ion im Wasser blau ist, so ist dies

darauf zurückzuführen, daß sich an das Kupferion Wassermoleküle anlagern, die deformierbar sind und für Teile des sichtbaren Lichtes Quantensprünge ermöglichen. Kupferionen in Ammoniak sind noch intensiver gefärbt, da sich die an das Kupfer anlagernden  $\text{NH}_3$ -Moleküle erfahrungsgemäß noch leichter als Wasser deformieren lassen. Auch das zweiwertige und dreiwertige Eisen ist an sich, so wie Kupfer, farblos. Im allgemeinen deformiert ein Kation vom Edelgastypus sein Anion um so mehr, je höher seine Ladung ist, bzw. je kleiner sein Radius. So sind es also bei den anorganischen, aus Ionen aufgebauten Salzen vor allem die mittelständigen, drei-, vier- und fünfwertigen Atome einer Periode des Systems der Elemente, die solche gefärbter Natur bilden. Auch für die gefärbten Komplexsalze, wie Berlinerblau oder Turnbullblau, spielt die Deformation eine wichtige Rolle. Ähnlich der Anlagerung des Wassers oder Ammoniaks an das farblose  $\text{Cu}^{++}$ -Ion lagern sich  $\text{CN}'$ -Ionen an farblose  $\text{Fe}^{++}$ - oder  $\text{Fe}^{+++}$ -Ionen an, wodurch die Farbe zustande kommt. Gerade die stark deformierenden mehrwertigen Kationen der Schwermetalle sind in Kombination mit leicht deformierbaren  $\text{CN}'$ ,  $\text{NO}_2'$  oder  $\text{NH}_3$  typische derartige Komplexbildner.

Unter den Verbindungen homöopolaren Baues mit den typisch heteropolaren, nach K. Fajans durch mannigfaltige Übergänge verbunden, finden sich zahllose gefärbte. Hierher gehören die zahlreichen Kohlenstoffverbindungen. O. N. Witt zeigte nun ganz allgemein

für organische Farbstoffe, daß die Vorbedingung für den Farbstoffcharakter einer Verbindung die Anwesenheit einer „chromophoren“ Gruppe ist. Diese Chromophore enthalten durchwegs Doppel- oder Mehrfachbindungen, stellen also ungesättigte Gruppen dar. In diesen Lücken im Molekül erfolgt die Auflockerung der Elektronen. Hier ist der Sitz der Lichtabsorption, bzw. der Farbentstehung zu suchen. Die Wirkung solcher für sich allein noch schwacher Chromophore wird durch das Vorhandensein mehrerer im Molekül, die dann in der Regel voneinander nicht unabhängig sind, bedeutend verstärkt. Die wichtigsten dieser Chromophorengruppen sind:

$= C = C =$  Äthylengruppe; die Indigofarbstoffe verdanken ihr ihren Farbstoffcharakter;

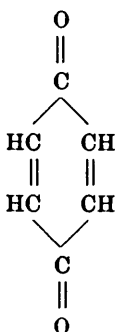
$= C = O$  Carbonylgruppe;

$- N = N -$  Azogruppe; sie findet sich in der Legion der sogenannten Azofarbstoffe;

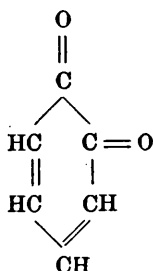
$- N = O$  Nitrosogruppe mit ihrer starken chromophoren Wirkung, wenn sie direkt an ein Kohlenstoffatom gebunden ist;

$- N \ll \begin{matrix} O \\ O \end{matrix}$  Nitrogruppe.

Die Erhöhung der Wirksamkeit beim Zusammen- treten von verschiedenen Chromophoren zeigen z. B. die Chinone, die Stammsubstanzen zahlreicher Farbstoffe, in denen vier Äthylengruppen mit zwei Karbonylen gekuppelt sind.



Para-Chinon, gelb.



Ortho-Chinon, rot.

Die Entstehung des Para-Chinons aus dem farblosen Hydrochinon kennt jeder Photograph, der das „Braunwerden“ des bekannten Metol-Hydrochinon-Entwicklers an der Luft beobachtet hat.

