

# Densitometer und Punktfläche

WILBERT STREEFLAND

*In der Industrie ist der Gebrauch des Densitometers zur Auswertung und Qualitätssicherung von Druckresultaten weit verbreitet. Insbesondere wird diese Methode angewandt zur Überprüfung der Flächendeckung bzw. des Rastertonwerts im Verhältnis zum vorgegebenen Wert der Vorstufe.*

Die Ergebnisse solcher Messungen werden noch immer blind akzeptiert ohne sich die Frage zu stellen, ob dies so berechtigt ist. Es ist grundsätzlich nichts gegen diese Methode einzuwenden, noch ist im mathematischen Sinne etwas einzuwenden gegen den Gebrauch der Gleichungen nach MURRAY-DAVIS oder YULE-NIELSEN zur Errechnung der Punktfläche aus den Ergebnissen der Messung mit dem Densitometer. Aber sind die Auswirkungen des Irrtums der densitometrischen Messung auf die Ermittlung des Flächendeckungsgrads wirklich voll bewußt? Kann es nicht der Fall sein, daß dieser Irrtum insgesamt zu völlig sinnlosen Resultaten führt?

### Das Problem

Die Genauigkeit der Messung gedruckter Rastertonflächen mit Hilfe eines Densitometers basiert auf dem Verhältnis einer Volltonfläche (100%) zu einer unbedruckten Fläche (0%). Das beeinflusst maßgeblich die Ablesegenauigkeit des Meßinstruments, insbesondere wenn für die Darstellung der Ergebnisse eine logarithmische Funktion benutzt wird.

Die andere Frage lautet, ob es

wirklich wichtig ist, die Flächendeckung aus den gemessenen Dichtewerten der Halbtönen zu errechnen. Wäre es nicht ausreichend, das Verhältnis zwischen den Halbtönenflächen der Originalabbildungen mit den entsprechenden gedruckten Dichtewerten aufzuzeigen? Für die Messung der Dichtewerte des Originals wird ein Scanner eingesetzt. Es wäre jedoch einfacher, über eine Tabelle zu verfügen, mit der eine Verbindung zwischen den gedruckten Dichtewerten und den Halbtönenwerten der Originalabbildung hergestellt werden könnte. Diese Tabelle könnte dazu benutzt werden, die Deckung auszuwählen die für die Abbildung, basierend auf den gescannten Dichtewerten, benötigt wird.

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Meßprinzipien eines Densitometers dargestellt sowie einige damit zusammenhängende Fragen erläutert.

### Die Theorie

Einführend werden die Arbeitsprinzipien eines Densitometers zur Ermittlung der Farbdichte vorgestellt (Abbildung 1).

Der Meßvorgang beginnt damit, daß der Densitometer weißes Licht auf das Substrat abgibt und das reflektierte Licht mit einem entsprechenden Sensor mißt, wofür Filter für die Komplementärfarben zum Einsatz kommen. Hierfür wird fol-

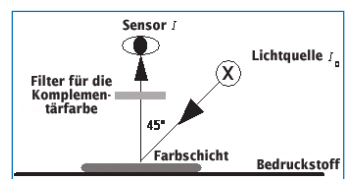


Abbildung 1: Das Meßprinzip eines Densitometers.

gende mathematische Formel eingesetzt:

$$D = \log \frac{I_0}{I}$$

D = Farbdichte  
 $I_0$  = Ausgesandtes Licht (100%)  
 I = Errechneter Dichtewert (zwischen 0-100%)

Tabelle 1 zeigt die Filter für die Komplementärfarben, die vom Densitometer für die Messung der Dichte der Prozeßfarben eingesetzt werden.

Auf der Basis der Formel, die vom Densitometer zur Ermittlung der Dichtewerte benutzt wurden, läßt sich Abbildung 2 erstellen.

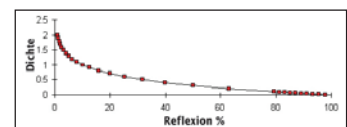


Abbildung 2: Verhältnis von Dichte und reflektiertem Licht.

Abbildung 2 zeigt die logarithmische Relation zwischen den errechneten Dichtewerten und dem Prozentsatz des gemessenen reflektierten Lichts.

