

Juni 2007



UNIVERSITÄT
KOBLENZ · LANDAU

Fachbereich 4: Informatik

Proseminar:
„Ausgewählte Inhalte aus der Medientechnik“
Sommersemester 2007

Vortrag 6: Farbdruck und Digital Imaging

Teil 1: Farbdruck

Autor: Johannes Schmitz
(Matr.-Nr.: 205210333)

Inhaltsverzeichnis

1. Druckverfahren	5
1.1 Hochdruckverfahren	5
1.2 Flachdruck	6
1.3 Tiefdruck	7
2. Subtraktive Farbsynthese	7
2.1 Farbsynthese mit Farbabstufung	7
2.2 Farbsynthese mit Punktrastern	8
2.3 Neugebauer Gleichungen	10
2.4 Farbersetzungsverfahren	12
2.4.1 Graukomponenten Ersetzung	12
2.4.2 Under Color Addition	13
2.5 Farbtestverfahren	14
2.6 Tonwertzuwachs und Lichtfang	14
3. Farbscanner	16
3.1 Hardy und Wurzburg Scanner	16
3.2 P.D.I. Scanner	17

1. Druckverfahren

Man unterscheidet im wesentlichen drei verschiedene Druckverfahren, die heutzutage zur Anwendung kommen, das Hochdruck-, Flachdruck- und Tiefdruckverfahren. Diese werden im folgenden kurz erläutert.

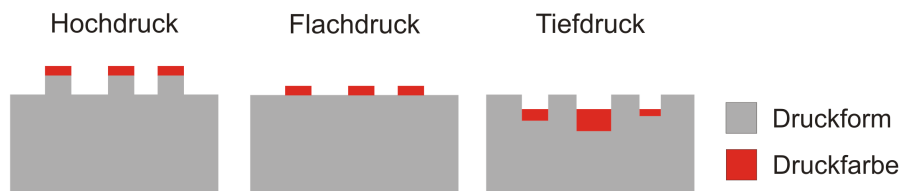


Abbildung 1.1: verschiedene Druckarten

1.1 Hochdruckverfahren (Letterpress)

Das Hochdruckverfahren ist die älteste Form des Drucks. Das Prinzip des Verfahrens geht auf das primitive Buchdruckverfahren zurück, das Johannes Gutenberg im 15. Jahrhundert erfand. Hierbei wurden zum Druck bewegliche Metall-Letter in einem Rahmen zusammengesetzt. Bei diesen Metall-Letter war der Teil des Buchstabens, der gedruckt werden sollte gegenüber dem Rest hervorgehoben. Durch auftragen von Tinte und Aufpressen der Letter auf Papier konnte so der gewünschte Text gedruckt werden.

Beim Hochdruckverfahren gibt es nur zwei Farben: Die der Tinte und die des Trägerpapiers. Gemischte Farben entstehen durch eine Zerlegung des Bildes in ein feines Mosaik-Raster, wobei der Effekt ausgenutzt wird, dass das Auge diese Raster bei ausreichender Auflösung nicht mehr fein genug auflösen kann und deshalb eine Mischfarbe erkennt.

Dieses Mosaik-Raster wurde ursprünglich mit Belichtungsverfahren mittels eines Rastergitters erzeugt, in modernen verfahren werden hier computergestützte Verfahren eingesetzt. Diese Mosaik-Negative werden anschließend beispielsweise auf Kupfer übertragen, welches dann geätzt wird, wodurch man eine Druckvorlage erhält. Mit Hilfe einer solchen Kupferplatte (oder auch Rolle) lässt sich da Bild dann z.B. auf Papier drucken. Durch das feine schwarz-weiß Muster erhält man nun die gewünschten Grau- bzw. Farbstufen des Originalbildes auf dem Papier.



Abbildung 1.1:
alte Hochdruck Druckplatte mit Grafik
(Quelle: Gutenberg Museum, Schweiz)

Das Rasterplatten-Belichtungsverfahren zur Erzeugung des Mosaik- bzw. Rastermusters ist bei modernen Druckverfahren nicht mehr notwendig. Es wurde zuerst durch die Verwendung von Hochkontrastfilmen und anschließend durch direkte, computergestützte Fertigung der Druckplatten per Laser ersetzt.

1.2 Flachdruckverfahren (Lithography) / Offsetdruck

Beim Flachdruck wird die Druckplatte durch photochemische Prozesse erzeugt, anders als beim Hochdruckverfahren, wo diese nur geätzt wird. Das Prinzip des Flachdrucks basiert auf der chemischen Abstoßung von Öl und Wasser.

Auf die Druckvorlage wird ähnlich wie beim Hochdruckverfahren mittels eines Raster ein Mosaik-Bild übertragen. Die Druckvorlage wird dann chemisch so behandelt, dass die farbigen Stellen des Originalbildes Öl anziehen und Wasser abstoßen. Die im Originalbild ungefärbten Stellen werden Wasser anziehend und Öl abstoßend gemacht. Zum Übertragen des Bildes auf ein Trägermaterial wird die Druckplatte nun zunächst mit Wasser befeuchtet und dann in eine ölige Drucktinte getaucht. Aufgrund der unterschiedlichen Anziehungseigenschaften bezüglich Wasser und Öl der beiden Farbflächen haftet die Tinte nun nur an den Stellen des Bildes, die auch gefärbt werden sollen, da sie von den nassen, freien Flächen abgestoßen wird. Anschließend kann das Bild auf das Trägermaterial übertragen werden.

