

Relative Farbmetrische Färbung oder densitometrisch messen?

DRUCKVORSTUFE UND DRUCK. In *Deutscher Drucker* Nr. 20/22.6.2006 hat der Beitrag »Hohe Tonwertzunahme kommt hauptsächlich vom Lichtfang« zu unerwartet vielen, meistens konstruktiven Stellungnahmen geführt. Dies zeigt, dass hier offensichtlich doch Klärungsbedarf besteht. Im vorliegenden Beitrag nun greift der Autor einen Aspekt von Dr. Martin Dreher (DFTA-Technologiezentrum) auf, der ebenfalls auf die Veröffentlichung reagiert hatte, und setzt sich mit der Relativen Farbmetrischen Färbung (RFF) auseinander.

Als Messgröße für die Färbung oder die Flächendeckung ist in der Druckindustrie eine densitometrische Angabe üblich. Vielleicht lohnt es sich noch einmal kurz zu wiederholen, was genau gemessen wird. Es wird Licht auf die Probe geworfen und gemessen, wie viel davon wieder zurück kommt. Immer weniger gebraucht wird die entsprechende Durchlichtmessung, bei der die Lichtstärke beispielsweise eines Leuchttisches an einer bestimmten Stelle gemessen wird. Dann wird ein Film auf den Leuchttisch gelegt und gemessen, ein wie großer Bruchteil des Lichtes noch ankommt. Dies kann dann auch nur ein tausendstel des ursprünglichen Lichtes sein. Damit man nicht so große Zahlen bekommt, arbeitet man mit dem negativen Logarithmus zur Basis 10, so dass man einfach von einer Dichte von drei sprechen kann. Die Formel von Murray-Davies ist nur wegen der Logarithmen so kompliziert.

$$FD_{\text{wirksam}} = \frac{1 \cdot 10^{-DR}}{1 \cdot 10^{-DV}} \cdot 100 (\%)$$

Die klassische Murray-Davies-Formel.

Wichtig dabei ist, dass das Papierweiß gleich null und der Vollton gleich 100 % gesetzt wird. Man könnte auch direkt mit der Lichtstärke rechnen. Bei gleichbleibender Beleuchtung ergäbe sich ohne Logarithmen:

$$FD = \frac{1 - L_{\%}}{1 - L_{vt}} \times 100 (\%)$$

FD : Flächendeckung
 L_% : Lichtreflexion des Rastertones
 L_{vt} : Lichtreflexion des Volltones

Murray-Davies-Formel ohne Logarithmen, nur über die Lichtreflexion.

Die Eins jeweils im Zähler und im Nenner steht dabei gleichsam für das Papierweiß. Ein Blick in eine mathematische Formelsammlung (Themen Potenzrechnung und Logarithmen) kann ganz schnell die Details klären. Das sollte aber jedem in der Branche nichts Neues sein. Unbekannt ist jedoch, dass man annähernd das Gleiche mit den L-Werten von Lab-Farbwerten tun kann.

$$F = \sqrt{a^2 + b^2 + (100 - L)^2}$$

$$F_{\text{rel}} = \frac{F_{\%} - F_{\text{PW}}}{F_{\text{VT}} - F_{\text{PW}}} \times 100 (\%)$$

F_{rel} : Relative Farbmetrische Färbung
 F_% : F des betreffenden Rastertones
 F_{PW} : F des Papierweiß
 F_{vt} : F des Volltones

Formel für die Relative Farbmetrische Färbung nach Schirmer (1).

Farbmetrische Färbung (RFF)« eingeführt und mit Formeln ähnlich der obigen beschrieben.

Ursprünglich ist die Formel für Luv-Farbdaten angegeben. Prinzipiell spricht aber nichts gegen eine Anwendung mit den heute üblicheren Lab-Farbdaten. Ein Vergleich der beiden Rechenmethoden ergab sinnvollere Werte bei der Berechnung über Lab. Bei der Berechnung über Luv hatte Yellow eine wesentlich höhere Tonwertzunahme als die beiden anderen Buntfarben, obwohl sie densitometrisch gemessen eine recht ähnliche Tonwertzunahme hatten.

