

## **Drucken morgen - Möglichkeiten der Qualitätssteigerung. Jahrestagung '93**

Uhrig, Rudolf K.; Scheuter, Karl R.; Maetz, Dieter J. et al.  
(1993)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014113>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Conference or Workshop Item

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14113>

---

VEREIN DEUTSCHER DRUCKINGENIEURE E. V.

**JAHRESTAGUNG ' 93**  
**DRUCKEN MORGEN-**  
**MÖGLICHKEITEN DER**  
**QUALITÄTSSTEIGERUNG**

**15. OKTOBER 1993**  
**PARKHOTEL KRONE**  
**64623 BENSHEIM-AUERBACH**

Inhalt

**Eröffnung und Einführung**  
Dipl.-Ing Rudolf K. Uhrig M. Sc.  
Vorsitzender des Verein Deutscher Druckingenieure e.V. Heidelberg

**Quo vadis Farbdruck?**  
em. o. Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter  
Hünibach, CH

**CristalRaster-Lithografien in der Praxis**  
Dieter J. Maetz  
Unternehmensgruppe Vignold, Essen

**Bewertung frequenzmodulierter Bildrasterungsverfahren**  
Dipl.-Ing. Peter Urban  
Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren TH Darmstadt

**CristalRaster-Lithografie**  
**-Erfahrungen eines Rollenoffsetdruckers-**  
Dipl.-Ing. Thomas Platz  
Gerber + Bruckmann Grafische Betriebe GmbH, München

**Qualitätssteigerung bei PostScript Ausgabe**  
Dr. Frank Schelfaut  
AGFA Gaevert N.V. Mortsel, Belgien

**Entwicklung des Rasters-Ein Erfahrungsbericht**  
Karl Kowalzczyk  
Heidelberger Druckmaschinen AG, Heidelberg

**Produktive digitale Ganzseitenproduktion**  
Dipl.-Ing. Martin Pedrides  
Linotype-Hell AG, Eschborn

**Einfluß der Rasterung auf die Farbqualität**  
Dr.-Ing. Arved Carl Hübler  
Mohndruck, Gütersloh

.Das Thema der Jahrestagung 1993 lautet vielversprechend:

**Drucken morgen - Möglichkeiten der Qualitätssteigerung.**

Ohne die einzelnen Programmpunkte zu kennen, kann man sich verschiedenes hierzu vorstellen. Der Vorstand des VDD hat dieses neutral klingende Thema als Motto der Jahrestagung vorangestellt, um die Frage zu stellen, wie, wo und mit welchen Mitteln kann die Druckqualität -die zweifelsfrei bereits ein sehr hohes Niveau erreicht hat- noch weiter verbessert werden. Hierbei haben wir natürlich an die Möglichkeiten gedacht, wie die z. Zt. heiß diskutierte Frequenzmodulation, Dithering und Mezzo Dot Verfahren contra konventionelle Rastertechniken zur Qualitätssteigerung beitragen können.

Unser sehr verehrter Herr Prof. Scheuter, den ich heute besonders begrüße, hat bereits vor 15 Jahren festgestellt: "Der Sinn eines drucktechnischen Prozesses besteht letztlich darin, die in einer Vorlage vorhandene Bildinformation auf ein Druckprodukt zu übertragen.". Diese eigentlich selbstverständliche Erkenntnis führte ja dann auch dazu, Methoden und Verfahren zu entwickeln, den Informationsgehalt des Drucks mit der Vorlage zu vergleichen. Seit der Erfindung des drehbaren Linienrasters durch Georg Meisenbach 1881 in München wurde mit allen Mitteln versucht, die Rastertechnik zu optimieren mit dem Ziel, eine Annäherung des Drucks an die Vorlage zu erreichen. Erst die Überlegungen von Prof. Scheuter und die durch Ihn an der TH Darmstadt initiierten wissenschaftlichen Arbeiten zur Qualitätsbeurteilung haben dazu geführt, neue Wege zu begehen. Heute, und das

werden die Vorträge zeigen, sind grundlegend neue Anwendungen möglich, die sowohl die Qualität als auch die Produktivität der Herstellung von Druckprodukten sichern.