Eine weiterentwickelte, heute am meisten verbreitete Art des Flachdrucks ist der Offsetdruck. Beim Offsetdruck wird statt einer Druckplatte eine Druckrolle verwendet, die dann mit Tinte und Wasser versehen wird. Diese Rolle überträgt die Tinte dann auf eine weitere mit Gummi beschichtete Rolle, die die Tinte schließlich auf das Trägermaterial überträgt, wobei eine weitere Rolle von unten gegenpresst. Der Vorteil des Offsetdrucks liegt darin, dass es durch die Gummi-Rollen keinen direkten Kontakt zwischen Druckplatte und Trägermaterial gibt, wodurch sich die (teuer herzustellende) Druckplatte weniger stark abnutzt. Außerdem ermöglicht die Gummirolle das Drucken auf weniger glatte Oberflächen, wie beispielsweise Stoffe, da sie sich an das Material anpasst.

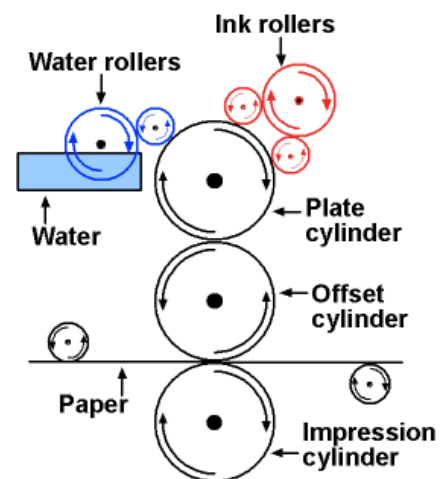


Abbildung 1.2: Offsetdruck

Das Offsetdruckverfahren wurde Anfang des 20. Jahrhunderts erfunden und ist heute das am meisten verwendete Druckverfahren. Etwa zwei Drittel aller Drucksachen werden heute mit dem Offsetverfahren gedruckt.

1.3 Tiefdruckverfahren (Gravure / Intaglio)

Das Tiefdruckverfahren ermöglicht als einziges der drei Druckverfahren eine wirkliche Intensitätsregulierung der Drucktinte. Dies geschieht dadurch, dass man in die Druckplatte Vertiefungen unterschiedlicher Tiefe hinein ätzt, abhängig von der jeweiligen Helligkeit des Originalbildes. Diese Hohlräume werden beim Druck mit Tinte gefüllt, die nicht zu druckende Bereiche werden gesäubert und anschließend kann die Druckvorlage auf das Papier übertragen werden.

Trotz der Möglichkeit die Tintenmenge und damit die Farbintensität zu regulieren wird dennoch ein Raster benötigt. Dieses Raster erfüllt jedoch einen anderen Zweck als die Raster beim Hoch- und Flachdruck: Aufgrund der Oberflächenspannung der Tintenansammlungen auf der Druckplatte würde die Tinte beim Abwischen der freien Bereiche mit entfernt werden. Dieses Problem umgeht man, indem man die Druckplatte mit einem Raster versieht, das jedoch feiner als das beim Hoch- oder Flachdruck verwendete Raster ist. Dieses Raster hat allerdings keine bildbestimmende Funktion, weshalb das Tiefdruckverfahren auch für gröbere Trägermaterialien geeignet ist (da das Raster nicht sauber abgebildet werden muss).

Da die Produktion der Druckzylinder beim Tiefdruck verfahren relativ aufwendig und teuer ist, wird es vornehmlich dort eingesetzt, wo hohe Stückzahlen gedruckt werden (über ca. 300.000 Exemplare), beispielsweise wöchentlich erscheinende Zeitschriften. Auf Grund der guten Auflösung (die daraus resultiert, dass das Bild nicht in Rasterpunkte zerteilt werden muss) wird das Tiefdruckverfahren auch besonders dort eingesetzt, wo hohe Detailgenauigkeit gefragt ist, beispielsweise beim Druck von Banknoten. Im Buchdruck kommt es kaum zum Einsatz. Heute werden ca. 12% der Drucksachen im Tiefdruckverfahren produziert.

2. Subtraktive Farbsynthese

Bei der Farbsynthese durch subtraktive Farbmischung kann man im wesentlichen zwischen zwei Arten unterscheiden:

Der Synthese des Bildes durch Überlagerung von Teilbildern mit voller Farb- bzw. Farbintensitäts-Abstufung (Farbfotos, Farbfilme) und der Synthese des Bildes durch Überlagerung von gerasterten Teilbildern (bei Druckmedien etc.).

2.1 Farbsynthese mit Farbabstufung

Die Farbsynthese aus Farbbilder mit Farbabstufung ist nahezu eine direkte Umsetzung der Theorie der subtraktiven Farbmischung in die Praxis.

Hierbei werden Teilfarbbilder, die über eine volle Farbabstufung verfügen und die Cyan, Magenta und Gelb Anteile des Originalbildes direkt repräsentieren, subtraktiv überlagert, so dass ein Farbbild mit vollem Farbspektrum entsteht. Diese Art der Farbsynthese trifft man hauptsächlich im Bereich der Fotografie an, da hier Aufgrund der photochemischen Grundlagen, durch die das Abbild erzeugt wird, ein Bild mit fast unbegrenzt vielen Farbabstufungen entsteht. Aufgrund dieser Tatsache handelt es sich um eine echte subtraktive Farbsynthese, anders als bei der Farbsynthese mit gerasterten Bildern.