In der aromatischen Reihe liegen die Verhältnisse etwas anders. Benzol hat starke Absorptionsbanden erst im Ultraviolett. Durch das Einführen von chromophoren Gruppen rückt das Absorptionsgebiet zwar ins Sichtbare vor, ohne daß aber ein ausgesprochener Farbkörper zustande kommt. Das Nitrobenzol  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$  mit der Nitrogruppe als Chromophor ist nur schwach gelb. Um starke Absorption, satte Farbtöne zu bekommen, ist noch ein zweiter Faktor erforderlich. Außer der chromophoren Gruppe muß noch eine weitere Gruppenart, Auxochrom genannt, welche für sich keine chromophore Eigenschaft aufweist, direkt mit dem Kern des Benzolringes verkettet werden: Solche farbvertiefende auxochrome Gruppen sind

$\text{NH}_2'$ ,  $\text{OH}'$ ,  $\text{SO}_3\text{H}'$ ,  $\text{CO}_2\text{H}'$ . Das schwach gelbe Nitrobenzol wird durch Anlagerung des Auxochroms  $\text{NH}_2'$  zum schön orangeroten Nitranilin  $\text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{NO}_2 \cdot \text{NH}_2$ , Benzolderivate mit chromophoren Gruppen, die durch Hinzutritt einer auxochromen Gruppe ihre Farbe vertiefen, nennt man bekanntlich Chromogene.

Man könnte es eigentlich als einen gewissen Zufall bezeichnen, wenn die Absorption ausgerechnet in das Gebiet des sichtbaren Lichtes fällt, also zwischen 400 bis 800  $\text{m}\mu$ . Im allgemeinen ist die Absorption auch nicht nur auf ein einziges Gebiet von Frequenzen beschränkt. Es folgen sich in gesetzmäßigem Wechsel Absorptions- und Transparenzgebiete. Bei einfachen Stoffen sind die Verhältnisse noch verhältnismäßig durchsichtig. Je komplizierter jedoch der Aufbau eines Stoffes, um so mehr Reihen mit verschiedenen Abstandsgesetzen finden sich.

Betrachtet man die molekular disperse Lösung eines solchen Farbstoffes im auffallenden Lichte, so besitzt sie keine Farbe; denn wenn man sie in so starker oder so gesättigter Schicht beobachtet, daß vom Untergrund nichts mehr an Licht reflektiert wird, so sieht eine solche Lösung, abgesehen von einer geringen weißen Oberflächenreflexion, schwarz aus. Dies können wir beobachten an den schwarzen Blütenblättern des Gartenstiefmütterchens. Es finden sich Epithelzellen, die so gesättigt sind mit purpur gefärbtem Anthozyan, daß selbst die Wellenlängen, für die es am durchlässigsten ist, vollkommen absorbiert werden. Die



Eigenfarbe einer Farbstofflösung ist also nur im durchfallenden Licht oder bei durchscheinendem Untergrund zu beobachten. Dem durchscheinenden Untergrund verdanken viele unserer Blütenfarben ihre Entstehung, z. B. die rote Pelargonienblüte; rot gefärbte transparente Epithelzellen liegen als einzellige Schicht über dem weißen Mesophyll. Aus dem gleichen Grunde werden Edelsteine mit Folien unterlegt.

Sehen können wir nur Dinge, die auffallendes Licht irgendwie zurückwerfen. Körper, die nun unmittelbar an ihrer Oberfläche das Licht remittieren, sind aber Ausnahmen. Im täglichen Leben kommen uns solche reine Oberflächenfarben eigentlich nur bei den Metallen unter. Hier haben wir tatsächlich den Sonderfall vor uns, daß vom auffallenden sichtbaren Licht alles (z. B. Silber) oder ein bestimmter Teil zurückgeworfen wird; der Rest aber bereits in einer Schicht absorbiert wird, deren Dicke in der Größenordnung der Wellenlängen des sichtbaren Lichtes liegt (z. B. Kupfer und Gold). Diese Metallfarben zeichnen sich durch besonders hohe Sättigung aus, eine Sättigung, wie sie bei typischen Körperfarben niemals erreicht werden kann. Da das Licht von Metalloberflächen meist gerichtet reflektiert wird, weisen die Metalle auch den typischen Metallglanz auf.

Für die eigentlichen Körperfarben gelten andere Entstehungsbedingungen. Wir können die Oberfläche eines Körpers überhaupt nur dann sehen, wenn diese Fläche das auffallende Licht für unser Auge unge-

richtet, physiologisch diffus reflektiert. Dadurch erst werden die Oberflächen der Körper im Licht selbst sichtbar, während glatte Flächen als Spiegel wirken, selbst überhaupt im Idealfall nicht gesehen werden können, sondern nur die Bilder der vor ihnen stehenden Dinge.

