

In Deutscher Drucker Nr. 20/22.6.2006 [4] hat der Artikel "Hohe Tonwertzunahme kommt hauptsächlich vom Lichtfang", zu unerwartet vielen, meistens konstruktiven Stellungnahmen geführt. Dies zeigt, dass hier offensichtlich doch Klärungsbedarf besteht, obwohl der Artikel eigentlich mehr als eine kleine Ergänzung zu den Berufsschulbüchern gedacht war. Gründliches Nachdenken erfordert Zeit, weshalb die weitere Klärung erst jetzt kommt. In diesem Artikel soll zunächst ein etwas am Rande liegender Teilaspekt näher beleuchtet werden, auf den Herr Martin Dreher vom Technologiezentrum der DFTA hingewiesen hat, dem für die Unterstützung zu diesem Artikel herzlich gedankt sei. Dieser Teilaspekt wird aber zur weiteren Argumentation in einem späteren Artikel gebraucht, der dann die farbmetrische Berechenbarkeit von Flächendeckung, Punktverbreiterung und Lichtfang näher untersuchen soll.

#### Kleine Wiederholung zur Densitometrie

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 negative Logarithmus zu Basis 10, so dass man nicht von einem Tausendstel sprechen muss, sondern einfach von einer Dichte von drei. Die Formel von Murray und Davies ist nur wegen dieser Logarithmen so kompliziert.

#### Formel1

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

Bildunterschrift: Die klassische Murray-Davies-Formel, Quelle [2]

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 ganz ohne Logarithmen:

#### Formel2

$$FD = \frac{L_{VT}}{L_{\%}} \times 100 (\%)$$

*FD: Flächendeckung*

*L<sub>%</sub>: Lichtreflexion des Rastertones*

*L<sub>vt</sub>: Lichtreflexion des Volltones*

*wobei das Densitometer auf Papierweiß genullt sein muss*

Bildunterschrift: Murray-Davies-Formel ohne Logarithmen nur über die Lichtreflexion

Man könnte zunächst denken, dass Zähler und Nenner versehentlich vertauscht sind. Da aber beispielsweise die Filmdichte ein Tausendstel betragen kann und die Dichte im Rasterfeld ein Hundertstel. Entsteht nach der Umformung der Bruch 100/1000, also 10%. Um das nachzuvollziehen, kann eine Formelsammlung eventuell gute Dienste leisten. Das alles sollte aber jedem in der Branche nichts neues sein. Unbekannt ist aber, dass man annähernd das gleiche mit den L-Werten von Lab-Farbwerten tun kann.

Dichtewerte aus Farbmessung berechnen

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 farbmetrische Färbung (RFF) eingeführt und mit Formeln ähnlich der folgenden beschrieben:

Formel3

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

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

*F<sub>rel</sub>: Relative Farbmetrische Färbung*

*F<sub>%</sub>: F des betreffenden Rastertones*

*F<sub>pw</sub>: F des Papierweiß*

*F<sub>vt</sub>: F des Volltones*

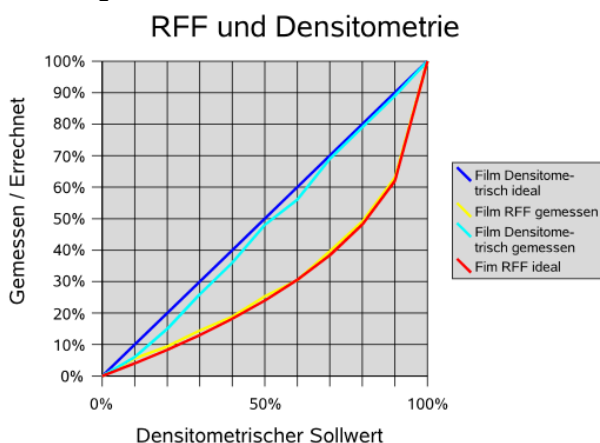
Bildunterschrift: Formel für Relativ Farbmetrische Färbung nach Schirmer [1]

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 recht ähnliche Tonwertzunahme hatten. Bei der relativ 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 eigene 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 Colormanagement 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](http://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

