

OD3

Mehrfarbendruck

Praktikumsanleitung

1. Aufgabenstellung

Es ist ein Vierfarbendruck im Offsetdruckverfahren bei Einsatz von Buntaufbau, der UCR- und der GCR-Technik zu drucken. Im Anschluss erfolgt die drucktechnische Bewertung hinsichtlich der Wirkung verschieden aufgebauter Farbanteile sowie des Einflusses des Bildaufbaus auf die Bildqualität bei Farbführungsschwankungen.

2. Problemstellung

Im Offsetdruck werden beim konventionellen Vierfarbendruck (Buntaufbau) die Bildtiefen (das sind dunkle Grautöne oder dunkle Tertiärfarbtöne bis hin zum tiefen Schwarz) durch beinahe vollflächigen Übereinanderdruck der vier Teilfarben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz auf dem Bedruckstoff erzeugt. Dabei können Farbschichten bis zu 380 % an diesen Bildstellen auf dem Bedruckstoff liegen. Das entspricht einer Farbschichtdicke von etwa 4 μm . Problematisch ist weiterhin die Verschwärzlichung bei Tertiärfarben durch entsprechende Teilmengen der jeweiligen Komplementärfarben. Diese oben aufgeführten Sachverhalte bereiten dem Drucker folgende Probleme:

- Der Zusammendruck der vier Teilfarben bereitet Schwierigkeiten bei der exakten Farbtonwiedergabe. Dies macht sich in einer gestörten Graubalance bemerkbar und hat besonders bei neutralgrauen Tertiärfarbtönen Farbstichigkeit zur Folge. Die Graubalance im Vierfarbendruck liegt dann vor, wenn die drei Buntfarben so auf einander abgestimmt sind, dass neutralgraue Bildtöne der Vorlage im Zusammendruck der drei Buntfarben Cyan, Magenta und Yellow, auf dem Druckbogen wieder als Neutralgrau erscheinen.
- Der flächige Übereinanderdruck der Teilfarben (Trapping) kann zu Farbannahmeproblemen führen. Das bedeutet, dass sich beim Nass-in-Nass Druck die Farbannahme auf dem Bedruckstoff durch eine Beeinflussung der Farbspaltungsebene von der ersten bis zur vierten Farbe immer mehr verringert. (Abb. 1 u. 2)

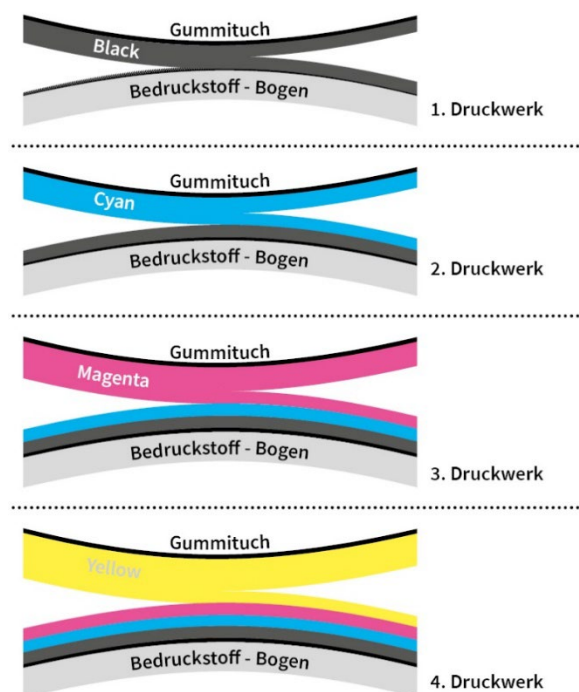


Abb. 1: Schematische Darstellung Trapping (Beeinflussung durch unterschiedliche Farbschichtdicken sowie Staffelung der Viskosität)

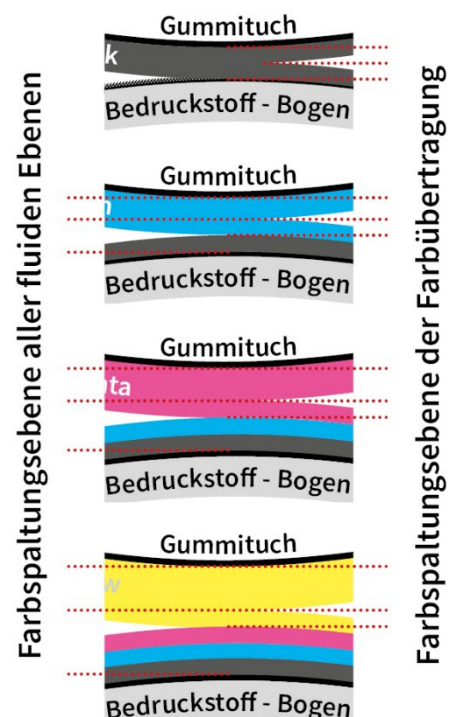


Abb. 2: Schematische Darstellung möglicher Verschiebungen der Farbspaltungsebenen im Mehrfarbendruck

- Durch den fast 400 %-igen Übereinanderdruck der vier Teilfarben in den Bildtiefen kommt es zu Trocknungsproblemen auf dem Bedruckstoff, dies kann zum partiellen Abliegen im Auslagestapel führen.