Fragen wir uns aber, ohne vorläufig auf die physikalische Bedingung der Entstehung einzugehen, wie sieht das Licht, das von einem Blatt Papier, von der Haut des Menschen, von unseren Stoffen, von den

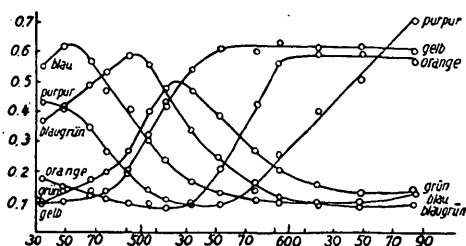


Fig. 1

Wänden unserer Zimmer, von einem grünen Laubblatt zurückgeworfen wird, aus, so sehen wir, daß diese Remissionsspektren ganz den bei Farbstofflösungen kennengelernten Spektren entsprechen. In nebenstehender Figur 1, die einer Arbeit von F. Kohlrausch entnommen ist, sieht man die Remissionsspektren für sechs Repräsentanten des Ostwaldschen Farbkreises n c. Auf der Abszisse sind die Wellenlängen, auf der Ordinate deren Helligkeiten aufgetragen. Diese einzelnen Ordinaten sind durch Vergleichsmessungen gegen ein Normalweiß im Spektralphotometer ermittelt.

Nachfolgende Figur 2, der gleichen Arbeit von Kohlrausch entnommen, auf Abszisse und Ordinate wieder wie in Figur 1 Wellenlängen und Helligkeiten aufgetragen, vermittelt uns die Beziehung zwischen der physikalischen Remissionsfunktion und der Empfindung von Sättigung und Helligkeit der Farben eines bestimmten Farbtones. Die ausgezogene Kurve ist die Remissionsfunktion für das reinste gelbe

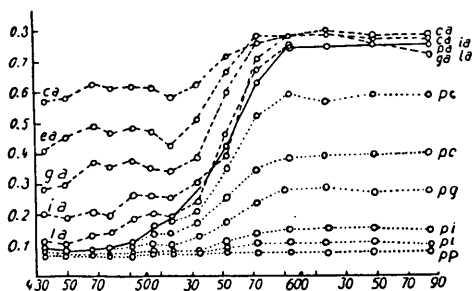


Fig. 2

Pigment *pa* Nr. 13 des Ostwaldschen Farbatlasses. Der Farbton entspricht einem Spektrallicht der Wellenlänge  $1 = 585 \mu\mu$ . In den Kurven *pc*, *pe*, *pg*, *pi*, *pl*, *pp* haben wir Remissionskurven satter Farben gleichen Farbtones, aber verschiedener Helligkeiten. Durch Integration der Spektralkurven der einzelnen Farben zwischen den Grenzen der beobachteten Wellenlängen lassen sich diese Helligkeiten auch zahlenmäßig erfassen.

In den Kurven *ca*, *ea*, *ga*, *ia* und *la* haben wir die Remissionskurven von Farben des gleichen gelben

Farbtönen, aber differenter Sättigung vor uns. Zahlenmäßig läßt sich die Sättigung als Anteil der reinen Farbe in Prozenten des Gesamtwertes der Farbe festhalten.

Ein Beispiel für eine ungesättigte Farbe geringer Helligkeit ist nicht vertreten; es läßt sich aber leicht ersehen, wie eine solche Kurve beschaffen sein müßte. Die Remission einer idealen reinweißen Fläche wäre durch eine Gerade in der Entfernung 1 parallel zur Abszissenachse gegeben. Ich möchte nur darauf aufmerksam machen, daß von diesen auserwählten Farben keine einzige wirklich voll gesättigt ist; stets überlagert sich etwas Weiß der bunten Farbe. Daß schließlich Schwarz dadurch zustande kommt, daß das gesamte auffallende Licht absorbiert wird, ist allgemein bekannt.

Durch die Remissionskurve eines Pigments ist jederzeit eindeutig die Farbe festgelegt, nicht aber können wir einer bestimmten Farbe eine bestimmte Remissionskurve zuordnen. Denn die Mannigfaltigkeit der Remissionskurven ist von ungeheurer Dimensionszahl, die der Empfindungen nur dreidimensional. Es muß also viele verschiedene Remissionskurven geben, die ein und dieselbe Farbe entspricht. Ich erinnere an die zahlreichen Komplementärfarben, die sich zu gleichem Weiß ergänzen.

Gehen wir nun auf die physikalischen Bedingungen für das Entstehen von Körperfarben näher ein, so muß ich zuerst an das allgemein bekannte Brechungs-

gesetz erinnern. Fällt ein Lichtstrahl auf eine Grenzfläche zwischen zwei Medien schief auf, so ändert er beim Eintreten in das zweite Medium meist seine Geschwindigkeit und Richtung. Das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten in Medien 1 und 2 ist gegeben durch den Brechungskoeffizienten  $n$ . Fast immer wird aber ein Teil der auffallenden Lichtenergie nach den bekannten Reflexionsbedingungen reflektiert. Der reflektierte Anteil ist nun um so größer, je größer der Brechungskoeffizient  $n$  zwischen den beiden Medien ist und je größer der Einfallswinkel. Nur wenn der Brechungskoeffizient zwischen zwei Medien gleich 1 ist, das heißt die Lichtgeschwindigkeit in beiden Medien die gleiche ist, tritt an der Grenzfläche weder Reflexion noch Brechung auf; der Lichtstrahl wird in seiner Richtung und Intensität an der Grenzfläche in keiner Weise verändert. Ein Beispiel dafür wäre Kanadabalsam und eine entsprechende Glassorte.