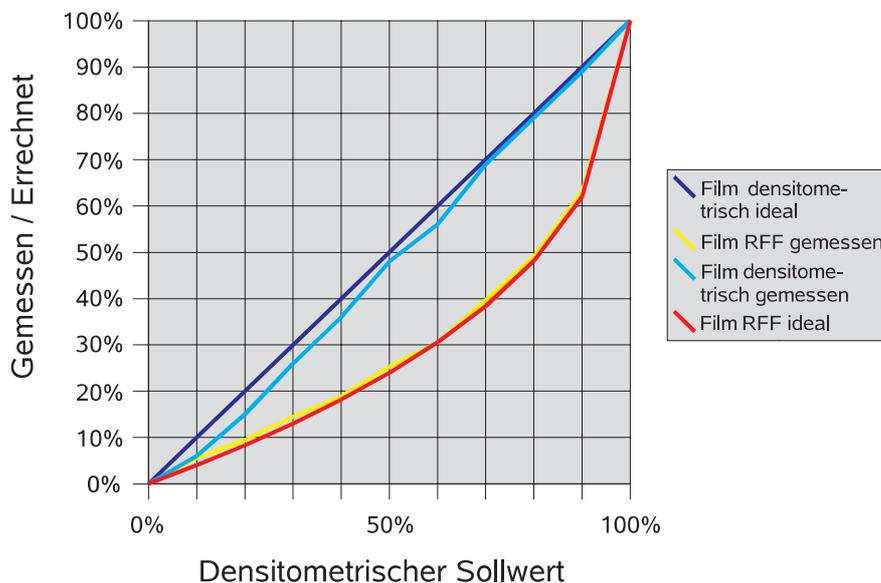


Diagramm 1: Densitometrie und RFF jeweils gemessen und theoretisch ermittelt im Vergleich.

DICHTEWERTE UND FARBMESSUNG.

Da inzwischen Farbmessgeräte nichts Exotisches mehr im Drucksaal sind, ist es durchaus eine Überlegung wert, ob diese Art der Messung gegenüber der Densitometrie Vorteile bringt. Karl-Heinz Schirmer hat in einer Untersuchung der Fogra zur Offset-Tiefdruck-Konversion den Begriff »Relative

Bei der relativen farbmetrischen Färbung ist wohl bewusst eine Analogie zur Densitometrie angestrebt. L ist normalerweise gleich 0 für kein Licht, und 100 für volle Beleuchtung. Da in der Densitometrie kleine Werte für das Papierweiß stehen und große für den Vollton, hat Schirmer wohl eine Umkehrung ähnlich F = 100 - L gewählt. Durch ei-

gene Berechnungen ergab sich, dass falls nur Schwarz gemessen wird, die Buntanteile a und b, oder u und v vernachlässigt werden können. Das Lab-Farbsystem ist zwar nicht vollkommen, aber es muss doch eine gute Annäherung an unser Farbsehen sein. Andernfalls würde das ganze Color-Management nicht funktionieren. Dieses geht aber ganz klar davon aus, dass der Helligkeitsreiz nicht einfach linear mit der wahrgenommenen Leuchtstärke zunimmt. Also nicht 10 % mehr Lichtstärke, 10 % mehr Reiz, sondern eher 10 % mehr Lichtstärke, 3 % mehr Reiz. Aber eben nicht linear. Nahe am Schwarz, kann es dann heißen 10 % mehr Lichtstärke, 25 % mehr Reiz. Mathematisch ausgedrückt ist es ein Zusammenhang von x zu dritte Wurzel aus x. Unglücklicherweise ist es zudem von großer Bedeutung, ob das Papier bezogen auf Absolutweiß oder Totalreflexion sehr hell oder dunkel ist. Ebenso ist es wichtig, ob der dunkelste Bereich, also das Schwarz nahe Absolutschwarz also Totalabsorption liegt, oder ob es mehr ein Grau ist. RFF ist also durchaus etwas anderes als Densitometrie. Man kann übrigens mit einem Farbmessgerät auch ein Densitometer simulieren, wie in einem Tabellenkalkulationsblatt von Bruce Lindbloom (www.brucelindbloom.com) sehr schön gezeigt wird. Dort kann man auch noch viel mehr berechnen, was aber jetzt zu weit führen würde.

RFF VERSUS DENSITOMETRIE. In Diagramm 1 zeigt die cyanfarbene Kurve die real gemessenen densitometrischen Dichtewerte gegen die Sollwerte. Man sieht, dass der Film nicht perfekt, aber brauchbar ist. Idealerweise sollte die blaue Kurve herauskommen. Wird nun die Lichtmenge linear verändert, wie das mit dem Film offensichtlich