Um die oben geschilderten Druckschwierigkeiten zu beseitigen oder zu reduzieren, stellen UCR-Technik (Unterfarbenreduzierung) und GCR-Technik (Graukomponentenersatz) gute Alternativen zum konventionellen Vierfarbendruck dar. /1/, /2/

3. Theoretische Grundlagen

3.1. Theorie des Vierfarbendruckes

Das Prinzip des Vierfarbendruckes beruht auf einer Kombination von additiver und subtraktiver Farbmischung. Von additiver Farbmischung spricht man bei der Mischung von farbigem Licht, z. B. der Mischung der Lichtfarben Rot, Grün und Blau (in Analogie zum menschlichen Farbsehen). Alle Mischungen der drei so genannten Körperfarben Cyan, Magenta und Gelb im Übereinanderdruck entstehen durch subtraktive Farbmischungen. Je größer die Farbschichtdicke ist, desto mehr Licht wird absorbiert und die reflektierten Lichtmengen werden reduziert. Der Farbton erscheint dann dunkler.

Beim Übereinanderdruck gerasterter Farbauszüge wirken sowohl additive als auch subtraktive Farbmischung. Es entsteht so der Eindruck von differenzierten Farben und Tonwerten (Helligkeitsunterschieden). Die übereinander gedruckten Rasterpunkte führen durch subtraktive Farbmischung zu einer dunklen Mischfarbe (Sekundär- und Tertiärfarben). Das remittierte Licht der angrenzenden, reinen Rasterpunkte erzeugt zusammen mit dem Anteil Papierweiß im Auge des Betrachters auf additivem Wege die hellen Mischfarben. Diesen Sachverhalt hat Neugebauer /3/ in seiner Theorie des Dreifarbendruckes beschrieben.

Danach kann sich der Farbton eines Bildelementes im Dreifarbendruck durch Vektoraddition aus maximal acht Farben zusammensetzen. ("Ein Bildelement ist eine kleine Fläche an einer beliebigen Stelle des Bildes, die beim Betrachten aus normaler Entfernung einheitlich gefärbt erscheint, ohne dass die Struktur des Rasters (deutlich) erkennbar wird.") /3/

Der Farbton oder Farbreiz entsteht dabei durch die Addition von acht Vektoren. Diese sind:

$$\begin{array}{ccc} \vec{R}_1 = \text{Gelb} & \vec{R}_{12} = \text{Rot} & \vec{R}_{123} = \text{Schwarz} \\ \vec{R} & \vec{R} & \vec{W} \\ \vec{R} & \vec{R} & \end{array}$$

$$\vec{S}$$

$$\vec{S} = \psi_0 \vec{W} + \psi_1 \vec{R}_1 + \psi_2 \vec{R}_2 + \psi_3 \vec{R}_3 + \psi_{12} \vec{R}_{12} + \psi_{13} \vec{R}_{13} + \psi_{23} \vec{R}_{23} + \psi_{123} \vec{R}_{123} \quad (1)$$

$$\text{mit } \sum_i \psi_i = 1$$

Da die Flächenanteile $\psi_0, \psi_i, \psi_{ik}, \psi_{123}$ durch die Bildelemente der Druckform bestimmt werden, führt Neugebauer für die drei Druckfarben die von der Druckform abhängigen Flächendeckungsgrade ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 , ein.

Dabei gibt beispielsweise die Größe ϕ_1 an, welcher Bruchteil der Fläche des Bildelementes von Rasterelementen der Druckfarbe 1 bedruckt ist, gleichgültig ob noch eine weitere Druckfarbe darauf gedruckt wurde oder nicht. Das gilt analog für ϕ_2 und ϕ_3 . Der funktionelle Zusammenhang zwischen ψ und ϕ ergibt sich aus den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit. Der Flächendeckungsgrad ϕ_1 ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein Punkt eines Bildelementes von der Druckfarbe 1 bedruckt wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass der Punkt von der Druckfarbe 1 nicht bedruckt wird, ist $1 - \phi_1$.