Es wird also z. B. von der Oberfläche des Glases gegen Luft immer ein bestimmter, wenn auch sehr geringer Anteil des Lichtes reflektiert. In der Hauptsache ist aber das Glas durchsichtig. Wenn wir aber das Licht nicht nur auf eine einzige Grenzfläche Luft-Glas, bzw. Glas-Luft auffallen lassen, sondern auf zahlreiche, dadurch, daß wir das Glas pulvern, so wird durch diese Vermehrung der reflektierenden Flächen aus dem durchsichtigen farblosen Glas ein Pulver mit typischer weißer Körperfarbe, da gleichzeitig durch die unregelmäßige Form und Lagerung der einzelnen

Glasteilchen die erforderliche physiologische diffuse Reflexion erzielt wird. Wir haben also zwei Bedingungen für das Entstehen der weißen Körperfarbe kennengelernt. Eine optische: Das Material darf keine selektive Absorption aufweisen, und der Brechungskoeffizient zwischen Material und Luft muß von 1 verschieden sein. Für Glas-Luft liegen die Brechungskoeffizienten je nach den Sorten des Glases zwischen 1.5 und 1.7. Und eine mechanische: Die einzelnen Teilchen müssen unregelmäßig gelagert und geformt sein, und ihr Dispersitätsgrad muß so groß sein, daß das Auge die Teilchen nicht mehr einzeln zu unterscheiden und erkennen vermag. Dies tritt ein, wenn der Sehwinkel für diese einzelnen Teilchen unterhalb der Unterscheidungsschwelle von einer Bogenminute liegt. Oft ist Luft eines der Gemengteile, wie in unserem Beispiele. Man spricht in diesem Fall auch häufig in Analogie zu Druck- und Malfarben von der Luft als dem Bindemittel. Es ist aber für die Farbentstehung der Aggregatzustand belanglos. Im Bleiweiß in Harz dispergiert, in der weißen Glasur haben wir ein festes Bindemittel und einen festen Farbkörper, in der Milch haben wir das flüssige Bindemittel Wasser und in den Öltröpfchen einen flüssigen Farbkörper, im gelöschten Kalk haben wir die festen Kalkteilchen und Wasser als Bindemittel, im Schnee, Papier, in der Baumwolle, in den weißen Seidenstoffen haben wir wie bei unserem ersten Beispiel feste Farbkörperchen und Luft als gasförmiges

Bindemittel, im Seifen- und Bierschaum haben wir schließlich ein flüssiges Bindemittel und Luftbläschen als Farbkörper. Das Weiß der Blüten entsteht in gleicher Weise durch luftgefüllte Interzellularräume zwischen den farblosen Zellen.

Die Besprechung der Körperfarben haben wir mit dem Sonderfall des Weiß begonnen. Für die bunten Farben gelten die gleichen Bedingungen, nur muß der Farbkörper ein Farbstoff sein, der im Bereiche des sichtbaren Lichtes an bestimmten Stellen selektive Absorption aufweist und so aus dem Licht auf seinem Weg durch die zahlreichen Farbkörperchen einzelne Wellenlängenbereiche durch Absorption vernichtet. Eine oberflächliche Reflexion ist aber immer weiß, da alle Wellenlängenbereiche an dieser ersten Grenzfläche in gleichem Maße reflektiert werden. Werden aber auf dem weiteren Wege durch die Farbkörnchen nun z. B. die langwelligen, für sich allein rot erscheinenden Strahlen stärker absorbiert als die kürzeren und steigert sich dieser Vorgang auf dem Wege des Lichtes durch zahlreiche solche Farbkörnchen, so wird infolge der verschiedenen Brechungskoeffizienten von Bindemittel und Farbkörnchen dann ein großer Teil des eingedrungenen, nicht absorbierten Lichtes aus den tieferen Lagen allmählich wieder nach oben diffus reflektiert. Dies sind aber in unserem Beispiel in der Hauptsache die mittleren und kürzeren Wellenlängen, die in unserem Auge jetzt die Empfindung Blaugrün verursachen. Immer ist aber die jeweils

entstehende Farbe von einem Weiß überlagert, das aus den obersten Schichten stammt.