Mit dieser Jahrestagung wollen wir uns einmal rundum mit den Möglichkeiten des in der Fachpresse bejubelten "photographischen Offsetdrucks" befassen. Hierzu haben wir sowohl die Vordenker als auch die Macher und Praktiker eingeladen, um einmal zu hören, in welchem Umfang mit einem breiten Einsatz in der Druckindustrie gerechnet werden kann. Oder drucken wir morgen nur noch frequenzmoduliert? Ist der Raster tot? Sicher Fragen die uns alle interessieren. Ich wünsche unserer Veranstaltung einen guten Verlauf und darf zunächst Herrn Prof. Scheuter bitten mit dem Feuerwerk zu beginnen.

JAHRESTAGUNG '93

DRUCKEN MORGEN-  
MÖGLICHKEITEN DER  
QUALITÄTSSTEIGERUNG

15. OKTOBER 1993

PARKHOTEL KRONE

6140 BENSHEIM-AUERBACH

*Quo vadis Farbdruck?*

em. o. Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter

Hünibach, CH

## Quo vadis Farbendruck?

Karl R. Scheuter

Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren  
der Technischen Hochschule Darmstadt

Die Qualität des Farbdruckes war schon immer ein Gegenstand, der die Fachwelt besonders stark beschäftigt hat. Denn wirklich zufrieden mit der erreichten Qualität war sie eigentlich nie. Es sind denn auch stets neue Verbesserungsvorschläge entstanden, von denen einige auch tatsächliche Verbesserungen brachten und heute zum Stand der Technik gehören. Ein unvoreingenommener Fachmann kommt jedoch um die Erkenntnis nicht herum, daß die erzielten Fortschritte eher marginal waren. Es kann wirklich nicht behauptet werden, daß die Differenz zwischen der Qualität des Farbenbildes und der Qualität der photographischen Vorlage sich in den letzten Jahrzehnten grundlegend verringert hätte. Es kommt doch noch allzu oft vor, daß Details, welche ein Autor auf Grund der photographischen Vorlage beschrieben hat, im gedruckten Farbenbild kaum oder sogar überhaupt nicht mehr erkennbar sind. Damit drängt sich der Verdacht auf, daß mangels fundamentaler Kenntnis der für die Bildqualität verantwortlichen Zusammenhänge und Mechanismen und mangels objektiver, d.h. zahlenmäßiger Beurteilungskriterien eigentlich nie an der ausschlaggebenden Stelle verbessert wurde. Bekanntlich hat ja auch die Verbesserung der Kerze nicht zur Entwicklung der Glühbirne geführt.

Solch ketzerische Überlegungen waren seinerzeit der Anlaß für die Arbeiten von Klaus Wolf /1/. Sie beruhen auf der Tatsache, daß es keinen realen Prozeß gibt, welcher nicht mit einem Energiefluß verbunden ist und auf der Erkenntnis, daß alle Prozesse der Informationsübertragung isotherme Prozesse sind. Bei solchen Prozessen sind die Energieflüsse mit den Informationsflüssen identisch. Deshalb läßt sich aus dem Flußbild der Information, dem Berger'schen Diagramm (Abb. 1), der exergetische Wirkungsgrad des Übertragungsprozesses unmittelbar ableiten.

Quo vadis Farbendruck?