Jedoch sind selbst bei der Fotografie genau genommen keine absolut perfekten Reproduktionen möglich, da das Fotomaterial unter dem Mikroskop betrachtet winzige Unregelmäßigkeiten in seiner Struktur aufweist. Da diese Unregelmäßigkeiten auch in den drei zu überlagernden Teilfarbbildern vorhanden sind treten bei der Farbmischung gewisse ebenfalls gewisse, wenn auch kleine, Unregelmäßigkeiten auf, die jedoch beim Überlagern mehrerer Teilbilder umso mehr verstärken können (siehe Abbildung 2.1).

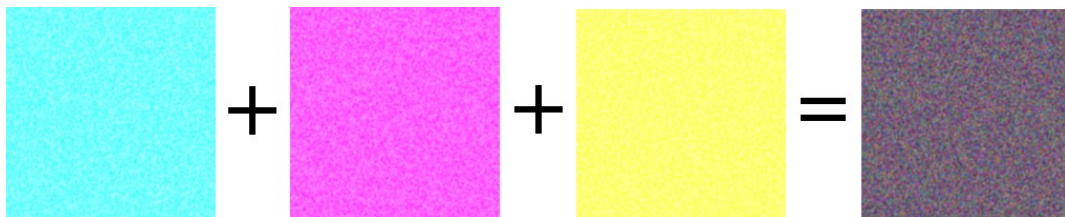


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung von Mischfehlern. Bereits kleine Ungenauigkeiten in den Teilbildern führen zu relativ hohen Abweichungen im Gesamtbild

2.2 Farbsynthese mit Punktrastern

Anders als bei der Fotografie ist es beim Farbdruck meist technisch nicht möglich Farben mit unterschiedlichen Farbintensitätsabstufungen darzustellen. Eine Ausnahme bildet hierbei der Tiefdruck, wo tatsächlich durch die Regulierung der Tintenmenge auch eine Farbabstufung möglich ist. Bei allen anderen Druckarten ist es jedoch technisch bedingt nur möglich, eine Fläche des Bildes entweder einzufärben oder frei zu lassen. Daher ist man auf eine Farbsynthese Mittels eines Rasters, meist eines Punktrasters angewiesen. Aufgrund des mangelnden Auflösungsvermögens des menschlichen Auges wirkt diese Art der Farbsynthese bei ausreichender Auflösung trotzdem wie eine Farbsynthese aus Teilbildern mit Farbabstufung (eine echte Farbsynthese). Dennoch wirft die Farbsynthese mittels Raster gewisse Schwierigkeiten auf, da sie nur eine näherungsweise Umsetzung der subtraktiven Farbmischung in die Praxis darstellt.

Zur Farbsynthese werden bei diesem Verfahren die einzelnen Teilfarbbilder für Cyan, Magenta und Gelb (und evtl. Schwarz) mittels eines Rasters in Bilder bestehend aus Punkten mit voller Farbintensität und farbfreien Flächen umgewandelt (Abbildung 2.2).



Abbildung 2.2: Synthese des Bildes aus gerasterten CMYK Einzelbildern

Ursprünglich wurde dieses Raster durch ein relativ aufwendiges Belichtungsverfahren erzeugt: Man erzeugte ein Negativ für das Mosaik-Raster, indem man das Originalbild durch ein Rastergitter projizierte. Dieses Rastergitter bestand aus sich im rechten Winkel kreuzenden, lichtundurchlässigen Linien, wodurch wiederum ein Raster aus lichtdurchlässigen Quadraten entstand. Das Quadratraster wurde dicht vor der zur übertragenden Vorlage platziert und diente als eine Art Lochblende. Hierdurch wurde ein relativ unscharfes in schwarz-weiß zergliedertes Abbild des Originalbildes erzeugt. Durch Verwendung eines kontraststarken Filmmaterials erhielt man ein nahezu reines schwarz-weiß Bild anstatt einer Graustufendarstellung. Die Dichte der Linien auf der Rasterplatte bestimmten dabei die Feinheit des Bildes.

Bei modernen Verfahren erzeugt man das Mosaik-Negativ durch computergestützte verfahren direkt ohne Belichtung. Diese Verfahren bezeichnet man als „computer-to-plate“ Verfahren. Sie sind zum einen wesentlich effektiver als die herkömmliche Belichtungs-methode, ihr wesentlicher Vorteil liegt jedoch darin, dass das Raster viel flexibler gestaltet werden kann. So lässt sich mit diesem Verfahren auch der Abstand zwischen den Rasterpunkten variieren, nicht nur die Größe der Punkte, was mit dem herkömmlichen Verfahren nicht möglich war. Dadurch ist auch eine Qualitätssteigerung möglich.

Man unterscheidet daher bei der Rasterisierung zwischen amplitudenmodulierten und frequenzmodulierten Rasterverfahren.

Beim amplitudenmodulierten Verfahren ist der Abstand zwischen den einzelnen Rasterpunkten konstant, während der Durchmesser variiert (dieses Verfahren wird auch bei dem ursprünglichen Belichtungsverfahren angewandt). Beim frequenzmodulierten Verfahren hingegen ist der Rasterpunktdurchmesser konstant und die Dichte bzw. der Abstand zwischen den Punkten ist variable. Oftmals werden beim frequenzmodulierten Verfahren Rasterpunkte auch zufällig auf eine Fläche verteilt („stochastisches Rasterverfahren“).