Die oben besprochenen Bedingungen für das Zustandekommen von Körperfarben sind besonders durchsichtig und leicht übersehbar bei Untersuchung der „Farben“, die als Maler-, Drucker-, Anstreicherfarben usw. ihre Verwendung finden. Ihre Untersuchung gewährt uns einen hervorragenden Einblick in die physikalischen Grundlagen aller Körperfarben.

Je nach ihrer Deckfähigkeit unterscheidet der Praktiker Deck- und Lasurfarben. Eine Farbe deckt, wenn sie, auch in dünner Schicht aufgetragen, vom Untergrund nichts mehr erkennen läßt. Eine Lasurfarbe verhält sich wie eine durchscheinende Farbstofflösung, die auch den Untergrund zur Wirkung kommen läßt.

In beiden Fällen sind Farbkörperchen und Bindemittel für sich durchsichtig. Bei den Lasurfarben ist aber der Brechungskoeffizient von Farbkörper und Bindemittel wenig verschieden, es erfolgt an der Oberfläche zwar weiße Reflexion, an den Grenzflächen Bindemittel — Farbkörperchen wird aber das Licht kaum nennenswert reflektiert, wohl aber unterliegt der Lichtstrahl auf seinem Wege durch die Farbkörperchen der selektiven Absorption. Vom Untergrund erfolgt sodann die diffuse Reflexion zurück nach oben. Eine solche Lasurfarbe verhält sich also trotz grob disperser Verteilung des Farbkörpers ganz ähnlich den oben besprochenen Farbstofflösungen. Für



die Deckfarben ist dagegen der Unterschied der Brechungskoeffizienten Bindemittel — Farbkörper groß. An der Oberfläche erfolgt wohl wieder weiße Reflexion, die Reflexion an den einzelnen Grenzflächen Farbkörperchen — Bindemittel ist aber so groß, daß schon in geringen Tiefen der durchgelassene Anteil Null wird, und das Licht den Untergrund kaum erreicht.

Die zweite Größe, die, wie wir bereits erkannt haben, für die Deckkraft eines Farbstoffes bedeutungsvoll sein muß, ist die Korngröße oder der Dispersitätsgrad. Eine gegebene Stoffmenge auf einer gegebenen Fläche deckt um so besser, je kleiner die Teilchen, bzw. je größer die Anzahl der Reflexionen ist. Doch hat dies seine Grenze dort, wie Ostwald erkannte, wo die Durchmesser der Farbkörper von der Größenordnung der Wellenlängen des Lichtes werden, also rund bei  $500\text{ m}\mu$ . Kleinere Teilchen bewirken keine regelmäßige Reflexion mehr, sie werden für das Licht wieder durchlässiger, wir kommen zuerst in den Bereich der kolloiden und schließlich der molekular-dispersen Lösungen. So wird Ruß durch starkes Dispergieren durchsichtiger.

Unter den Pigmenten kommt das Zinkweiß dem Optimum der Körnergröße recht nahe, und es deckt nahezu dreimal besser als das gröber disperse Bleiweiß, trotzdem letzteres den höheren Brechungskoeffizienten hat (2'04 gegen 2'01).

Korngröße des Bleiweiß 5 bis  $15\ \mu$ , des Zinkweiß 2 bis  $10\ \mu$ .

Dieses Bleiweiß ist ein Gemenge von festem Bleikarbonat und Bleihydroxyd. Legt man den Farbkörper in Öl ein, so kann man die beiden Gemengteile mikroskopisch differenzieren, vor allem, da sich das Hydroxyd durch Eosin anfärben läßt. Reines Bleikarbonat ist trotz seines hohen Brechungskoeffizienten noch eine recht mäßige Deckfarbe. Ein anderer, viel benützter weißer Farbstoff ist Lithopone, ein Gemenge von Bariumsulfat und Zinksulfid. Er deckt in Öl weitaus besser als die beiden Bestandteile allein. Alles scheint darauf hinzuweisen, daß bei Verlegung einer weiteren optischen Verschiedenheit in den festen Farbstoff selbst Deckfarben von besonders hoher Deckkraft herzustellen seien.

Unter Berücksichtigung der Korngröße scheint es auch, daß die kristalline Struktur der Deckfähigkeit besonders günstig ist. Dies kommt mit zunehmender Dispersität immer mehr und mehr zum Ausdruck. Amorphe Struktur scheint der Reflexion ungünstig zu sein. Mit ihr ist eher Lasurwirkung verbunden, bzw. mit zunehmender Dispersität steigt die Deckwirkung durch Absorption.