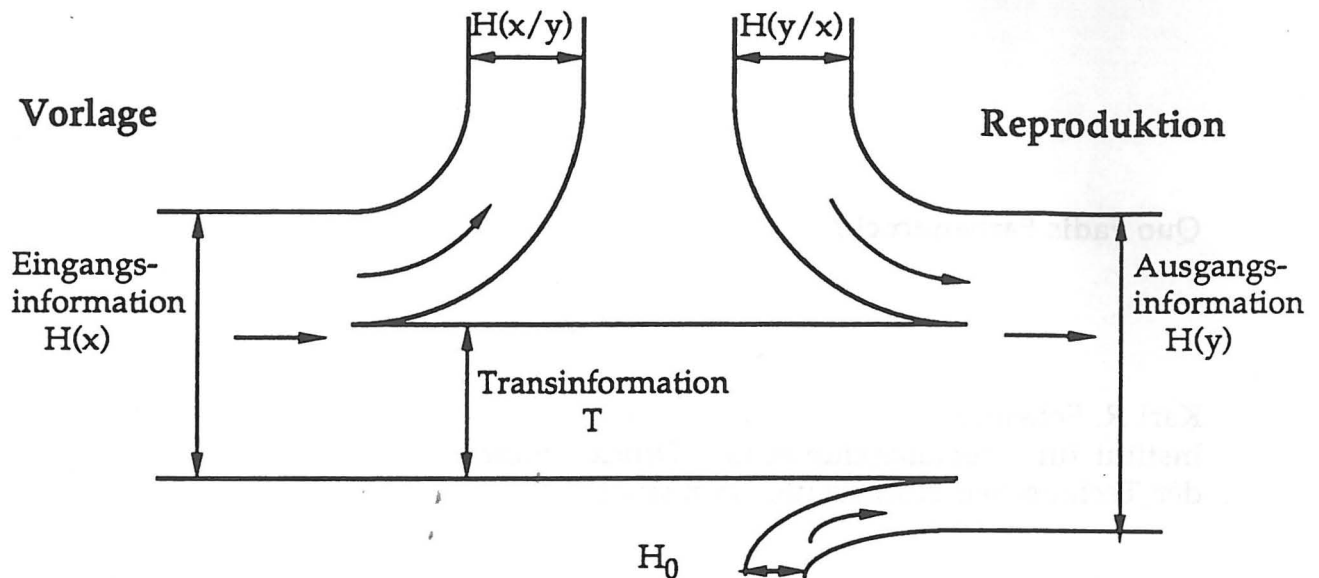


Abb. 1 Berger'sches Diagramm

In der Abb. 1 ist

$H(x)$	=	Information der Vorlage
$H(y)$	=	Information der Reproduktion
$H(x/y)$	=	Informationsverlust
$H(y/x)$	=	Irrelevanz (bildfremde Strukturen)
$T$	=	Transinformation (der aus der Vorlage stammende Informationsanteil der Reproduktion)
$H_0$	=	mit dem Bedruckstoff gewollt zugeführte Information.

Beschränken wir uns auf den Regelfall, daß Bilder auf weißes, d.h. informationsfreies Papier gedruckt werden, dann ist  $H_0 = 0$  zu setzen. In diesem Fall lautet die Gleichung für den Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{T}{T + H(x/y) + H(y/x)} \quad (1.1)$$

$$= \eta = \frac{H(y) - H(y/x)}{H(x) + H(y/x)} \quad (1.2)$$

Roland Hradezky /2/ ist dann mittels psycho-physikalischer Experimente der Nachweis gelungen, daß der exergetische Wirkungsgrad nicht nur eine physikalische Größe ist, sondern gleichzeitig auch ein objektives Maß darstellt für die von einem Betrachter subjektiv empfundene Bildqualität. Das bedeutet nun, daß alle technischen Maßnahmen, die zu einer Erhöhung des exergetischen Wirkungsgrades führen, sich unmittelbar in einer Verbesserung der subjektiven

Quo vadis Farbendruck?

Bildqualität auswirken. Es ist deshalb sinnvoll, alle Handlungsanweisungen, welche in der Wirkungsgradgleichung enthalten sind, zu analysieren und schließlich auch zu befolgen.

Tatsächlich lassen sich aus der Wirkungsgradgleichung direkt nur zwei sehr allgemein gehaltene Handlungsanweisungen gewinnen, nämlich sowohl die Irrelevanz  $H(y/x)$  als auch den Informationsverlust  $H(x/y)$  zu minimieren. Die jeweiligen technischen Anweisungen zur Durchführung lassen sich dann finden, wenn die Zusammenhänge und die Mechanismen verstanden sind, welche zu diesen beiden Mängeln führen.

Gut verstanden ist der auf der Interferenz beruhende Mechanismus, welcher beim autotypischen, amplitudenmodulierten Bildaufbau zur Irrelevanz in der besonders störenden Form des Moiré, insbesondere des Rosetten bildenden Mikro-Moirés, führt. Da es auf der Interferenz der periodischen Punktmuster der Farbauszüge beruht, ist es systemimmanent und unvermeidbar. Man kann zwar mittels spezieller Rasterpunktformen, Farbauszügen unterschiedlicher Rasterfrequenz oder höherer Rasterfrequenz die visuell erkennbare Erscheinungsform beeinflussen. Seine bildverschleiende Wirkung, welche sich subjektiv als Schärfeverlust auswirkt, ist jedoch grundsätzlich unbehebbar.