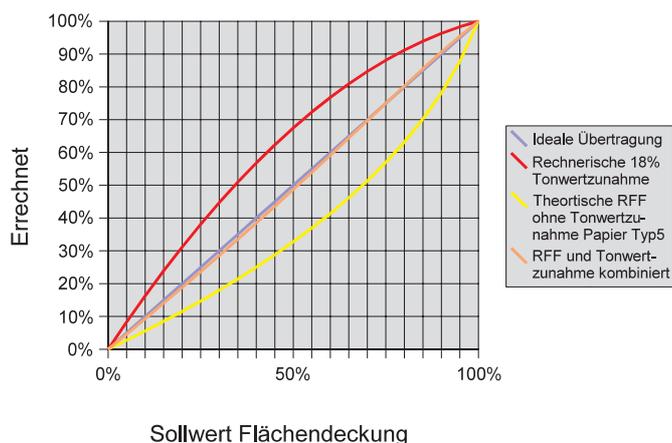


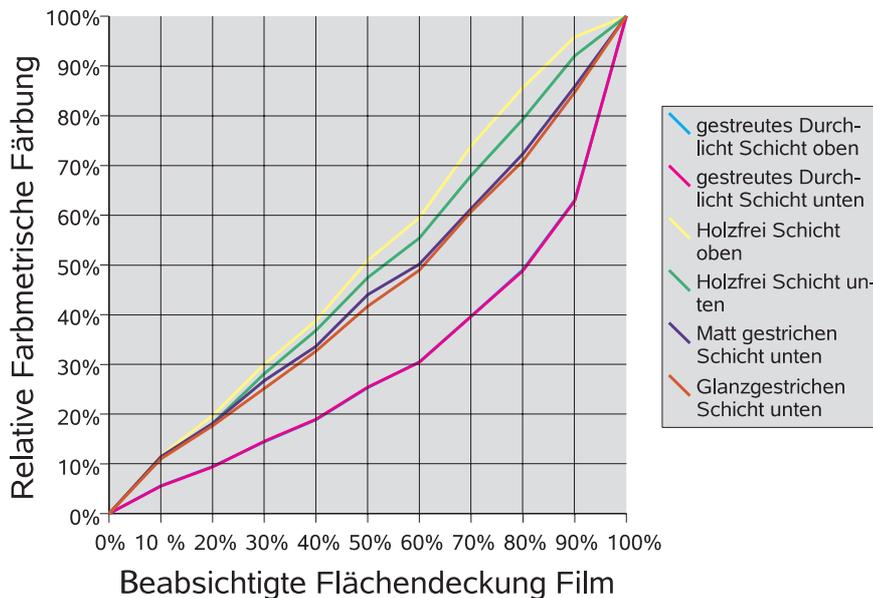
Diagramm 2: Ideale Übertragung im Vergleich mit RFF, Tonwertzunahme und deren Kombination.

annähernd möglich ist, dann die einzelnen Felder des Films vor einer Lichtquelle farbmessrisch nach Lab gemessen und dann die RFF nach der oben angegebenen Formel berechnet, erhält man die gelbe Kurve. Die rote Kurve nimmt die theoretischen linear gestaffelten Lichtenergiewerte der blauen Kurve auf und errechnet daraus den L-Wert. Aus denen dann wieder die RFF berechnet wird. Die theoretischen und die gemessenen Werte weisen eine gute Übereinstimmung auf, so dass die bisherigen Überlegungen nicht all zu abwegig sein dürften. Wer sich näher mit der Ermittlung von Lab-Werten aus spektralen Remissionskurven befassen möchte, sei, wenn es ganz schnell gehen soll, nochmals auf die Web-Site von Bruce Lindbloom verwiesen, oder auf das Buch von Prof. Klaus Richter (5).

RFF IM FILM NICHT LINEAR. Es ist natürlich gewöhnungsbedürftig von den schön linear verteilten densitometrischen Werten auf einem Film Abschied zu nehmen, aber wer arbeitet heute in Deutschland noch mit Film? Zudem ist es wie Dr. Martin Dreher in *Deut-*