Viele unserer schönsten, von der modernen Industrie gelieferten Farbstoffe sind in wässrigen und nichtwässrigen Lösungsmitteln löslich. Sie wären also als Körperfarben unbrauchbar, da sie niemals in dem erforderlichen, grob dispersen Zustand in den Bindemitteln sich verteilen ließen. Solche Farben lassen sich aber in vielen Fällen auf bestimmten Farb-

stoffträgern oder Substraten, wie Tonerdehydrat oder Spat, niederschlagen, und durch diesen Kunstgriff bringt man sie auf die für eine Körperfarbe erforderliche Teilchengröße. Diese Farbstoffe sind allgemein als Lacke bekannt. Ähnlich verhält es sich auch mit gefärbtem bunten Papier oder Textilien, wo durch die Farbstoffe die Zellulose, Woll-, Seide- oder sonstige Gespinnstfasern direkt angefärbt werden.

Die Pflanzen verdanken ihre grüne Farbe dem Chlorophyll, das in bestimmt geformten plasmatischen, an sich farblosen Gebilden, den Chromatophoren, gespeichert ist. Es sind die Chlorophyllkörner. Viele gelbe Blüten und rote Früchte verdanken ihre Farbe den Karotinen. Auch diese sind stets an bestimmte Farbstoffträger gebunden, die als Chromoplasten bekannt sind. Ähnlich sind die Verhältnisse auch beim Blut von Mensch und Tier.

Neben den einfachen Körperfarben spielen in der Natur und Technik noch Farben eine große Rolle, die durch Mischung entstehen. Solche Mischfarben können in doppelter Weise zustande kommen, durch additive und durch subtraktive Mischung. Unter additiver Mischung verstehen wir die Ermischung einer neuen Farbe aus bunten Lichtern. Richten wir einen Scheinwerfer mit blauem Licht und einen mit gelbem gegen die gleiche Stelle einer weißen Wand, so erscheint uns diese Wand vielleicht weiß. Machen wir diesen Versuch mit rotem und gelbem Licht, so wird sie uns orange erscheinen. Diese Tatsache, daß durch

Addition von Farben Neues entsteht, haben wir ja eingangs bereits vorweggenommen, als wir davon sprachen, daß die Purpurtöne sich auf blauen und roten Spektralfarben ermischen lassen. Es ist auch bekannt, daß drei bestimmt gewählte Farben hinreichen, um alle anderen Farben mit für viele Zwecke hinreichender Genauigkeit wiederzugeben. Meist wählt man als diese drei Grundfarben Zinnoberrot, Gelbgrün und Blau. Von dieser additiven Mischung macht die Technik auch bei einzelnen Verfahren des bunten Farbfilms Gebrauch.

Additionsfarben liegen aber auch vor, wenn flächenhaft nebeneinander Felder von verschiedener Farbe vorhanden sind, von denen jedes seine Farbe ins Auge sendet, diese Felder aber so klein sind, daß die einzelnen Flächenelemente nicht voneinander unterschieden werden können. Ein feines Schachbrettmuster von weißen und schwarzen Feldern erscheint aus größerer Entfernung gleichmäßig grau, eines aus roten und blauen Feldern purpur. Aus größerer Entfernung sehen wir einen blumigen Wiesenhang in der Mischfarbe der Blumen und des grünen Rasens. Das typischste Beispiel der additiven Mischung aus dem Reiche der Technik ist die bekannte Autochromphotographie.

In der Textilindustrie wird von Additionsfarben ausgiebigster Gebrauch gemacht. Man dreht etwa  $\frac{1}{100}$  mm dünne Fäden von verschiedener Farbe zusammen und erreicht durch dieses Mischeln oder Me-

langieren Farben und Nuancen, die man durch direktes Anfärben oft schwer erzielen würde. Vor allem in früheren Zeiten, als noch nicht eine solche Unmenge verschiedenster Farbstoffe zur Verfügung stand wie heute, wäre dies schwierig gewesen. So bedurfte man in der Gobelinweberei zahlreicher Nuancen und Schattierungen, die man durch Zusammendrehen verschiedener einfach gefärbter Fäden zu einem Zwirn ermischte.

Auch im Pflanzenreich finden sich additive Mischfarben. So gibt es z. B. keinen direkten braunen Farbstoff. Das Braun des Goldlacks kommt dadurch zustande, daß in den kegelförmigen Epithelzellen des Perigons sich körniges gelbes Pigment in den Kegelspitzen anhäuft, das sich mit dem rot gefärbten Zellsaft zu Orangebraun addiert. Bei dem braun blühenden Gartenstiefmütterchen findet sich die gelbe Körnerschicht in der verbreiterten Fußplatte der Epithelzellen, der purpurne Zellsaft in den schmalen aufgesetzten Kegeln.