Abbildung1



Bildunterschrift: Densitometrie und RFF jeweils gemessen und theoretisch ermittelt im Vergleich

In Abbildung 1 zeigt die Cyan-farbene Kurve die real gemessenen densitometrischen Dichtewerte gegen die Sollwerte. Man sieht, dass der Film nicht perfekt,

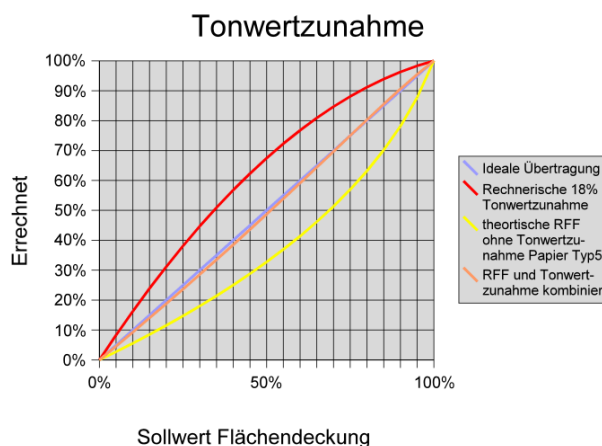
aber brauchbar ist. Idealerweise sollte die blaue Kurve herauskommen. Wenn wir nun die Lichtmenge linear verändern, wie das mit dem Film offensichtlich annähernd möglich ist und dann die einzelnen Felder des Films vor einer Lichtquelle farbmetrisch nach Lab messen und dann die RFF nach der oben angegebenen Formel berechnen, erhalten wir die gelbe Kurve. Die rote Kurve nimmt die theoretischen linear gestaffelten Lichtenergieerwerte 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 Herr Martin Dreher in DD [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 Wert trotzdem sinnvoll?

### Sinn densitometrischer Werte

Abbildung2



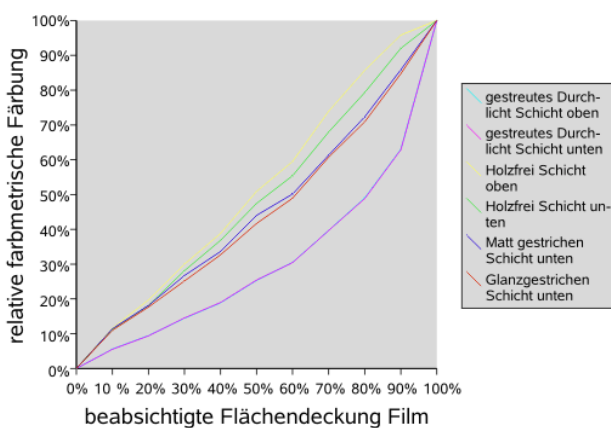
Bildunterschrift: Ideale Übertragung im Vergleich mit RFF, Tonwertzunahme und deren Kombination

In der Abbildung 2 ist gelb die theoretische RFF auf einem Papier (Typ 5 aus der Altona-Testuite) aufgetragen, wenn Papier reagieren würde wie ein Film. Papierweiß und schwarzer Vollton sind gemessen, die restlichen Werte daraus berechnet. Aus densitometrischen Messungen wissen wir aber,