Die Wahrscheinlichkeit des Zusammenkommens von Druckfarbe 1 und Druckfarbe 2 eines Bildelementes auf der gleichen Stelle des Druckbogens wird wie folgt beschrieben: $\phi_1 \phi_2$.

Angenommen es soll der Zusammenhang beschrieben werden, dass ein Punkt eines Bildelementes sowohl von Druckfarbe 1 als auch von Druckfarbe 2, nicht aber von Druckfarbe 3 getroffen wird kann das mit dem Ausdruck

$$\Psi_{12} = \varphi_1 \varphi_2 (1 - \varphi_3) \quad (2)$$

beschrieben werden.

Setzt man an Stelle von $\Psi_0, \Psi_i, \Psi_{ik}, \Psi_{123}$ die Größen $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ in (1) ein, führt dies zur Neugebauerergleichung:

$$\begin{aligned} \vec{S} = & (1 - \varphi_1)(1 - \varphi_2)(1 - \varphi_3) \vec{W} + \varphi_1(1 - \varphi_2)(1 - \varphi_3) \vec{R}_1 \\ & + (1 - \varphi_1)\varphi_2(1 - \varphi_3) \vec{R}_2 + (1 - \varphi_1)(1 - \varphi_2)\varphi_3 \vec{R}_3 \\ & + \varphi_1\varphi_2(1 - \varphi_3) \vec{R}_{12} + \varphi_2(1 - \varphi_2)\varphi_3 \vec{R}_{13} \\ & + (1 - \varphi_1)\varphi_2\varphi_3 \vec{R}_{23} + \varphi_1\varphi_2\varphi_3 \vec{R}_{123} \end{aligned} \quad (3)$$

3.2. Vierfarbendruck mit Buntaufbau

3.2.1. Konventioneller Vierfarbendruck

Hier besteht der Vierfarbsatz aus den "vollen" Farbauszügen für die drei Teilfarben Gelb, Magenta und Cyan und zusätzlich aus einem (meist) skelettartigen vierten Farbauszug für die Druckfarbe Schwarz.

Obwohl nach den Gesetzen der subtraktiven Farbmischung der Übereinanderdruck der drei bunten Teilfarben genügt, um Schwarz zu erzeugen, ist das in der Praxis aufgrund der lasierenden Eigenschaften der Druckfarben sowie der physikalischen Eigenschaften der Pigmente nicht möglich.

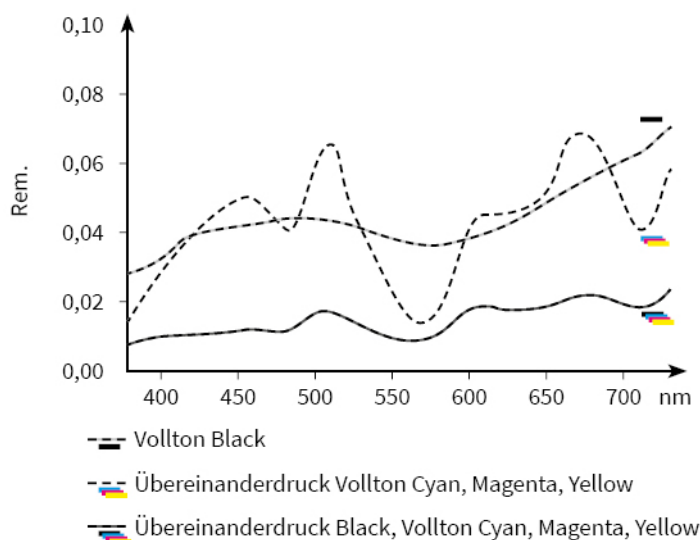


Abb. 3: Beispielhafte Remissionskurven von Schwarz verschiedener Varianten des Übereinanderdrucks

Die Druckfarbe Schwarz ist demzufolge nur eine Hilfsfarbe zur Kontrastverstärkung. In /4/ werden dafür folgende Gründe genannt:

- Die Buntfarben erfüllen nicht die geforderten Absorptionseigenschaften (Nebenspektren), so dass beim flächigen Übereinanderdruck von Gelb, Magenta und Cyan kein tiefes Schwarz entsteht. Zudem ist, um zu neutralen Bildtiefen zu kommen, Magenta und Gelb gegenüber Cyan etwas aufzuhellen.