Die Einsicht ist unausweichlich, daß nur der frequenzmodulierte Bildaufbau mit zufallsverteilten Druckpunkten eine grundlegende Minimierung der Irrelevanz zuläßt /3/.

Nebenbei gesagt, die Frequenzmodulation ist nicht neu. Tatsächlich hat sie bereits 1855, also nur 16 Jahre nach der Erfindung der Photographie, in Form der von dem französischen Chemiker Alphonse Louis Poitevin (1819-1882) erfundenen Photolithographie Eingang in die Drucktechnik gefunden. Diese war jedoch, entsprechend der seinerzeitigen Bedeutungslosigkeit des Flachdruckverfahrens, immer nur ein Mauerblümchen. So ist es heute noch, denn alle in den 50-er Jahren unternommenen Anstrengungen, sie dank des Aufschwunges des Flachdruckverfahrens einer breiten wirtschaftlichen Nutzung zuzuführen, schlugen fehl. Offenbar war die Zeit der höchst anspruchsvollen photomechanischen Verfahren bereits am auslaufen. Dagegen half auch die erreichte Bildqualität nicht, obwohl sie (wenn die Erinnerung nicht täuscht) mit der dank der opto-elektronischen Frequenzmodulation bisher erreichten Qualität zumindest vergleichbar war.

Im Gegensatz zum Thema Irrelevanz, d.h. Moiré, ist das Thema Informationsverlust von der Fachwelt eher ignoriert worden. Wenn aber das Moiré einmal nicht mehr da ist, kann der Informationsverlust leicht zum Hauptthema werden. Da die Zusammenhänge und Mechanismen bisher kaum behandelt wurden, sind einige Überlegungen angebracht.

Quo vadis Farbendruck?



Ausgangspunkt für die folgenden Betrachtungen ist die Tatsache, daß ein Informationsraum nur eine beschränkte Informationsmenge aufnehmen kann. Diese Menge ist gegeben durch die Informationskapazität /4/

$$C = m \cdot \text{ld}(n) \quad (2)$$

Dabei ist

- m = flächenbezogene Anzahl der zur Verfügung stehenden Bildspeicherzellen.  
n = Anzahl der innerhalb einer Bildspeicherzelle darstellbaren Farbstufen.

Diese Größen sind durch das Bildaufbauverfahren und seine Parameter eindeutig gegeben. Die Dimension der Informationskapazität ist [bit/Flächeneinheit].

Dank der Erkenntnis des beschränkten Aufnahmevermögens läßt sich folgende Forderung ableiten:

Damit die Information  $H(x)$  der Vorlage überhaupt in der Reproduktion Platz findet, muß deren Informationskapazität der Ungleichung

$$C(y) > H(x) \quad (3)$$

genügen. Diese Forderung entspricht jener Binsenwahrheit, die besagt, daß man einen Liter Wein nicht in eine Halbliter-Karaffe gießen kann, ohne daß die Hälfte daneben, also verloren geht.

Nun kann die Information einer Vorlage in einem weiten Bereich streuen, nämlich im Bereich

$$0 < H(x) \leq C(x) \quad (4)$$

Natürlich ist es höchst unwahrscheinlich, daß die Information der Vorlage jemals deren Informationskapazität  $C(x)$  erreicht. Doch zeichnen sich gerade oft die bildwichtigsten Bereiche durch eine besonders hohe Informationsdichte aus. Will man solche Bereiche ungeschmälert übertragen, dann muß vorsorglicherweise mit der maximalen Vorlageninformation  $H(x)_{\max} = C(x)$  gerechnet werden. Aus der Gl. 3 ergibt sich somit die Forderung

$$C(y) > C(x) = C(\text{Pr ofi - Photographie}) \quad (5)$$

Die Frage ist nun, inwieweit die heute greifbaren Verfahren diese Forderung erfüllen. In der Tab. 1 sind beispielhaft die Informationskapazität einer geläufigen Profi-Vorlage (Agfachrome 100 RF) in Vergleich gesetzt mit derjenigen des am-

Quo vadis Farbendruck?