Abbildung 2.3: Amplitudenmoduliertes Punktraster

Das Belichtungsverfahren ist ein rein amplitudenmoduliertes Verfahren, während mit „computer-to-plate“ Technologie auch frequenzmodulierte Verfahren möglich sind.

Bei modernen Druckverfahren wird heute meist das frequenzmodulierte Rasterverfahren angewandt, da es einige Vorteile gegenüber dem amplitudenmodulierten Verfahren hat: Mit ihm lassen sich das Auftreten von Moiré Effekten sowie die benötigte Tintenmenge minimieren, außerdem ist ein um ca. sieben Prozent größerer Farbraum darstellbar. Ein Beispiel für frequenzmodulierte rasterbasierte Farbsynthese sind Tintenstrahldrucker, bei denen nur die Punktdichte und nicht die Punktgröße variiert wird.



Abbildung 2.4: Frequenzmoduliertes Punktraster (bei feinerer Auflösung)

Bei einem klassischen, amplitudenmoduliertem Raster (bzw. einem stochastischem Raster mit noch halbwegs regelmäßigem Punkteverlauf) werden einzelnen gerasterten Teilfarbbilder in unterschiedlichen Winkeln rotiert angeordnet, ebenfalls um Moiré Muster zu vermeiden. Hierbei werden intensivere Farben wie Schwarz (falls vorhanden) oder Magenta bei 45° angeordnet, weniger intensivere Farben in Richtung 0°, was darauf basiert, dass das menschliche Auge das Rastermuster am besten erkennt wenn es senkrecht verläuft, wo hingegen ein um 45° rotiertes Raster für das Auge schlechter zu erkennen ist.

Bei subtraktiven, rasterbasierten Farbsynthese Verfahren wird meist zusätzlich zu den Farben Cyan, Magenta und Gelb noch Schwarz verwendet. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Trägermedien beim Druck nur eine beschränkte Menge an Tinte aufnehmen können, was ein dunkles schwarz schwer zu erzeugen macht. Zudem ist es schwer durch Mischen von Cyan, Magenta und Gelb neutrale Grautöne zu erzeugen. Außerdem lässt sich durch den Einsatz schwarzer Tinte die benötigte Tintenmenge und damit die Druckkosten senken.

2.3 Neugebauer Gleichungen

Die Neugebauer Gleichungen (veröffentlicht von *Neugebauer* 1937) sind ein Modell, das den Zusammenhang zwischen den Normfarbwerten der acht Druckfarben in einem Rasterdruck und den Flächendeckungsanteilen der vier Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb beschreibt.

Ein Rasterdruck verfügt über acht Farben, da nicht nur Rasterpunkte in den Grundfarben Cyan, Magenta und Blau gedruckt werden können, sondern auch Überlagerungen dieser Punkte möglich sind, wodurch man zusätzlich die Farben Rot, Grün, Blau und Schwarz erhält.

In den Neugebauer Gleichungen betrachtet man zudem auch die Flächendeckungsanteile dieser 8 Farben. Beispielsweise beschreibt c den Flächenanteil des betrachteten Bildes, der mit Cyan bedeckt ist, entsprechend $(1 - c)$ den Teil des Bildes, der nicht mit Cyan bedeckt ist. Auf diese

weise lassen sich nach den Regeln der Stochastik folgende Gleichungen für die Flächendeckungsanteile der 8 Farben angeben:

$(X_1, Y_1, Z_1) :$	$f_1 = (1 - c)(1 - m)(1 - y)$	Weiß
$(X_2, Y_2, Z_2) :$	$f_2 = c(1 - m)(1 - y)$	Cyan
$(X_3, Y_3, Z_3) :$	$f_3 = m(1 - c)(1 - y)$	Magenta
$(X_4, Y_4, Z_4) :$	$f_4 = y(1 - c)(1 - m)$	Gelb
$(X_5, Y_5, Z_5) :$	$f_5 = my(1 - c)$	Rot
$(X_6, Y_6, Z_6) :$	$f_6 = cy(1 - m)$	Grün
$(X_7, Y_7, Z_7) :$	$f_7 = cm(1 - y)$	Blau
$(X_8, Y_8, Z_8) :$	$f_8 = cmy$	Schwarz

Hierbei gilt: $\sum_{i=1}^8 f_i = 1$

Die Tripel (X_n, Y_n, Z_n) stehen dabei für den CIE-Normfarbwert der jeweiligen Farbe, f_1 bis f_8 sind die Flächendeckungsanteile der Farbe. Diese ergeben in ihrer Summe immer eins (ähnlich einer diskreten Zufallsverteilung).

Die eigentliche Aussage des Modells wird mit folgenden drei Gleichungen gemacht, die als lineares Gleichungssystem anzusehen sind:

$$X_{col} = \sum_{i=1}^8 f_i X_i = f_1 X_1 + f_2 X_2 + f_3 X_3 + f_4 X_4 + f_5 X_5 + f_6 X_6 + f_7 X_7 + f_8 X_8$$

$$Y_{col} = \sum_{i=1}^8 f_i Y_i = f_1 Y_1 + f_2 Y_2 + f_3 Y_3 + f_4 Y_4 + f_5 Y_5 + f_6 Y_6 + f_7 Y_7 + f_8 Y_8$$

$$Z_{col} = \sum_{i=1}^8 f_i Z_i = f_1 Z_1 + f_2 Z_2 + f_3 Z_3 + f_4 Z_4 + f_5 Z_5 + f_6 Z_6 + f_7 Z_7 + f_8 Z_8$$

Dabei ist $(X_{col}, Y_{col}, Z_{col})$ die aus der Überlagerung entstehende Farbe, f_1 bis f_8 sind die Flächendeckungsanteile der Teilfarben und X_n, Y_n, Z_n sind jeweils die Komponenten der CIE-Normfarbwerte der Farben.