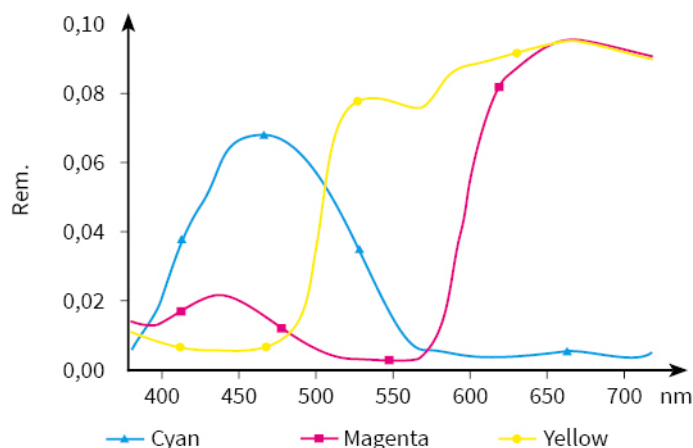


Abb. 4: Remissionskurven der Buntfarben Cyan, Magenta und Gelb

- Ein weiteres drucktechnisches Problem stellt die unterschiedliche Farbannahme beim flächigen Übereinanderdruck der drei Buntfarben dar. Bei der ersten Druckfarbe wirkt sich die Saugfähigkeit des Bedruckstoffes günstig auf die Farbübertragung aus. Die Farbannahme der nachfolgenden Druckfarben ist ungünstiger, denn die Farbübertragung erfolgt hierbei wie auf nichtsaugende Bedruckstoffe. Dies hat zur Folge, dass weniger Druckfarbe übertragen wird. Der dabei entstehende Mangel an Bildtiefe muss mit Schwarz als vierter Druckfarbe ergänzt werden.

Die Farbannahme FA kann über die Messung der optischen Dichte mit Hilfe der nachfolgenden Gleichungen berechnet werden:

$$FA = \frac{D_{12} - D_1}{D_2} \times 100\% \quad \text{oder} \quad FA = \frac{D_{123} - D_{12}}{D_3} \times 100\% \quad (4)$$

Alle Dichten müssen hierbei mit dem Farbfilter von Farbe 2 beziehungsweise Farbe 3 gemessen werden. Bei aktuellen Messgeräten zur densitometrischen oder spektralen Messung ist die Farbannahmemessung meist als Messprogramm vorhanden.

Problematisch für den konventionellen Vierfarbendruck ist die Tatsache, dass in den neutralen Bildtiefen vier Farbschichten übereinanderliegen können. Der daraus resultierende Flächendeckungsgrad kann an solchen Bildstellen bis 380 % aufweisen (siehe Abb. 5).

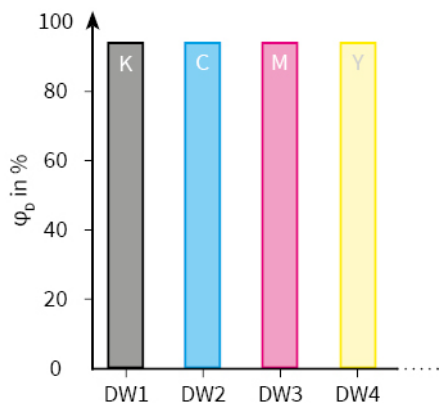


Abb. 5: Prozentualer Flächenanteil der vier Teilfarben in einer Bildtiefe

- Gestörte Farbannahme bei flächigem Übereinanderdruck der vier Teilfarben. Daraus resultieren Schwankungen in der Farbwiedergabe.
- Störungen der Graubalance, da Unbuntwerte prinzipiell durch Teilmengen der drei Buntfarben entstehen. /6/
- Der Übereinanderdruck der vier Farbschichten führt zu Trocknungsschwierigkeiten der Druckfarbe auf dem Bedruckstoff. Dadurch neigen die Druckbogen im Auslagestapel (besonders in den Bildtiefen) zum Abliegen. Um dies zu verhindern, ist der Einsatz von Bestäubungs- oder speziellen Trocknungseinrichtungen erforderlich.
- Durchschlagen der Druckfarben auf der Bogenrückseite bei dünnen Papieren.

Eine gute Möglichkeit, die oben aufgeführten Druckschwierigkeiten zu vermindern, ist die Technologie der "Unterfarben-Rücknahme".

3.2.2. Vierfarbendruck mit Unterfarben-Rücknahme - UCR

Der Vierfarbendruck mit Unterfarben-Rücknahme hat zum Ziel, nur in den neutralgrauen Bildstellen (besonders in den Bildtiefen) die Gesamtfarbschichtdicken zu reduzieren. Dieses Ziel lässt sich erreichen, indem man in den neutralgrauen Bildstellen Anteile der Buntfarben entfernt und diese proportional durch Schwarz ersetzt. Diese Technologie wird als Unterfarben-Rücknahme UCR (Under Colour Removal) bezeichnet. (Exakter müsste es "Buntfarben-Rücknahme" heißen.) In Abb. 6 ist das Prinzip der UCR an einem Beispiel dargestellt. Hierbei werden die Rastertonwerte der Buntfarben um jeweils 40 % reduziert und dafür das Schwarz um 30 % erhöht. Der Vierfarbendruck mit UCR stellt eine drucktechnisch günstigere Variante des Vierfarbendruckes mit Buntaufbau dar.