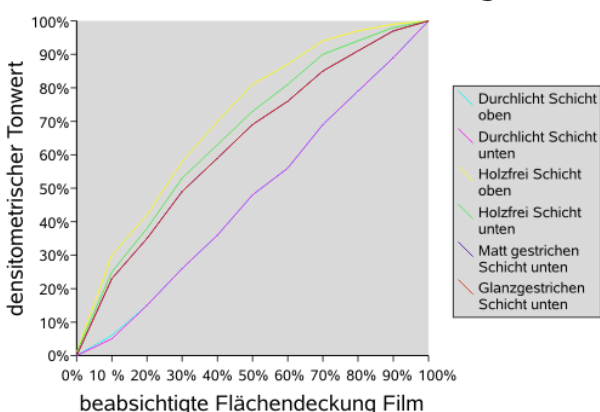
dass es beim Druck auf Papier zu einer Tonwertzunahme kommt, aus welchen Gründen auch immer. Diese sollte laut Norm bei einem 40%-Feld in unserem Fall zwischen 13 und 22 liegen. Die rote Kurve in der Abbildung2 veranschaulicht dies. Wenn man nun die erhöhten Tonwerte der roten Kurve der Berechnung der RFF zu Grunde legt und keine linear verteilten Stufen wie in der blauen Kurve, dann ergibt sich die orangefarbene Kurve der Abbildung2. Diese ist höchst interessanterweise nahezu eine Winkelhalbierende, also eine nahezu ideale Übertragung. Auch mit realen Messwerten lässt sich das wie in Abbildung3 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 waren dann die Druckergebnisse immerhin einigermaßen vorhersagbar. Es war also mehr oder weniger ein Zufall, dass durch diese wahrnehmungsmäßig 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 ein Übertragungskennlinie in die eine oder andere Richtung verbiegen kann, war die Densitometrie also eine enorme Hilfe.

### RFF in der Anwendung

Relativ Farbmetrische Werte



Densitometrische Messung



Die Bemerkung von Herrn Dreher in DD [3] bezog sich auf die Messung von Film auf Papier zur Bestimmung des Lichtfangs. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in der Abbildung3 zu sehen. Abbildung 3

Bildunterschrift: Film mit Durchlicht und auf verschiedenen Papieren herkömmlich densitometrisch gemessen und in relativ farbmetrischer Färbung

Im unteren Diagramm wurden alle Messwerte herkömmlich densitometrisch gemessen. Dazu wurde einfach ein Film auf unterschiedliche Papiere gelegt und densitometrisch der Tonwert gemessen. Dabei wurde auch unterschieden, ob der Film mit der Schicht nach oben oder nach unten liegt. 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 Papiere 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 Reprofilmen 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.

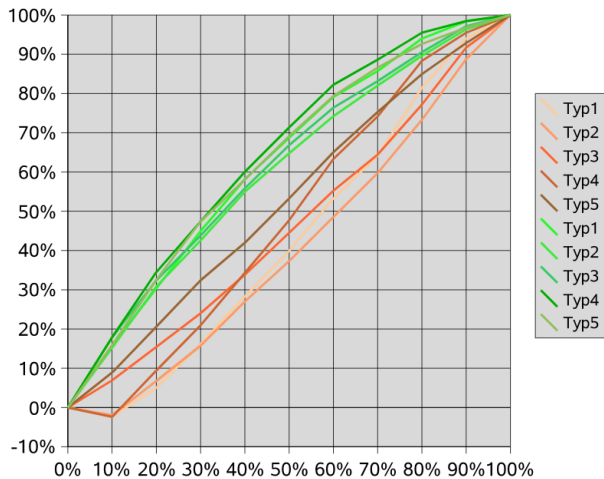
### Die Messungen und der Lichtfang

Nebenbei sei hier bemerkt, dass die Tonwertzunahme zwischen Durchlicht- und Auflichtmessung in Abbildung3 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.