Die Gleichung beschreibt im Grunde genommen lediglich den Überlagerungs- bzw. Mischvorgang. Durch diese Formalisierung ist es jedoch möglich zu zwei gegebenen Größen jeweils eine fehlende Größe zu berechnen.

Auf diese Art kann der CIE-Normfarbwert des (zu erzeugenden) Punktraster-Drucks mittels der Flächenbedeckungen und der Normfarbwerte der Druckfarben und Druckmischfarben berechnet werden.

Meist sind die CIE-Normfarbwerte der 8 Teilfarben bekannt. Mit Hilfe dieses Gleichungssystems ist auch die Berechnung der Flächenanteile für einen gegebenen Normalfarbwert möglich. D.h. man kann zu einem zu synthetisierenden Normfarbwert berechnen, welche Farbpunktdichte der Druckfarben notwendig sind, um diesen zu erzeugen. Vor allem diese Anwendung ist für die subtraktive Farbsynthese mittels Punktraster von Bedeutung. So lässt sich Berechnen, welcher Flächenanteil der Grundfarben benötigt wird, um eine Zwischenfarbe zu erzeugen.

In der Praxis kann es hierbei jedoch zu Abweichungen führen, bedingt z.B. durch Farbreflexionen des Papiers oder Tinteneigenschaften. Um dies zu kompensieren fügt man in die obigen Gleichungen entsprechende Korrektorexponenten für X_n , Y_n und Z_n ein.

Die Neugebauer Gleichungen sind nur eine Möglichkeit der Umrechnung von CIE-XYZ Normfarbwerten in CMY Werte. Es gibt eine Reihe weiterer Modelle, die entweder auch über den Flächendeckungsanteil der Farben oder über die Farbigkeit arbeiten.

2.4.1 Graukomponenten Ersetzung (Gray Component Replacement)

Die subtraktive Farbmischung aus den Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb hat in der Druckpraxis einen gravierenden Nachteil: Grautöne und sehr dunkle Farben bzw. Schwarz lassen sich nicht schlecht sauber darstellen. Bei Grautönen besteht die Schwierigkeit darin eine exakte Balance der drei Grundfarben zu erreichen um somit einen Farbstich zu vermeiden. Beim Mischen von Schwarz liegt das Problem bei der begrenzten Farbaufnahmefähigkeit des Papiers, das irgendwann gesättigt ist und nicht mehr genug Farbe aufnehmen kann um ein tiefes Schwarz zu erzeugen.

Daher wird, wie bereits erwähnt, beim Druck zusätzlich Schwarz als Grundfarbe verwendet (CMYK-Farben). Beim Erzeugen der Druckvorlage wird zwar neben Teilbildern für Cyan, Magenta und Gelb dann auch ein Schwarz Teilbild erstellt, es kann jedoch dann immer noch zu Problemen bei den Graufarben kommen. Aus diesem Grund wird meist eine Ersetzung der Graukomponente durch Schwarz vorgenommen.

Die Graukomponenten Ersetzung ist ein Vorgang, der vor dem Druck auf die Druckvorlage angewendet wird. Hierbei wird zunächst der kleinste Farbwert der drei CMY-Komponenten ermittelt. Dieser Wert bestimmt dann den neuen Schwarzanteil. Die CMY-Komponenten werden dann um den ermittelten Wert erniedrigt, es werden quasi die überlappenden Farbanteile, die nur zu einer Verdunklung der Farbe führen würden entfernt. Das führt außerdem dazu, dass bei voller Graukomponenten Ersetzung immer eine Farbkomponente komplett raus fällt (siehe Abbildung 2.5).

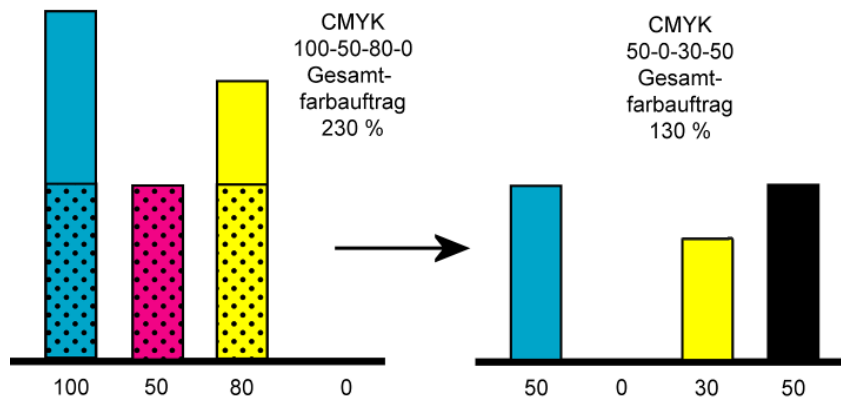


Abbildung 2.5: Prinzip der Graukomponenten Ersetzung

Die Graukomponenten Ersetzung hat jedoch auch Nachteile: Die Sättigung der Farbe kann sich leicht verändern, was besonders auffällig bei Hautfarben und Pastelltönen ist. Außerdem führt die Graukomponenten Ersetzung unter Umständen zu einem deutlicher erkennbaren Punktraster (mehr dazu im folgenden Abschnitt). Aus diesem Grund wird die Ersetzung in der Praxis auch nie vollständig ausgeführt, sondern nur bis zu einem bestimmten, sinnvollen Grad.