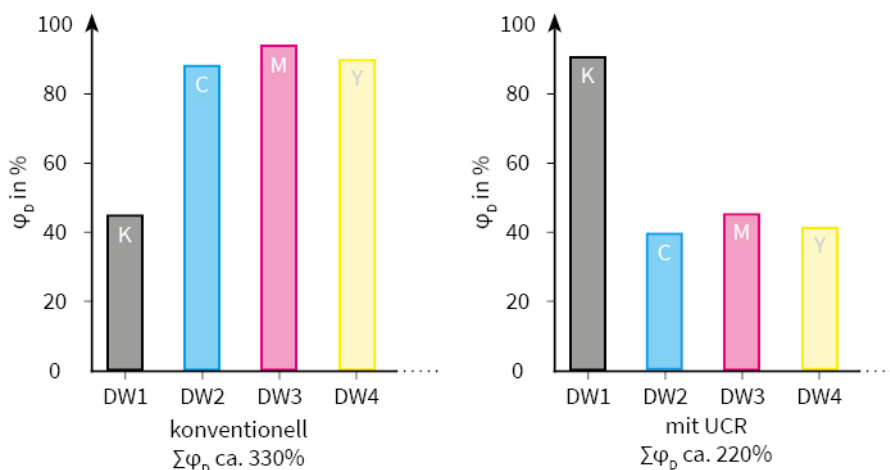


Abb. 6: Buntfarben-Rücknahme bei Anwendung der UCR

3.3.1. Unbuntaufbau unter idealen Bedingungen

Beim Vierfarbendruck mit Buntaufbau entstehen sämtliche Unbuntanteile eines Bildes durch die subtraktive Mischung der drei Buntfarben Cyan, Magenta und Gelb. Die Intensität eines Unbuntwertes ergibt sich durch die jeweilige Teilmenge der Komplementärfarbe. Die Hilfsfarbe Schwarz korrigiert lediglich dabei auftretende Mängel. Da aber Unbuntwerte nichts anderes sind als Graustufen bis hin zum vollen Schwarz, lassen sich Unbuntwerte wesentlich einfacher durch die Kombination der unbunten Farben Schwarz und Weiß (Papierweiß) erzielen. Das Prinzip des Unbuntaufbaues beruht also auf der Überlegung, sämtliche Unbuntanteile eines bunten Bildes durch die Druckfarbe Schwarz wiederzugeben. Die Druckfarbe Schwarz hat hierbei nicht nur die Aufgabe neutrale Bildtiefen und Grauwerte wiederzugeben, sondern auch jede Verschwärzlichung in den bunten Bildstellen. Damit wird Schwarz im Vierfarbendruck - bezogen auf die drei Buntfarben - zur gleichberechtigten Druckfarbe. Der prinzipielle Unbuntaufbau eines Farbtones ist in der folgenden Abb. 7 dargestellt.