plitudenmodulierten Bildes im 60-er Raster, mit derjenigen des frequenzmodulierten Markterstlings, dem CristalRaster und, als Ergänzung, mit derjenigen der Photolithographie. Ebenfalls eingetragen sind die auf die Vorlage bezogenen theoretisch möglichen Informationsverluste

$$\frac{\Delta H}{C(x)} = \frac{C(x) - C(y)}{C(x)} \quad (6)$$

Die Ausgabe zum Agfachrome 100 RT entstammt einer persönlichen Mitteilung von H. Buschmann, Agfa-Gevaert AG. Die für die Berechnung der Informationskapazität des CristalRasters notwendigen Daten wurden auf Grund der Publikation /5/ von Dieter J. Maetz bestimmt. Die Berechnungsdaten für die Photolithographie entstammen einer Publikation /6/ von L.E. Lawson.

	C [Mbit/cm <sup>2</sup> ]	$\Delta H/C(x)$ [%]
Agfachrome 100RF	3,8	-
AM 60-er Raster	0,086	97,7
FM CristalRaster	0,225	94,1
FM Photolithogr.	0,48	87,1

Tab. 1

Die Zahlen der Tab. 1 führen zu folgender Schlußfolgerung:

- Beim heutigen Stand der Technik erfüllt kein gedrucktes Bild die physikalisch bedingte Forderung  $C(y) > C(x) = C$  (Profi-Photographie). Es fehlt rund eine Größenordnung zu ihrer Erfüllung.
- Andererseits ist offensichtlich, daß ein in Form des CristalRasters frequenzmoduliertes Bild gegenüber einem amplitudenmodulierten Bild im üblichen 60-er Raster einen so deutlichen Vorsprung aufweist, daß er zu Recht das Interesse der Fachwelt geweckt hat. Der Vorsprung der - allerdings nicht alltagspraxistauglichen - Photolithographie wurde jedoch nicht egalisiert.

Nun ist die Forderung

$$C(y) > C(x) \quad (5)$$

aus rein physikalischen Überlegungen entstanden. Die Frage ist jedoch, ob diese Forderung auch physiologisch, d.h. unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit des Sehannes, gerechtfertigt ist.

Quo vadis Farbendruck?

Die Leistungsfähigkeit des Sehannes, d.h. sein Vermögen, Information aufzunehmen, ist selbstverständlich beschränkt. Deshalb ist ihm auch eine (visuelle) Informationskapazität  $C_v$  zuschreibbar. Unter dieser Voraussetzung läßt sich die eben gestellte Frage in die folgende Forderung umformen: Damit die Substruktur des gedruckten Bildes, d.h. die Raster- bzw. Druckpunkte, vom Sehsinn keinesfalls aufgelöst werden kann, muß die Informationskapazität  $C(y)$  des gedruckten Bildes größer sein als die visuelle Informationskapazität  $C_v$ . Es gilt somit die Forderung

$$C(y) > C_v \quad (7)$$

Damit überprüft werden kann, ob diese Forderung erfüllt ist, muß die visuelle Informationskapazität  $C_v$  bekannt sein. Der Versuch, diese auf Grund des Baues des Auges zu definieren, hat zu keinem den Seherfahrungen gerecht werdendem Ergebnis geführt. Das Auge ist eben mehr als ein optisches System. Es ist ein optoneuronales System, das nicht nur Signale empfängt, sondern diese auch schon einer Verarbeitung unterwirft.

Es bleibt schließlich nur der Weg, die visuelle Informationskapazität indirekt zu beschreiben und zwar als die Informationskapazität eines virtuellen Bildes, welches, betrachtet in einem üblichen Sehabstand, z.B.  $a = 30$  cm, den Sehsinn gerade auslasten würde.