### Buntfarben und RFF

### Abbildung4

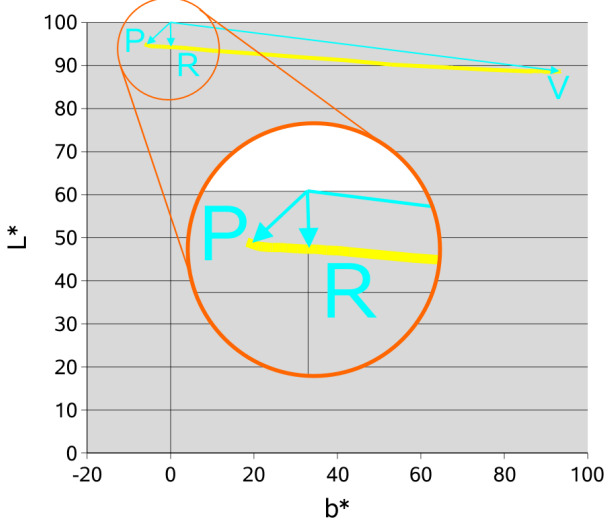
## RFF Lab Yellow



Bildunterschrift: RFF-Messwerte nach Schirmer mit negativen Werten bei Yellow

Bei näherer Beschäftigung mit der RFF hat sie sich also als recht nützlich erwiesen. Solange nur Film und schwarze Druckfarbe gemessen werden ist auch alles in Ordnung. Abbildung4 zeigt aber eindeutig negative Messwerte, die sich auch bei gründlicherer Untersuchung nicht durch einen Rundungsfehler, Fehler in der Messmethode oder ähnliches wediskutieren lassen. Das dürfte sämtliche Interessenten von einer breiteren Verwendung der RFF-Messung abschrecken. Eine geometrische Betrachtung des Problems im dreidimensionalen Lab-Farbraum verdeutlicht, wie die negativen Tonwerte zu Stande kommen. Abbildung5

## Yellow-Keil im Lab-Farbraum Typ 1



Bildunterschrift: Reale Messwerte des Yellow-Keils auf einem Bogen der Altona-Testsuite, Papier Typ1

In Abbildung5 sind alle Messwerte des Farbkeiles Yellow auf einem Testdruck der Altona-Testsuite Papiertyp 1 dargestellt. Es ist leider keine dreidimensionale Darstellung, sondern gleichsam ein

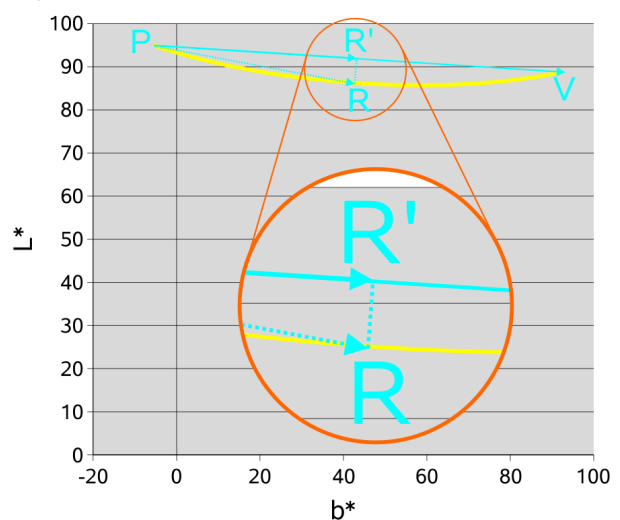
Schnitt durch den Lab-Farbraum bei  $a = 0$ . Bei gelber Druckfarbe passiert in  $a$ -Richtung (Rot-Grün-Achse) ohnehin nicht viel. Glücklicherweise liegen die Messwerte zudem auf einer annähernden Geraden. Auch andere Perspektiven und andere Farben zeigen diese annähernden Geraden. Das spricht für die Zuverlässigkeit der Darstellung von Farbmischungen im Lab-Farbraum, im Gegensatz beispielsweise zur Darstellung im CIE-Yxy-Farbraum, genannt "Schuhsohle", wie man in der Untersuchung von Herrn Schirmer [1] auf der Seite 9 deutlich sehen kann. Der Punkt im Lab-Farbraum an dem Papierweiß liegt, trägt die Bezeichnung P. Der Vollton trägt die Bezeichnung V und die jeweiligen Rastertöne die Bezeichnung R. Zudem betrachten wir noch den Punkt mit dem L-Wert 100 und Farbkoordinate "0", im Folgenden Nullpunkt genannt. Letztlich setzt die RFF-Formel nach Schirmer die Strecken zwischen P,R,V und dem Nullpunkt in Beziehung. Diese Strecken werden ganz klassisch über die räumliche Anwendung des Pythagorassatzes errechnet. Der Zähler der Formel wird genau dann negativ, wenn der Abstand von P zum Nullpunkt größer ist, als der Abstand von R zum Nullpunkt. Genau das ist in unserem Beispiel in bestimmten Bereiche der Fall. Man kann sich vorstellen, das bei reiner Verwendung von Schwarz alle betrachteten Messwerte nahe der Grauchase liegen und Papierweiß zwangsläufig der hellste Messwert ist. Für diesen Fall stimmt die Formel nach Schirmer. Der in Abbildung5 gezeigte Fall dürfte in der Praxis bei Yellow tagtäglich vorkommen und hier versagt die Formel. Die Prinzipiellen Mechanismen der RFF, sind aber durchaus sinnvoll.