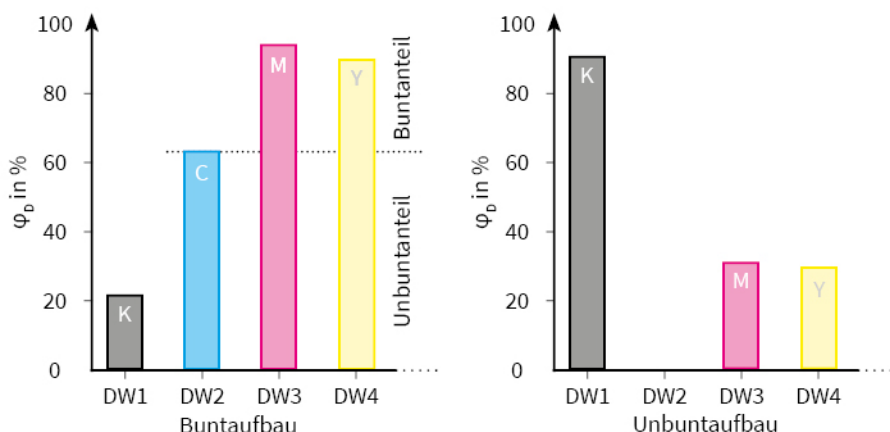


Abb. 7: Idealer Unbuntaufbau im Vergleich mit Buntaufbau

Das Beispiel in Abb. 7 zeigt, dass zum Aufbau dieser Tertiärfarbe (Dunkelbraun) nur die Buntanteile Gelb und Magenta und für den Unbuntanteil die äquivalente Menge Schwarz benötigt werden. Der Zusammendruck der drei Buntfarben im Buntaufbau (ohne Schwarz) führt bei Unbuntaufbau zu Farbmischungen, die nur noch jeweils aus zwei Buntfarben und Schwarz bestehen. Die Verschwärzliche von reinen, bunten Farbtönen und die plastische Durchzeichnung des Bildes bringt erst die extrem "volle" Schwarzdruckform. Die Summe der übereinanderliegenden Farbschichten beträgt bei konsequentem Unbuntaufbau in der Regel nicht mehr als etwa 180 %. Gegenüber dem Buntaufbau hat der Unbuntaufbau wesentliche Vorteile:

- Farbführungsschwankungen in den vorgegebenen Toleranzen bei den drei Buntfarben können die Graubalance nicht mehr stören. Die Farbstichigkeit besonders der empfindlichen neutralen Grautöne wird deutlich reduziert. Farbführungsschwankungen im Schwarz (in den Toleranzgrenzen) führen lediglich zu einer stärkeren oder geringeren Verschwärzliche der entsprechenden Farbtöne.
- Der Druckprozess des Vierfarbendruckes ist gegenüber den prozessbedingten Schwankungen in der Farbführung bei den Buntfarben unempfindlicher.
- Farbannahmeprobleme beim Übereinanderdruck der Teilfarben werden reduziert.
- Da die Gesamtfarbschichtdicke bedeutend dünner ist, wird Farbtrocknungsproblemen entgegengewirkt.
- Senkung des Druckfarbenverbrauchs
- Unbunt aufgebaute Bilder sind weniger empfindlich gegenüber geringen Passerabweichungen.
- Die oben aufgeführten Vorteile ermöglichen außerdem die Senkung des Makulaturanteils und der Energiekosten beim Einsatz von Farbtrocknungseinrichtungen.

Allerdings ist beim Vierfarbendruck mit Unbuntaufbau der Farbführung der Druckfarbe Schwarz besondere Beachtung zu schenken, da eine Unterschreitung der unteren Toleranzgrenze meist zu Makulatur führt.

3.3.2. Unbuntaufbau unter Praxisbedingungen - GCR mit UCA

Der ideale Unbuntaufbau lässt sich in der Praxis allerdings nicht verwirklichen, da die im Druckprozess eingesetzten Materialien keine idealen Eigenschaften aufweisen. Die wichtigsten Mängel dabei sind:

- *Druckfarbe:* Die praxisüblichen bunten Druckfarben weisen Mängel sowohl im Farbton (unerwünschte Nebenspektren) als auch in der Sättigung auf. Bei den für den Vierfarbendruck gebräuchlichen Schwarzfarben ist die optische Dichte meist unzureichend. Das hat zur Folge, dass besonders in den Bildtiefen die Schwärzliche zu gering ist.
- *Bedruckstoff:* Die Druckpapiere weisen im Weißgrad (bezogen auf Idealweiß) und auch in den Bedruckbarkeitseigenschaften Mängel auf.

Um diese oben aufgeführten Mängel zu kompensieren, arbeitet man in der Praxis mit einer abgeschwächten Form des Unbuntaufbaus: dem Graukomponentenersatz GCR (Grey Component Replacement) in Verbindung mit der Unterfarbenaddition UCA (Under Colour Addition). Mittels GCR wird von den tertiären Farbtönen der Grauteil (dieser ist für die Verschwärzliche einer Tertiärfarbe verantwortlich) teilweise oder ganz entfernt. Die Tonwerte für die Druckfarbe Schwarz werden dafür an diesen Bildstellen entsprechend erhöht. Dieser Vorgang erfolgt ebenso bei der Separation der Farbauszüge und bei der Berechnung der Tonwerte bzw. Rasterpunktgrößen zur Belichtung der Druckplatten nach festgelegten und für die jeweilige Druckmaschine vorgegebenen Einstellgrößen. In der folgenden Abb. 8 ist ein Praxisbeispiel für die programmgesteuerte GCR eines dunklen Brauntönen dargestellt.