Ausgehend von den gemessenen Dichtewerten ist es möglich, die Halbtönenpartien zu errechnen unter der Annahme, daß sich in dem betreffenden Druckbild auch Vollflächen befinden. Das Densitometer wird auf einer unbedruckten Fläche »auf Null gesetzt« und danach die Dichtewerte der entsprechenden Halb- und Volltonflächen gemessen. Diese beiden Werte werden danach in die Gleichung eingegeben. Die hierfür zumeist genutzte Formel ist die MURRAY-DAVIS-Formel. Sie basiert auf der Annahme, daß es ein Verhältnis gibt zwischen der Dichte sowie der Größe der bedruckten und unbedruckten Bereiche eines Druckbildes. Die MURRAY-DAVIS-Formel lautet:

$$C_a = \frac{1 - 10^{-D_h}}{1 - 10^{-D_f}} \cdot 100$$

$C_a$  = Prozentsatz der Flächendeckung  
 $D_f$  = Dichtewert der Volltonfläche  
 $D_h$  = Dichtewert der Halbtönenfläche

Daneben wird oftmals auch die YULE-NIELSEN-Formel benutzt. Sie

Technology Coaching bvba, Heverlee/B.

Tabelle 1 und 2.

Gemessene Prozeßfarbe	Gefilterte Farbe	Komplementärfarbe des für die Dichtemesung benutzten Filters
Gelb	Ror + Grün	Blau
Magenta	Rot + Blau	Grün
Cyan	Grün + Blau	Rot
Schwarz	Keine	Transparent

Ausgesandtes Licht	Reflektiertes Licht	Errechneter Dichtewert
100%	1.00%	2.00
100%	10.00%	1.00
100%	50.00%	0.30
100%	97.72%	0.01

fügt eine Konstante in die MURRAY-DAVIS-Formel ein, um den Unterschied zwischen Lichtreflexionen bedruckter bzw. unbedruckter Bereiche zu korrigieren. Diese Konstante steht in einem Verhältnis zu den Einflußfaktoren auf das Reflektionsverhalten nichtbedruckter Flächen. Es gibt keinen Unterschied zwischen MURRAY-DAVIS und YULE-NIELSEN, wenn der konstante Wert 1 beträgt. Die YULE-NIELSEN-Formel lautet:

$$C_a = \frac{1 - 10 \frac{-D_h}{n}}{1 - 10 \frac{-D_f}{n}} \cdot 100$$

$C_a$  = Prozentsatz der Flächendeckung  
 $D_f$  = Dichtewert der Volltonfläche  
 $D_h$  = Dichtewert der Halbtonfläche  
 $n$  = Konstante nach YULE-NIELSEN

Meistens wird das Phänomen des Punktzuwachses als Unterschied zwischen den Halbtonbereichen der Vorlage und denen des gedruckten Produkts bezeichnet. Hierfür ein Blick auf die Formel für den »linearen Punktzuwachs«.

Diese Formel ist eine mathematische Darstellung, wie sich die Punktgröße durch die Variation eines Parameters im Rechenmodell verändern könnte. Die Gestaltung der Formel basiert auf drei Annahmen:

- in einem Volltonbereich taucht kein Punktzuwachs auf;
- jeder Halbtonbereich kann nur dann eine 100%-Deckung aufweisen, wenn ein maximaler Punktzuwachs stattfindet;

wachs stattfindet;

- Existenz eines linearen Verhältnisses zwischen dem Ausmaß des Punktzuwachses aller Halbtonbereiche.

Die lineare Formel für Punktzuwachs lautet: Die Konstante für die bedruckte Fläche kann nur einen Wert zwischen 0 und 100 annehmen. Ist dieser Wert 0, so bedeutet dies 0:  $C_{a,cor} = C_a$ . Wenn der Wert jedoch 100 beträgt, bedeutet dies:  $C_{a,cor} = 100$ , wobei dies unabhängig ist vom Wert von  $C_a$ .

$$C_{a,cor} = C_a + (100 - C_a) \cdot \frac{a}{100}$$

$C_{a,cor}$  = Korrigierter Prozentwert der durchschnittlichen Flächendeckung  
 $C_a$  = Prozentsatz der Flächendeckung der Folie  
 $a$  = Konstante der Flächendeckung (0-100)

Damit ist klar, welche Formel jeweils benutzt werden soll. Was jedoch ist die Folge einer falschen oder irrümlichen Ableseung bzw. einer nicht ausreichenden Leseengenauigkeit der berechneten Halbtonbereiche. In diesem Falle sollte ausschließlich die MURRAY-DAVIS-Formel benutzt werden.

**Punktzuwachs-Irrtum beim Gebrauch der Murray-Davis-Formel**

Um das Problem besser zu verstehen, muß eine Rückwärts-Berechnung durchgeführt werden.