**Ein Händedruck
ist durch nichts
zu ersetzen.**

Relative Farbmetrische Werte



Densitometrische Messung

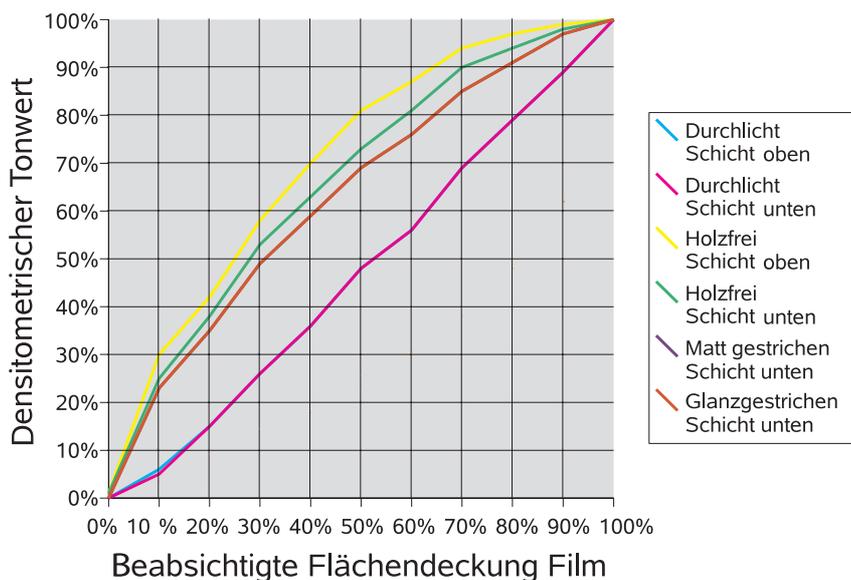


Diagramm 3: Film mit Durchlicht und auf verschiedenen Papieren herkömmlich densitometrisch gemessen und in Relativer Farbmetrischer Färbung.

schere Drucker (3) richtig anmahnt: Wenn man in einem Film auf Durchlicht ein Feld betrachtet, das densitometrisch mit 50 % gemessen wird, dann sieht es eben viel heller aus, als die Mitte zwischen Vollton und klarem Film. Warum sind oder waren densitometrische Werte trotzdem sinnvoll?

SINN DENSITOMETRISCHER WERTE.

In Diagramm 2 ist gelb die theoretische RFF auf einem Papier (Typ 5 aus der Altona-Testsuite) aufgetragen, wenn Papier reagieren würde wie ein Film. Papierweiß und schwar-

zer Vollton sind gemessen, die restlichen Werte daraus berechnet. Aus densitometrischen Messungen wissen wir aber, dass es beim Druck auf Papier zu einer Tonwertzunahme kommt, aus welchen Gründen auch immer. Diese sollte laut Norm bei einem 40 %-Feld, in unserem Fall zwischen 13 und 22 Prozentpunkten, liegen. Die rote Kurve in Diagramm 2 veranschaulicht dies.

Wenn man nun die erhöhten Tonwerte der roten Kurve der Berechnung der RFF zu Grunde legt und keine linear verteilten Stufen wie in der blauen Kurve, dann ergibt sich

die orangefarbene Kurve aus Diagramm 2. Diese ist höchst interessanterweise nahezu eine Winkelhalbierende, also eine nahezu ideale Übertragung. Auch mit realen Messwerten lässt sich das wie in Diagramm 3 zeigen. Wenn also der Reprograf früher auf seinem Film mit dem Densitometer einen Wert gemessen hatte, wusste er, dass dieser Helligkeitswert etwa der Helligkeitswahrnehmung im fertigen Produkt entsprechen würde, sofern in Plattenkopie und Drucksaal Fachleute am Werk waren. Da früher ohnehin oft mit Negativfilmen gearbeitet wurde, war so ein Reprofilm ohnehin eine recht abstrakte Angelegenheit. Mit dem Densitometer konnten die Druckergebnisse immerhin einigermaßen vorhergesagt werden.

Es war also mehr oder weniger ein Zufall, dass durch diese wahrnehmungsseitig falschen densitometrischen Messwerte annähernd die Tonwertzunahme simuliert wurde. Man könnte auch mutmaßen, dass ohne diesen »Fehler« sich die Densitometrie unter den Reprografen so schnell und vollständig nicht hätte durchsetzen können. In Zeiten der analogen Messtechnik ohne Computer, der schnell eine Übertragungskennlinie in die eine oder andere Richtung verbiegen kann, war die Densitometrie also eine große Hilfe.

RFF IN DER ANWENDUNG. Die Bemerkung von Martin Dreher in *Deutscher Drucker* (3) bezog sich auf die Messung von Film auf Papier zur Bestimmung des Lichtfangs. Die Ergebnisse dieser Messungen sind im Diagramm 3 zu sehen: Im unteren Diagrammteil wurden alle Messwerte herkömmlich densitometrisch gemessen. Dazu wurde einfach ein Film auf unterschiedliche

Literaturhinweise und Quellen

- (1) Schirmer, Karl-Heinz; Offset-Tiefdruck-Konversion, Farbmetrische Untersuchung; Fogra (Forschungsgesellschaft Druck); München 1984
- (2) Krzyminski, Harald; Densitometrie-Verfahren – Kontrollelemente, Messgeräte – Software; Techkon GmbH; Königstein/Ts; 2002
- (3) Dreher, Martin; Lichtfang und Tonwertzunahme: Hier scheiden sich die Geister; *Deutscher Drucker* Nr. 25/24.8.2006, Seite 12 ff.
- (4) Greim, Christian; Hohe Tonwertzunahme kommt hauptsächlich vom Lichtfang; *Deutscher Drucker* Nr. 20/22.6.2006, Seite 22 ff.
- (5) Richter, Klaus, Prof. Dr.; Computergrafik und Farbmetrik; VDE-Verlag GmbH; Berlin · Offenbach 1996; Seite 71ff und 91.