Eine besondere Form der Graukomponenten Ersetzung ist Under Color Removal: Hierbei wird die Graukomponente nur bei neutralen Farben, also Graustufen und Schwarz, ersetzt.

2.4.2 Under Color Addition

Under Color Addition ist ein ebenfalls mit der Graukomponenten Ersetzung zusammenhängendes Verfahren und bildet in gewisser Weise die Umkehrung dessen. Hierbei werden entweder Graustufen-Farben oder Schwarz durch bunte Farben ersetzt oder es werden bunte Farben zu Schwarz hinzugefügt.

Die Ersetzung von Grau bestehend aus schwarzen Farbpunkten durch bunte Farbpunkte hat den Vorteil, dass man bei hellen Graufarben die einzelnen Farbpunkte, aus denen die Farbe zusammengesetzt ist, weniger stark wahrnimmt. Dies liegt daran, dass die Grundfarben weniger intensiv sind und drei mal dichter gestreut werden können als die schwarzen Punkte. Die Ersetzung kann also zu einem gleichmäßigerem Bild mit weniger ersichtlichem Farbpunkt-Muster führen.

Ein weiterer wichtiger Nutzen der Under Color Addition besteht darin, dass man zu Schwarz weitere bunte Farbpunkte beimischt (alle Farben im gleichen Verhältnis). Da in der Praxis selbst schwarze Tinte oft keine ausreichende Deckkraft hat lässt sich so dennoch ein gesättigtes, Tiefes Schwarz erreichen.

2.5 Farbttestverfahren (Color Proofing)

Beim Druck muss der Farbbalance besondere Beachtung gewidmet werden, um Farbstiche, die aus unpräzisen Teilfarbbildern resultieren könnten, zu vermeiden. Hierzu bieten Farbttestverfahren („Color Proofing“) eine Art Qualitätskontrolle während des Druck Verfahrens. Es handelt sich hierbei um ein einfaches „WYSIWYG“ („What You See Is What You Get“) Verfahren.

Es gibt im wesentlichen drei Arten des Color Proofing:

- Das Overlay Verfahren: Mehrere transparente Kontaktabzüge der Teilbilder werden übereinander gelegt, wodurch eine Vorschau des fertigen Druckbildes entsteht. Dieses Verfahren ist jedoch relativ ungenau (auf Grund der Lichtreflexionen zwischen den einzelnen Schichten). Implementationen dieses Verfahrens in der Praxis sind z.B. *3M Colorkey*, *3M Matchkey* und *Kodak Accord*.
- Das Surprint Verfahren: Hierbei handelt es sich um einen Übereinanderdruck der einzelnen Farbbilder. Die drei Farbbilder für Cyan, Magenta und Gelb werden nacheinander mittels Kontaktabzug auf ein spezielles Papier belichtet. Das Papier wird dadurch an den belichteten Stellen klebrig. Nun kann der beim Druck verwendete Toner auf diese Stellen übertragen werden. Dieser Vorgang wird für die einzelnen Farbschichten wiederholt. Ein Beispiel für dieses Verfahren ist das *Cromalin* Verfahren von *DuPont*.
- Elektronische (und digitale) Verfahren: Werden die Teilfarbbilder elektronisch erfasst (beispielsweise mittels eines Bildscanners), so lässt sich leicht eine Vorschau auf einem Monitor oder Display realisieren. Diese Vorschau beinhaltet aber einige Schwächen, beispielsweise ist die Auflösung des Monitors meist sehr viel geringer als die des resultierenden Drucks. Zudem stellen Monitore oftmals Farben nicht ganz korrekt dar. Daher wird dieses Proofing-Verfahren (ein so genanntes „soft proof“ Verfahren) meist in Kombination mit einem der beiden vorherigen Verfahren verwendet („hard proofs“).

Das Overlay und Surprint Proofing verfahren hat allerdings auf Grund der „computer-to-plate“ Technologie, die ein erstellen von einzelnen, physikalischen Teilfarbbildern überflüssig macht, an Bedeutung verloren. Als weiteres Farbttestverfahren unmittelbar vor dem Druck bietet sich außerdem natürlich der Probedruck direkt auf der Druckpresse an, der endgültige Gewissheit über die Farbechtheit des Drucks schafft.

2.6 Tonwertzuwachs und Lichtfang

Bei der Farbsynthese mittels Punktraster sind zwei Effekte zu beachten, die dazu führen, dass das Ergebnis der Farbsynthese in der Praxis vom theoretischen Modell abweicht: Der Tonwertzuwachs und der so genannte Lichtfang.

Der Lichtfang ist ein physikalisches Phänomen das bei Punktrasterdrucken auftritt: Betrachtet man das ein- und ausfallende Licht auf einem bedruckten Papier, das einen Flächendeckungsanteil von genau 50% einer Farbe hat (d.h. genau die Hälfte der Fläche wird von Punkten bedeckt), so lässt sich mittels Messung feststellen, dass der Anteil des reflektierten Lichts unter den erwarteten 50% (Reflexion des unbedruckten Papiers) liegt.