## Verbesserte RFF-Berechnung

Deshalb hier ein Vorschlag für eine verbesserte Formel, die auch allen Sonderfällen gerecht werden dürfte.

Abbildung6

## Hypothetischer Yellow-Keil in Lab



Bildunterschrift: hypothetische für die RFF-Berechnung ungünstige Messwerte für einen Yellow-

Keil, dargestellt im Lab-Farbraum

Eine Verbesserung wäre es bereits, wenn man einfach die Abstände im Lab-Farbraum  $PR$  und  $PV$  durcheinander dividiert, wie es in der vereinfachten Rechenregel der Formel4 dargestellt ist. In der Abbildung6 wird dieses Verfahren mit dem gestrichelten Cyan-farbenen Vektor  $PR$  dargestellt. Dieser ist geringfügig länger, als die durchgehend dargestellte Projektion dieses Vektors auf die Gerade  $PV$ , also  $PR'$ . Je weniger die Messwerte eines Keils in Lab auf einer Geraden liegen, desto größer wird diese Abweichung zwischen  $PR$  und  $PR'$ , so dass man sie nicht mehr einfach ignorieren kann. Bei Sonderfarben könnten sich hier sehr starke Abweichungen zu einer Geraden ergeben. Um auch für diese Fälle gerüstet zu sein, sei hier folgende Formel vorgeschlagen:

Formel4:

$$\overline{XY} = \sqrt{(L_X - L_Y)^2 + (a_X - a_Y)^2 + (b_X - b_Y)^2}$$

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

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

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

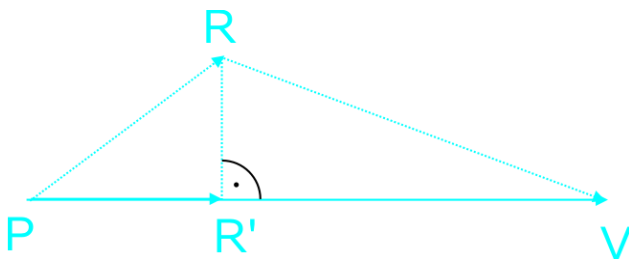
$\overline{PR}$ : Strecke zwischen Papierweiß und Rasterfeld

$\overline{VR}$ : Strecke zwischen Vollton und Rasterfeld

$\overline{PV}$ : Strecke zwischen Papierweiß und Vollton

Bildunterschrift: Formel zur Berechnung des RFF unter Berücksichtigung der Nicht-Linearität von Farbkeilen in Lab

Diese Formel ergibt sich aus geometrischen Überlegungen, wie sie in Abbildung7 dargestellt sind. Abbildung7



Bildunterschrift rein geometrische Darstellung der Problemlösung, wenn Rastertöne nicht genau auf der Geraden zwischen Papierweiß und Vollton liegen

Durch rein geometrische Überlegungen mit Hilfe einer Formelsammlung ergibt sich die Formel, wie sie in Formel4 in der genauen Form dargestellt ist. Die Überlegungen, die zu dieser Formel führen, sind recht naheliegend und könnten bereits von Anderen