Papiere gelegt und densitometrisch der Tonwert gemessen. Dabei wurde auch unterschieden, ob der Film mit der Schicht nach oben oder nach unten lag.

Das obere Diagramm zeigt dieselben Kombinationen von Film und Papier gemessen in RFF. Es fällt auf, dass bei der Messung mit Durchlicht die densitometrischen Messungen eine nahezu ideale Tonwertübertragung zeigen, während bei der RFF-Auswertung die Auflichtmessungen auf unterschiedlichen Papieren diese nahezu ideale Tonwertübertragung zeigen, also eine gemäß unserer Wahrnehmung gleichmäßig abgestufte Färbung. Auch gemäß dieser Messungen könnte man wie oben bereits angedeutet grob vereinfacht sagen: Zur Messung von Reprofilen liefert die Densitometrie die besseren Ergebnisse, zur Messung von Drucken liefert die RFF die besseren Ergebnisse. Besser heißt in beiden Fällen, dass sie unserer Wahrnehmung im Druck möglichst entsprechen.

DIE MESSUNGEN UND DER LICHTFANG. Nebenbei sei hier bemerkt, dass die Tonwertzunahme zwischen Durchlicht- und Auflichtmessung in Diagramm 3 – egal ob densitometrisch oder RFF-Messung – nur von der Streuung im Papier und an den Grenzflächen zwischen Papier und Film herrühren kann, nicht durch Verwischen der Punkte, nicht durch unscharfe Punktkanten, nicht durch das Gummituch, nicht durch die Plattenherstellung, nicht durch unterschiedliche Saugfähigkeit des Papiers.

Wer Lichtfang immer noch für eine nachrangige Größe bei der Tonwertzunahme hält, muss dann konsequenterweise sowohl densitometrische, als auch farbmetrische Messmethoden für grundsätzlich fehlerhaft halten.

$$\overline{XY} = \sqrt{(L_x - L_y)^2 + (a_x - a_y)^2 + (b_x - b_y)^2}$$

$$\text{vereinfacht: } F_{rel} = \frac{\overline{PR}}{\overline{PV}} \times 100 (\%)$$

$$\text{genau: } F_{rel} = \frac{1}{2} + \frac{\overline{PR}^2 - \overline{VR}^2}{2\overline{PV}^2} \times 100 (\%)$$

\overline{XY} : Strecke zwischen den Punkten X und Y
im Lab-Farbsystem

\overline{PR} : Strecke zwischen Papierweiß und Rasterfeld

\overline{VR} : Strecke zwischen Vollton und Rasterfeld

\overline{PV} : Strecke zwischen Papierweiß und Vollton

Auch für Buntfarben geeignete, jedoch kompliziertere Formel zur Berechnung der RFF.

BUNTFARBEN UND RFF. Wer sich nun wie der Autor mit Eifer auf die Messung der RFF von Buntfarben mittels der genannten Formeln stürzt, wird zum Beispiel bei der Messung der Altona-Testsuite, Papiertypen 1 und 2, in den hellen Tönen verwundert negative RFF-Werte erhalten. Dies ist leider kein Rundungs- oder Messfehler, sondern tatsächlich der Rechenmethode geschuldet. Damit die interessierten Leser nun nicht unnötig auf die Folter gespannt werden, hier zunächst ohne Begründung eine verbesserte Formel des Autors (s.o.). Die genaue Begründung, wo die Schwächen, der in (1) vorgestellten Formel liegen, die Herleitung der neuen Formel und eine genauere Diskussion über Vorteile hinsichtlich der ISO 12647 folgen in einem späteren Artikel.

Christian Greim

Der Autor ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Medien an der Hochschule Mittweida (FH), Mittweida.



print media messe
drupe

world market print
media, publishing &
converting

**Der ganzen Welt
begegnen.**

one world - one drupe

29.5. - 11.6.2008

düsseldorf, germany

www.drupe.de

Messe Düsseldorf GmbH
Postfach 101006
40001 Düsseldorf
Germany
Tel. +49(0)211/4560-01
Fax +49(0)211/4560-668
www.messe-duesseldorf.de



**Messe
Düsseldorf**