Dies ist dadurch begründet, dass das einfallende Licht nicht direkt auf der Oberfläche der unbedruckten Stellen reflektiert wird, sondern zunächst teilweise in das Innere des Papiers eintritt. Erst dort wird es reflektiert, wobei ein Teil des reflektierten Lichtes dabei auf die Rückseite der bedruckten Stellen trifft und so zu sagen „gefangen“, d.h. absorbiert, wird (siehe Abbildung 2.6). Dieser Effekt führt einer höheren tatsächlichen Flächendeckung als ursprünglich beabsichtigt.

Dieser Lichtfang Effekt spielt auch beim Tonwertzuwachs eine wichtige Rolle. Tonwertzuwachs bezeichnet den Effekt, dass eine Farbe beim Druck dunkler bzw. intensiver abgebildet wird als es ihrem Normfarbwert entspricht (trotz korrekter Umrechnung etc.).

Der Tonwertzuwachs resultiert zum größten Teil aus dem Lichtfang, der Farben auf Grund der in der Praxis geringeren Lichtreflexion dunkler werden lässt. Ein weiterer Faktor ist dabei die Punktvergrößerung beim Druck: Durch die Übertragung der Tinte von der Druckplatte auf das Papier (ggf. über weitere Zwischenrollen) sowie den Aufpressvorgang dabei werden die Rasterpunkte der Druckplatte auf dem Papier in ihrem Durchmesser etwas größer als beabsichtigt. Das Problem der Punktvergrößerung lässt sich jedoch leicht durch entsprechende Maßnahmen beim Druckverfahren kompensieren.

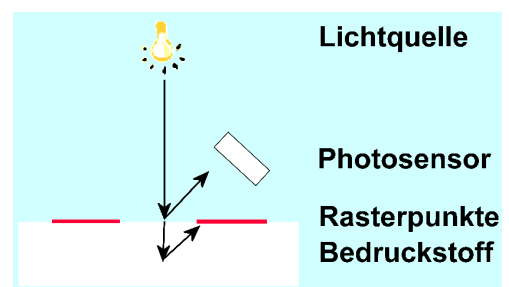


Abbildung 2.6: Schematische Darstellung des Lichtfang Effekts

Beide Effekte hängen vom verwendeten Druckmaterial bzw. Papier ab, weshalb diese von der Druckindustrie nach den entsprechenden Eigenschaften klassifiziert werden. Diese Effekte müssen beim Druck im Zuge der Farbkorrektur berücksichtigt werden. Sie spielen auch bei der Anwendung der Neugebauer eine Rolle, da hierbei die Annahme getroffen wird, dass es beim Übereinanderdruck von Rasterpunkten der Farben Cyan, Magenta und Gelb durch Überlappung nur acht resultierende Farben geben kann. Aufgrund des Lichtfang Effektes ist dies jedoch nicht ganz Richtig, da auch ein gewisser Anteil ungewollter Zwischenfarben vom Betrachter wahrgenommen wird.

3. Farbscanner

Auf Grund der Tatsache, dass die drei Druckfarben Cyan, Magenta und Gelb jeweils auch ungewollt Farbanteile der anderen Farben enthalten (bei Gelb ist dieser Effekt am geringsten), kann es beim Druck zu Farbabweichungen kommen. Daher ist eine direkte Reproduktion eines Bildes z.B. mit Hilfe eines reinen fotomechanischen Verfahrens eher ungeeignet, da Farbkorrekturen mehr oder weniger von Hand durchgeführt werden müssen. Aus diesem Grund wurden beim Druck Farbscanner eingesetzt, die die einzelnen Teilbilder der Grundfarben erzeugten sowie eine Farbkorrektur durchführen konnten. Zudem war es möglich ein gerastertes Bild zu erzeugen. Dieses wurde entweder mittels einer Gittermaske erzeugt oder berechnet (später auch digital).

Diese Scanner haben mit den heutigen Scanner (PC Peripheriegeräten), wie sie von Desktop-PCs bekannt sind eher wenig zu tun. Sie waren ursprünglich rein analoge, aufwendige Geräte die nur von der Druckindustrie eingesetzt wurden. Heute ist diese Technik auf Grund computergestützter Verfahren zur Erzeugung der Teilbilder oder Druckplatten („computer-to-plate“) überholt.

3.1 Hardy und Wurzburg Scanner

Der erste Scanner wurde 1948 von *Hardy* und *Wurzburg* entwickelt. Dieser Scanner konnte aus drei Teilfarbbildern ein farbkorrigierte, gerasterte Teilbilder erzeugen, die als direkte Vorlage zur Erstellung von Druckplatten dienten (Abbildung 3.1).

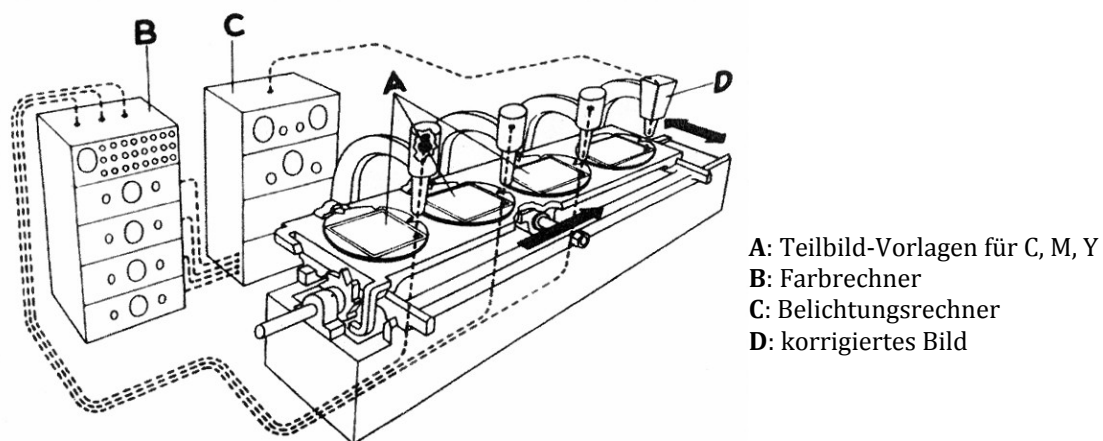


Abbildung 3.1: Hardy und Wurzburg Scanner
(Quelle: Hunt: „The Reproduction Of Colour“)