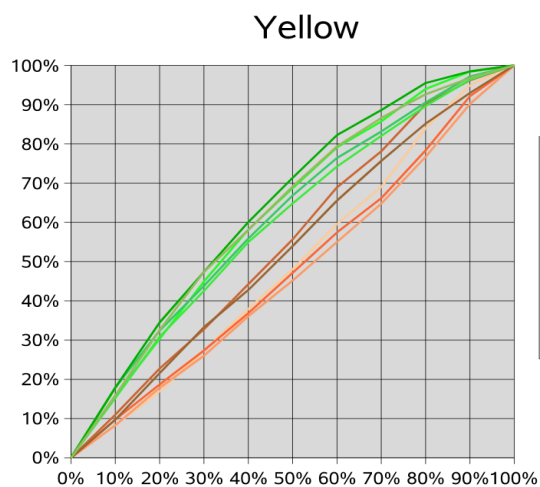
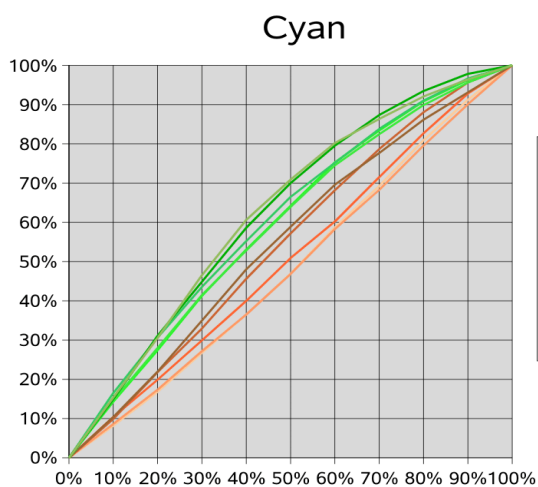
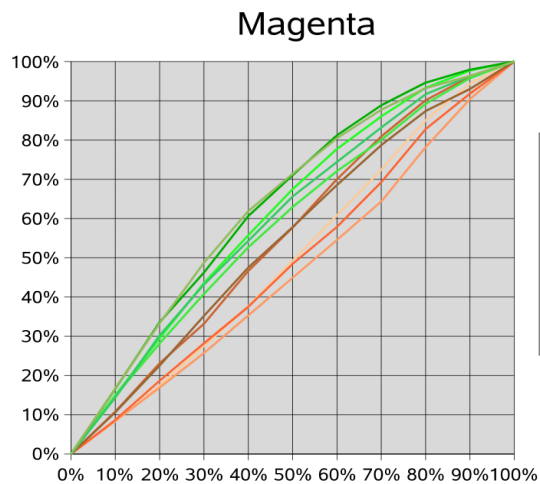
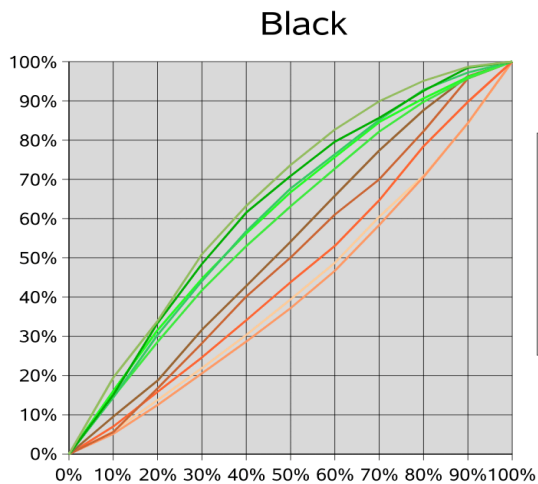
so angestellt worden sein. Unter dem Begriff relativ farbmetrische Färbung findet sich aber in der einschlägigen Literatur dazu nichts. Auch die Farbraumtransformationen im Colormangement müssten sich ähnlicher Algorithmen bedienen. Aber auch aus dieser Richtung sind dem Autor keine Vorschläge für eine ähnliche Messgröße wie die hier gezeigte RFF bekannt.

Neue RFF-Berechnung in der Praxis

Messwerte wie die RFF sollen natürlich nicht einfach ein mathematisches Sandkastenspiel sein, sondern eine Relevanz für die Praxis haben. Zu diesem Zweck wurden die Keile aller Papiere der Altona-Testsuite farbmetrisch vermessen und die RFF nach der oben angegebenen genauen Formel berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung8 zu sehen.