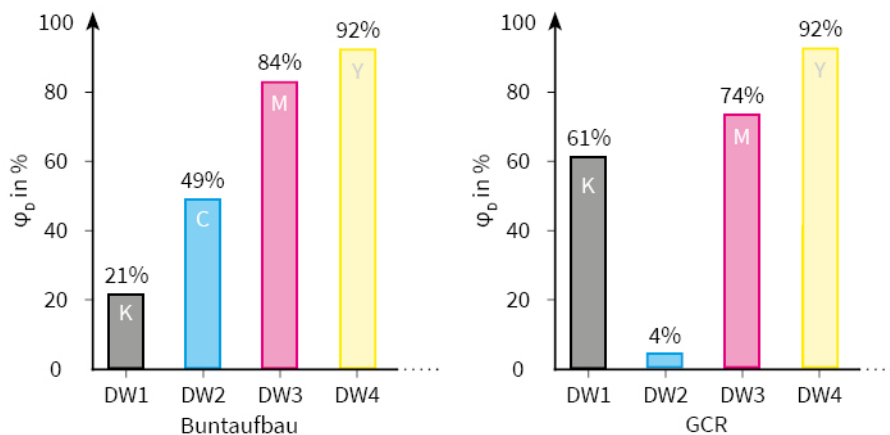


Abb. 8: Gegenüberstellung von Buntaufbau und GCR anhand eines Praxisbeispiels

Die Unterfarbenaddition kommt heutzutage nur bei problematischen Eigenschaften der Druckfarbe Schwarz in Verbindung mit bestimmten Bedruckstoffen zum Einsatz. Da hier die Druckfarbe Schwarz in den neutralen Bildtiefen (schwarze Bildstellen) allein gedruckt nicht die erforderliche optische Dichte erreicht, wendet man an solchen Bildstellen die UCA an. Das bedeutet, die drei Buntfarben werden an diesen Bildstellen in einem Prozentsatz von 20 % bis 50 % mit gedruckt. Mit dieser Unterfarbenaddition wird die geforderte optische Dichte erreicht. /1/ /2/ /4/ /5/

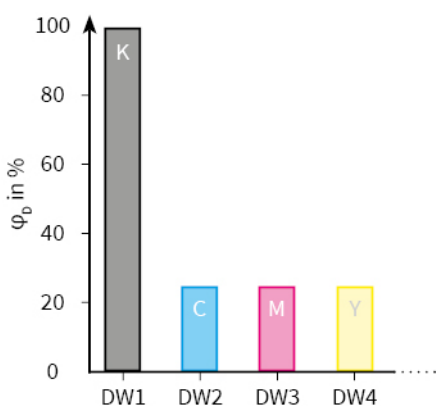


Abb. 7: Darstellung der Unterfarbenaddition

- Offsetdruckmaschine
- Densitometer
- Spektralfotometer
- Druckfarben (CMYK)
- Druckpapier (gestrichen oder ungestrichen, je nach Verfügbarkeit)
- Testdruckform (Satz aus vier Druckplatten)
- Hilfsmaterialien

Auf der Testdruckform befinden sich folgende Elemente:

- vierfarbige Motive als Buntaufbau mit UCR sowie Unbuntaufbau mittels CCR
- Kontrollelemente zur Messung der optischen Dichte, der Kontrolle der Graubalance, der Kontrolle der Druckabwicklung und zur Messung der Tonwerte für die Erstellung von drucktechnischen Kennlinien

5. Versuchsdurchführung

Der Druck der Versuchsaufgabe erfolgt auf einer Vier-Farben-Offsetdruckmaschine. Dabei sind folgende Vorgaben einzuhalten:

Farbenreihenfolge Schwarz - Cyan - Magenta - Gelb (Empfehlung als günstigste Reihenfolge für den Druck in der DIN-ISO12647-2)

Einhaltung der jeweiligen Werte für den Zielfarbbort der Volltonfarben nach DIN-ISO12647-2, Kontrolle im Auflagedruck über die Steuerung der spezifischen optischen Dichte (D) der jeweiligen Volltonfarben-Papierkombination ($D_{V_{C/M/Y/K}}$)

Nach dem Erreichen der Vorgabewerte für D_V (Toleranzgrenzen ergeben sich aus zulässigem Maximalwert für ΔE) wird eine ausreichende Anzahl Versuchsbogen gedruckt. Weiterhin sind alle vier Teilfarben einzeln zu drucken sowie Zusammendrucke der drei Buntfarben herzustellen.

Als nächstes werden Versuchsdrucke mit gezielter Veränderung der Farbgebung jeweils einer Buntfarbe (Toleranzgrenze) und der Druckfarbe Schwarz (Unterfärbung) hergestellt.

Die Versuchsbogen werden im Auslagestapel für die anschließende Auswertung gekennzeichnet.