Der Scanner verfügte über vier Fotofelder. Auf drei der Felder (A) waren die drei Negativ- oder Positiv-Graustufenbilder der bereits separierten Teilfarbbilder für Cyan, Magenta und Gelb angebracht. Zusätzlich war auf dem vierten Feld ein unbelichtetes Fotomaterial angebracht, auf dem die resultierenden, korrigierten Teilbilder nacheinander erzeugt werden konnten. Die Bilder

wurden mit vier Projektoren, die einen gebündelten Lichtstrahl auf die Vorlage projizierten, Abgetastet. Das entstehende Bild wurde mit Hilfe dieses Projektors belichtet. Die Projektoren waren fest angebracht. Zur zeilenweisen Abtastung des Bildes wurde der Unterbau des Scanners zyklisch hin und her bewegt. Üblich waren Abtastungsdichten von 8 bis 40 Zeilen pro mm. Die drei abgetasteten Signale der Teilbilder repräsentierten die einzelnen CIE-Normfarbwert Komponenten X_p , Y_p und Z_p . Diese Signale wurden in einen Farbrechner geleitet (B). Dieser Farbrechner verfügte über die Normfarbwerte der acht möglichen Druckfarben und konnte so mit Hilfe der Neugebauer-Gleichungen die Farbflächenanteile der drei Druckgrundfarben Cyan, Magenta und Gelb berechnen. Da die Farbwerte der acht Farben, die beim Druck auftreten können, auf einem vorhandenen Druckstück gemessen und dann in den Farbrechner gespeichert wurden, fand durch die Berechnung der Flächendeckungsanteile mittels der Neugebauer-Gleichungen automatisch eine Farbkorrektur statt. Zur Erzeugung eines fertigen, korrigierten und ggf. gerasterten Teilfarbbildes wurden die entsprechenden Informationen des Farbrechners an einen nachfolgenden Belichtungsrechner (C) weitergeleitet, der eine Ansteuerung des Projektors zur Entwicklung des Bildes realisierte.

3.2 P.D.I. Scanner

Ein weiterer Scanner mit vergleichbarer Funktion aber etwas unterschiedlichem Aufbau ist der P.D.I. (Printing Developments Incorporated) Scanner (Abbildung 3.2)

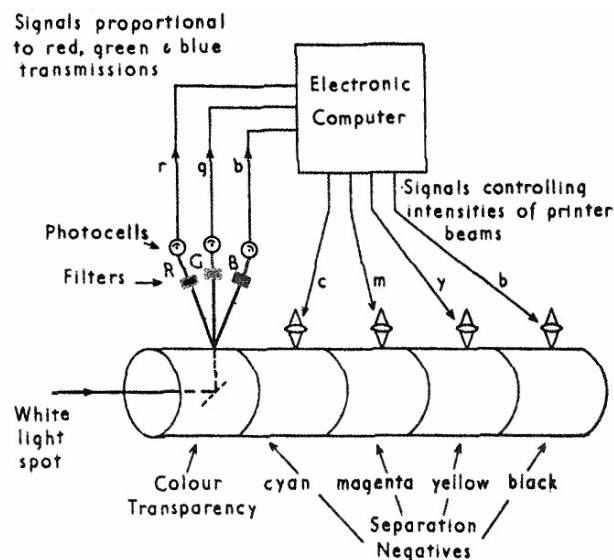


Abbildung 3.2: Schematischer Aufbau eines P.D.I. Scanners
(Quelle: Hunt: „The Reproduction Of Colour“)

Der einzige funktionale Unterschied ist, dass der P.D.I. Scanner alle drei korrigierten Bilder auf einmal erzeugen kann. Im Aufbau unterscheidet er sich vom Hardy und Wurzburg dadurch, dass

die Bilder zylindrisch auf einer Achse gelagert sind statt auf einem Flachbett. Außerdem arbeitet er mit transparenten Vorlagen. Zudem basiert die Berechnung des P.D.I. Scanners auf der Farbfilter Theorie („Masking“) anstatt auf den Neugebauer Gleichungen.

Je nach Scannertyp (bzw. Farbrechner) sind zudem weitere Korrekturen am Bild möglich, wie beispielsweise die Graukomponenten Ersetzung oder „Under Color Correction“.

Quellen:

- Hunt, R.W.G.: The Reproduction of Colour; Wiley, 6. Ausgabe, 2004
- [Vorlesungsskript TU Darmstadt](#)
- [Vorlesungsskript Universität Rostock](#)
- [DuPont Chromalin Website](#)
- ["Understanding Color" \(Artikel\), Giordano Beretta, Hewlett-Packard Laboratories](#)
- <http://www.wikipedia.org/>