Abbildung8

## Relativ Farbmetrische Färbung Geometrisch Lab



Bildunterschrift: Alle Keile aller Papiertypen der Altona-Testsuite densitometrisch gemessen (Grüntöne) und gemessen nach RFF (Rottöne).

Bei der Betrachtung der Messwerte fällt zunächst auf, dass die Messungen mittels RFF, also die Rottöne durchweg näher an der idealen Übertragung liegen, als die densitometrisch gemessenen Werte, die in Grüntönen aufgetragen sind. Beim Schwarz liegen die Übertragungskennlinien der ungestrichenen Papiere Typ 4 und 5 nahe der idealen Übertragung, bei den gestrichenen Papiertypen 1 bis 3 liegen die Kennlinien der Buntfarben nahe an der idealen Übertragung. Es fällt ferner auf, dass einerseits alle gestrichenen Papiere sich sehr ähnlich verhalten und andererseits die beiden ungestrichenen. So wie es auch bei den ICC-Profilen auch nur ein Profil für gestrichene und ein anderes für ungestrichene Papiere gibt. Lediglich bei den Kennlinien für Schwarz weichen die Messwerte doch recht stark voneinander ab. Woher diese Abweichungen rühren und ob sie sich negativ auf den Bildeindruck auswirken, müsste noch experimentell geklärt werden. Die Frage, ob nicht besser ein anderer Farbraum verwendet werden sollte als Lab ist berechtigt. Der Luv-Farbraum und der Farbraum nach DIN 99o wurden näher untersucht. In allen Fällen wichen die

Tonwertzunahmewerte der einzelnen Buntfarben wesentlich stärker voneinander ab, als bei der Berechnung in Lab. Wenn wir davon ausgehen, dass bei normgerechtem Druck die Tonwertzunahme der einzelnen Farben annähernd gleich sein soll, erbrachte die Berechnung der RFF im Lab-Farbraum somit die besten Werte.

### Relevanz für die ISO 12647

Nun muss bei all dem berücksichtigt werden, dass die Drucke für die ISO 12647 und deren empfohlene Tonwertzunahmen optimiert wurden. Trotzdem lassen die Messwerte die obigen Rückschlüsse zu. Da die Tonwertzunahme nicht in der Norm festgeschrieben ist, sondern lediglich eine Empfehlung darstellt, wäre es eine Überlegung wert, hier auf die RFF umzustellen. Das hätte zumindest den Vorteil, alle notwendigen Messgrößen mit einem einheitlichen farbmetrischen Messverfahren zu erhalten. Nach den Messergebnissen in Abbildung 8 zu urteilen, müsste es genügen, die Papiere zumindest in Sachen Tonwertzunahme nur noch in gestrichen und ungestrichen - eventuell noch Positiv- oder Negativkopie - zu unterscheiden. Weitere Versuche könnten hier relativ einfach Klarheit schaffen.

RFF oder Densitometrie?

Als Vorteil der relativ farbmetrischen Färbung anstelle der Densitometrie, steht ganz klar die engere Anlehnung an die menschliche Wahrnehmung, was für uns in Form der Wahrnehmung des Kunden in der Praxis die oberste Instanz ist. Man könnte einwenden, dass die Formeln für die relativ farbmetrische Färbung zu kompliziert seien. Sie sind aber nicht komplizierter als die Bestimmung von DeltaE in der Farbmetrik, die einige Messgeräte direkt zur Verfügung stellen. Sollten Hersteller auch die RFF-Formeln in ihre Messgeräte oder die Auswertungssoftware einbauen, gäbe es von der Bedienung her keine zusätzlichen Umstände. Wenn es lediglich darum geht, die Druckproduktion nachvollziehbar konstant zu halten, ist gegen Densitometrie nichts einzuwenden, was auch die ISO 12647 zugesteht. Als Fazit bleibt aber festzuhalten, dass densitometrische Messwerte rein technische Größen angeben, die nur wenn glückliche Umstände hinzutreten, zufällig die menschliche Wahrnehmung widerspiegeln.

[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 f

[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; VDEVERLAG GMBH; Berlin · Offenbach 1996; Seite 71ff und 91