Die zweite Art von Mischfarben sind die Subtraktionsfarben. Diese entstehen, wenn aus dem weißen Tageslicht einzelne Spektralbereiche herausgefiltert werden. Lassen wir weißes Licht durch ein „blaues“ Filter fallen, so werden in einem solchen Filter, wie wir früher gehört haben, die langen Wellenlängenbereiche absorbiert, während die kurzen vollständig und die mittleren zum guten Teil durchgelassen werden. Ein derartiges Filter erscheint unserem Auge, entspre-

chend der Zusammensetzung des durchgelassenen Lichtes, eben blau. Ein Filter, das aus dem Sonnenlichte die kurzen Bereiche vernichtet und für die langen und mittleren dagegen transparent ist, löst in unserem Auge die Empfindung „Gelb“ aus. Wir sprechen von einem gelben Filter. Beide Filter hintereinander verwendet, lassen, wie leicht einzusehen ist, aus dem ganzen Spektrum des Tageslichtes letzten Endes nur die mittleren Bereiche, wenn auch geschwächt, durch, auf welche unser Auge mit der Empfindung *Grün* reagiert. Wir haben also aus dem weißen Licht unserer Lichtquelle durch Subtraktion „Grün“ erzielt.

Mit drei Filtern, von denen eines den kurzwelligen, ein anderes den mittleren und ein drittes den langwelligen Bereich des Spektrums mehr oder weniger absorbiert, lassen sich auch auf diesem subtraktiven Weg alle Farben nach Ton und Helligkeit mit einer für praktische Zwecke zureichenden Treue wiedergeben. Alle Drucktechniken, sowie fast alle jetzt zu sehenden Farbenfilme machen von dieser subtraktiven Methode Gebrauch.

Jeder bunte Druck, mit Ausnahme der Rasterverfahren in den Lichtern, besteht aus Subtraktionsfarben. Um Subtraktionsfarben handelt es sich auch, wenn der Maler auf der Palette seine Farben ermischt. So wie der Drucker durch Übereinanderdrucken von Rot, Gelb und Blau Schwarz erzielt, so findet sich auch im Pflanzenreich Schwarz nur als

Subtraktionsfarbe. Die schwarze Zunge an der Innenoberfläche eines Tulpenblattes kommt dadurch zustande, daß blau gefärbte Zellen über gelb gefärbten liegen und dadurch das auffallende Licht zur Gänze absorbiert wird. Die schwarzen Stellen beim Gartenmohn kommen durch rot und darunterliegende blaugrün gefärbte Zellen zustande. Auch findet sich in der Pflanze Braun und Drap durch Subtraktion.

Die Farbe eines Körpers ist aber nicht nur durch das selektive Remissionsvermögen allein bestimmt, sondern auch durch die Zusammensetzung des beleuchtenden Lichtes. Erst das Produkt Remissionsvermögen  $\times$  Beleuchtung gibt uns die Farbe. Fehlen im auffallenden sichtbaren Licht z. B. gerade die Strahlen, die ein Körper reflektieren kann, so erscheint er uns schwarz. Liefert eine Lichtquelle nur einzelne Bereiche des Tageslichtes, so wird ein Körper in diesem Lichte meist eine andere Farbe aufweisen als bei Tageslicht. Die Farbe, die er bei Tageslicht zeigt, nennt man kurzweg seine charakteristische Farbe.

Bei unseren bisherigen Betrachtungen haben wir das Tageslicht in seiner Zusammensetzung als unveränderlich konstant und von weißer Farbe angenommen. Dies gilt aber nur in grober Annäherung. Das Licht schwankt in seiner Zusammensetzung, ob es uns von der Sonne direkt, ob vom blauen Himmel, ob von Wolken zugestrahlt wird. Es schwankt nach Tages- und Jahreszeit, nach Art der Bewölkung, es ist

anders in Polar- und Äquatorgegenden, anders im Hochgebirge und in der Ebene. Es erleidet auf seinem Wege durch die Atmosphäre die mannigfachsten Veränderungen durch Absorption und Streuung.

Demzufolge könnte eine bestimmte, als weiß geltende Körperfarbe nur in einem einzigen Grenzfalle wirklich weiß, also vollkommen farbtonlos sein. Wenn wir aber ein Weiß unter den mannigfaltigsten Lichtbedingungen doch meist wirklich als Weiß sehen, so sind zwei Umstände dafür maßgebend. Einmal ist unser Auge recht ungeeignet, bei ganz geringen Sättigungen den Farbton noch zu erkennen, und ferner „wissen“ wir oft, daß eine bestimmte Fläche weiß ist, und dann sehen wir sie auch so. Es ist schwer zu entscheiden, wie das Licht, das wirklich als ideal weiß empfunden wird, zusammengesetzt sein müßte. Daher hat man sich willkürlich für eine Lichtquelle mit äquinergetischem Spektrum entschieden.