6. Versuchsauswertung und Diskussion der Versuchsergebnisse

- Messung der optischen Dichte der vier Teilfarben aller Versuchsvarianten (pro Versuchsvariante 3 - 5 Messbogen – danach Mittelwertbildung)
- Bestimmung der Tonwertreduzierung an ausgewählten Bildstellen unter Verwendung der einzeln gedruckten Teilfarben (Säulendiagramm: Vergleich der Reprovarianten, Angabe der summierten Flächenanteile in %)
- Visueller Vergleich der drei Farbbilder bezüglich ihrer drucktechnischen Wiedergabe und Aufstellung einer qualitativen Rangfolge
- Diskussion der Messergebnisse und Vergleich mit der visuellen Einschätzung
- Diskutieren Sie die Empfindlichkeit der Farbbilder auf Schwankungen der Farbgebung bei den Buntfarben und Schwarz

7. Literatur

- /1/ Schmid, E.: Unbuntaufbau und Druckfarbe - erste praxisnahe Erkenntnisse durch K+E-Vergleichsdruck, Deutscher Drucker, Stuttgart 19 (1983) 17, S. 20 - 27
- /2/ Kucera, T.: Einführung der Unbunttechnik in der CSSR, Diplomarbeit 1984, THL, Sektion Polygrafie
- /3/ Neugebauer, H. E. J.: Zur Theorie des Mehrfarbendruckes, Zentralantiquariat der DDR 1989, S. 52 - 67
- /4/ Küppers, H.: Die Farbenlehre der Fernseh-, Foto- und Drucktechnik, Du Mont Buchverlag Köln, 1985
- /5/ Burkhardt, A. G.: Steht mit dem Verfahren des Unbuntaufbaues das druckgerechte Litho endlich vor der Tür, Deutscher Drucker, Stuttgart, 14 (1982) 33, S. 14 - 16
- /6/ MAN Roland - Nachrichten Extra 1: System Brunner Picture Contrast Profile - Druckstabilisierung durch Bildanalyse
- /7/ Pietsch, R.: Buntaufbau mit Unterfarbenreduzierung und Unbuntaufbau mit Buntfarbenaddition im Druckvergleich, Bundesverband Druck e.V., Abt. Technik + Forschung 1987
- /8/ Stanger, M.: Einfluss der Färbung auf Farbabstandsveränderungen an vierfarbigen Rastertönen im Offsetdruck- verfahren, Deutscher Drucker, Stuttgart, 33 (1990) 18, S. w64 - w69
- /9/ Sommer, R.: Brillant, plastisch und gestochen scharf: Diamond Screening, Offsetpraxis 3/1994, S.12 - 16
- /10/ Kipphan, H.: Handbuch der Printmedien, S. 95 - 102, Verlag Springer, 2000
- /11/ Neß, Ch.; Göttsching, L.: Neue Bildraster-Technologien und deren Anforderungen an den Bedruckstoff Papier, Teil 1: Vom Holzschnitt zum Hybridraster, Das Papier ipw 1/2000, S. T10 - T15

- /12/ Neß, Ch.; Göttching, L.: Neue Bildraster-Technologien und deren Anforderungen an den Bedruckstoff Papier, Teil 2: Methoden zur Beurteilung der Bildwiedergabe frequenzmodulierter Raster, Das Papier ipw 6/2000, S. T103 – T108
- /13/ Kleeberg, D.: Wie gut kennen Sie eigentlich Ihre Kennlinien?, Deutscher Drucker 27/2003, S. 22 – 24
- /14/ Autorenkollektiv: ProzessStandard Offsetdruck, Bundesvorstand Druck und Medien e. V., Ausgabe 2003
- /15/ DIN-ISO12647-2

8. Symbolverzeichnis

Symbol	Maßeinheit	Erklärung
D	-	optische Dichte
D_V	-	optische Dichte des Volltons
FA	%	Farbannahme beim Übereinanderdruck von Druckfarben
\vec{R}	-	Farbvektoren für die Grundfarben
\vec{S}	-	resultierender Vektor für den Farbton eines Bildelementes
\vec{W}	-	Vektor für das Papierweiß
φ_D	%	Flächendeckungsgrad eines gedruckten Rastertonwertes
Ψ	%	Flächendeckungsgrad der Grundfarben innerhalb eines Bildelementes

© Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Fakultät Medien, Lehrgebiet Druck- und Beschichtungsprozesse, 2021. (Nur für den internen Gebrauch an der Fakultät Medien der HTWK Leipzig bestimmt. Erarbeitet von Dipl.-Ing. Helmut Gößner | Überarbeitung durch Dipl.-Ing. (FH) Henning Nagel)