Punktfläche %	Errechnete Dichte	Lesefehler im Halbtonbereich
100	1.200	0.30
90	0.805	0.75
80	0.601	1.20
70	0.463	1.65
60	0.359	2.10
50	0.274	2.55
40	0.204	3.00
30	0.143	3.45
20	0.090	3.90
10	0.043	4.35
5	0.021	4.58
3	0.012	4.67
2	0.008	4.71

**Tabelle 3:** Errechnung der Dichtewerte der Halbtonfläche basierend auf einer gegebenen Volltondichte sowie der Lesefehler aufgrund der Ableseungenauigkeit von 0,02.

nung durchgeführt werden. Hierzu ein Beispiel. Welche Dichte wird erwartungsgemäß gemessen, wenn die mit der MURRAY-DAVIS-Formel ermittelte Volltondichte 1,2 beträgt? *Tabelle 3* zeigt die entsprechenden Ergebnisse.

Wenn von der Annahme ausgegangen wird, daß die Leseengenauigkeit eines Densitometers bei 0,02 liegt, wie kann dann zuverlässig ein Wert der Halbtonbereiche unter 30% ermittelt werden. Der Einfluß einer Leseungenauigkeit für die Dichtewerte von 0,02 wurde berechnet. Dabei stellte es sich heraus, daß eine 20%-Flächendeckung eine Toleranz von 3,9% aufweist. Dies kann zu einer Ungenauigkeit von 20% führen. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, welche Ungenauigkeiten bei der Messung einer 20%-Flächendeckung zu erwarten sind.

Der Autor rät daher, die Dichteablesung keinesfalls für Korrekturarbeiten an der Druckvorlage einzusetzen.

**Die Anwendung der Bildanalyse für die Punktfläche**

Was kann nun anders gemacht werden? Die Bildanalyse kann dazu genutzt werden, die wirkliche Punktgröße zu erkennen. Obwohl das Analysegerät stets einen Einfluß auf die ermittelten Werte haben wird, so gibt es doch auch in diesem Bereich Fortschritte und es stehen Geräte mit immer größerer Auflösung zu Verfügung.

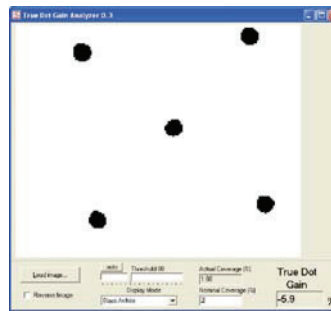
Die Fehler entstehen dort wo entschieden werden muß, ob der jeweilige Bereich bedruckt oder unbedruckt ist. Der Fehler hat mit der Tatsache zu tun, daß entweder der Sensor im Grenzbereich von bedruckt und unbedruckt einen korrekten Kontrastwert ermitteln kann, um damit zu entscheiden, ob

der jeweilige Pixel zum bedruckten Bereich gehört oder nicht.

TONY SULLIVAN entwickelte ein Software-Werkzeug, daß zusammen mit einem Mikroskop benutzt werden kann, um die bedruckte Fläche mit Druckpunkten einer Abbildung zu bestimmen. Das digitale Mikroskop wurde direkt über eine USB-Schnittstelle mit einem Computer verbunden. Es ist ein preiswertes und dennoch sehr funktionstüchtiges Gerät. Die Größe eines Pixels auf dem Sichtfenster des digitalen Mikroskops entspricht 2,55 Mikron auf dem Druckbild.



Abbildung 3 zeigt einen Screenshot des Programms und stellt das Ergebnis der Auswertung eines 2%-Punktes auf einem Positivfilm dar. Die Ablesung des Systems zeigt einen Wert von 1,88%. Die einzelnen Pixel sind zu sehen, die zusammen



**Abbildung 3:** Der Screenshot stellt das Ergebnis der Auswertung eines 2%-Punktes auf einem Positivfilm dar.

den Druckpunkt bilden. Ein Sensor mit höherer Auflösung würde das System noch präziser machen. Diese Methode birgt jedoch nicht das Risiko eines 20%igen Lesefehlers.

**Zusammenfassung**

Die Anwendung von Ablesungen mit einem Densitometer für die Berechnung der Halbton-Flächendeckung in einem Halbtonbereich kann ein hohes Fehlerrisiko in sich bergen, wenn die Genauigkeit bzw. Auflösungsfähigkeit des Densitometers niedrig ist (0,02).

Man sollte daher vorsichtig sein, wenn Ablesungen benutzt werden, die durch Anwendung logarithmischer Funktionen ermittelt wurden.

Die Anwendung der Bildanalyse könnte hier eine zuverlässigere Methode sein, um Halbtonflächen auszumessen.

**Eine Empfehlung**

»Punktzuwachskurven« sollten durch eine Kurve ersetzt werden, aus der das Verhältnis der Halbtonflächen von Abbildungen, wie sie aus der Druckvorstufe geliefert wurden und der im Druck tatsächlich erreichten Halbtonflächen hervorgeht.

Die Bildanalyse in Kombination mit einem digitalen Mikroskop kann dafür genutzt werden, um Veränderungen der Punktgröße in der Produktion zu steuern. ■