Ist schon Sonnen-, bzw. Tageslicht in seiner Zusammensetzung recht verschieden, so kann man Kunstlicht, also das Licht unserer Glühlampen, Bogenlampen usw., schon gar nicht mehr als weiß betrachten. Wollten wir Sonnenlicht durch eine künstliche Lichtquelle ersetzen, so müßten wir den Strahler auf die Temperatur der Sonne, dies sind fast 6000 °, bringen. Mit unseren gasgefüllten Wolframdraht-Widerstandslampen erreichen wir aber nur etwa 2400 °, und am positiven Pol einer Kohlenbogenlampe kommen wir auf etwa 3500 °. Dabei ist aber das Licht unserer



Kunstlichtquellen wesentlich ärmer an kurzwelligem Strahlen als das Sonnenlicht und erscheint diesem gegenüber ausgesprochen gelb.

Damit werden aber auch bei Tages- und Kunstlicht für einzelne Körperfarben ganz verschiedene Farbenempfindungen verbunden sein. Vor allem natürlich bei den Farben, an deren Zustandekommen die kurzwelligen Strahlen nennenswert beteiligt sind, wie Purpur, Violett, Blau und Grün. Mit diesen Farbänderungen, die bei unseren technischen Lichtquellen auftreten, ist die Damenwelt von ihren Toilettesorgen her wohl vertraut. Aber auch der Innenarchitekt muß diesen Verhältnissen beim Entwurf der Farbenzusammenstellungen für Innenräume, die vorzugsweise am Abend benützt werden, Rechnung tragen. Ebenso der Künstler, der Bühnendekorationen und Bühnenkostüme entwirft. Deutlich kommt uns die Wirkung unserer künstlichen Lichtquellen beim Betrachten vertrauter Gemälde auch bei Kunstlicht zum Bewußtsein.

Nach den bisher besprochenen Tatsachen wird es uns nicht mehr wundern, wenn ein Körper bei Beleuchtung mit einer Lichtquelle gleicher Farbe uns am sattesten erscheint. In diesem Falle fehlt einer Körperfarbe das weiße Licht der Oberflächenreflexion, das sich dem bunten bei Beleuchtung mit weißem Licht jederzeit, wie wir früher gehört haben, mehr oder weniger überlagert.

Am einfachsten kann man sich nun Licht beschaffen, das die gleiche Zusammensetzung aufweist wie das von dem betreffenden Körper remittierte Licht, wenn man das Licht von demselben Körper reflektieren läßt. Fällt Licht, das von einem Teil eines Körpers reflektiert wurde, auf einen anderen Teil dieses gleichen und gleichfarbigen Körpers auf, so wird das remittierte Licht der Eigenfarbe nicht mehr nennenswert weiter geschwächt, sondern nur das störende weiße Oberflächenlicht wird abermals um den gleichen Bruchteil reduziert. Darum erscheinen die Falten der Gewänder zwar weniger hell, aber viel satter als oberflächliche Teile des gleichen Stoffes. Daher der tiefe, satte Goldglanz eines innen vergoldeten Bechers, daher auch die Besonderheit des Samtes. Samt sieht, mit der Lupe betrachtet, wie aus nebeneinanderstehenden Bürstchen zusammengesetzt aus. Die Oberflächenreflexion ist auf ein Minimum beschränkt, gerichtete Reflexion wie bei anderen Geweben fast ganz vermieden. Der größte Teil des Lichtes kommt erst nach zahlreichen Reflexionen in das Auge und erscheint uns so besonders satt. Jeder empfindet ja die Schönheit und Besonderheit der satten Samtfarbe. Um eine ähnliche Erscheinung handelt es sich auch bei der satten, oft geradezu als samtig bezeichneten Farbe des Pelzes mancher Tiere.

In gleicher Weise tritt eine Steigerung der Sättigung ein zwischen den Blütenblättern einer satten Rose oder im Kelch einer Gloxinie. Samtglanz kennen

wir aber auch von zahlreichen Blütenblättern. Diese satte Samtfarbe kommt durch eine komplizierte Gestaltung der Oberfläche zustande. Die Blütenblätter weisen kegel- oder kuppelförmige Epithelzellen auf, wodurch die weiße oberflächliche Reflexion beschränkt, aber andererseits durch Brechung und Reflexion der Weg durch die selektiv absorbierenden Pigmente vergrößert wird.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1936

Band/Volume: [76](#)

Autor(en)/Author(s): Stiegler Adolf

Artikel/Article: [Die physikalischen Grundlagen der Körperfarben. 1-35](#)