In einem solchen Bild ist die Größe  $D$  der virtuellen Bildspeicherzellen durch den Grenz-Sehwinkel  $\alpha_{\min}$  gegeben, unter welchem Bilddetails gerade noch aufgelöst werden können. Es gilt somit für die Größe der virtuellen Bildspeicherzelle

$$D_v = \alpha_{\min} \cdot a \quad (8)$$

Damit wird eine flächenbezogene Anzahl der virtuellen Bildspeicherzellen

$$m_v = \left( \frac{1}{D_v} \right)^2 = \left( \frac{1}{\alpha_{\min} \cdot a} \right)^2 \quad (9)$$

Die Bestimmung der Anzahl  $n_v$  der visuell unterscheidbaren Farben ist problematischer und zwar deshalb, weil das Farbunterscheidungsvermögen vom Sehwinkel abhängt. Bei kleinen Sehwinkeln degeneriert es. Man kann jedoch zumindest festhalten, daß

$$n_v \geq 2 \quad (10)$$

sein muß. Wäre nämlich  $n_v < 2$ , dann würde sich das betrachtete Detail nicht mehr vom Untergrund abheben, es wäre unsichtbar.

Quo vadis Farbendruck?

Setzt man nun diese Werte in die Definitionsgl. 2 der Informationskapazität ein, dann ergibt sich für die visuelle Informationskapazität die Gleichung

$$C_v(a) \geq \left( \frac{1}{\alpha_{\min} \cdot a} \right)^2 \quad (11)$$

Die visuelle Informationskapazität ist offensichtlich eine Größe, welche mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist.

Der Sehsinn ist natürlich schon seit langem Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Diese beziehen sich vor allem auf die Grenzen der Sehleistung bei extremer Konkretisierung der Sehaufgabe auf ein einziges Detail. So wurde z.B. festgestellt, daß dunkle Linien auf hellem Untergrund sogar unter einem Sehwinkel von nur 0,5" (Winkelsekunden) noch aufgelöst werden können /7/. Bezogen auf die Sehweite von  $a = 30$  cm ergibt sich damit eine visuelle gerade noch auflösbarer Linienbreite von  $d = 0,7 \mu\text{m}$ , bzw. eine visuelle Informationskapazität von  $C_v(a = 30 \text{ cm}) = 189 \text{ Mbit/cm}^2$ .

Solche Werte sind natürlich für die Sehleistung beim Betrachten von Bildern nicht maßgeblich. Denn ein Bild besteht in der Regel aus sehr vielen Details, auf welche sich die Aufmerksamkeit des Betrachters verteilt. Die Sehaufgabe ist weniger konkret und die Sehleistung verringert sich entsprechend. Bedauerlicherweise schweigt sich die Literatur darüber aus. Man kann sich jedoch eine gewisse Vorstellung beschaffen, indem man mit offenen Augen z.B. das natürliche Bild "Sommerlicher Garten" betrachtet. Man sieht dann neben vielen anderen Details auch Spinnennetze, und zwar oft schon im Abstand von mehr als einem Meter, sicher jedoch im Abstand von 30 cm und zwar auch dann, wenn sie im Schatten liegen oder wenn der Himmel bedeckt ist.

Nun spinnen unsere ausgewachsenen Spinnen Fäden, deren Durchmesser rund  $10 \mu\text{m}$  oder weniger beträgt /8/. Daraus läßt sich abschätzen, daß in natürlicher Umgebung mit Seh winkeln von  $2'' < \alpha_{\min} < 7''$  gerechnet werden muß. Setzt man diese Werte zusammen mit  $a = 30$  cm in die Gl. 11 ein, dann erhält man für die visuelle Informationskapazität

$$11 \text{ Mbit/cm}^2 > C_v(a = 30 \text{ cm}) > 1 \text{ Mbit/cm}^2$$

Da die Beleuchtungsverhältnisse "Schatten" bzw. "bedeckter Himmel" etwa jenen entsprechen, welche für das Betrachten von Bildern bevorzugt werden, dürften diese Werte doch wohl repräsentativ sein. Doch selbst wenn man sich nur auf den unteren Wert abstützt, zeigt der Vergleich mit den Werten in Tab. 1:

- Beim heutigen Stand der Technik erfüllt kein gedrucktes Bild die Forderung  $C(y) > C_v(a = 30 \text{ cm})$ .

Quo vadis Farbendruck?

Die Tatsache, daß beim heutigen Stand der Technik die gedruckten Bilder weder die physikalisch bedingte Forderung Gl. 5 noch die physiologisch bedingte Forderung Gl. 7 erfüllen, wirft eine grundsätzliche Frage auf, nämlich:

- Ist es überhaupt möglich, diesen Forderungen mittels der Drucktechnik gerecht zu werden?

Die Informationskapazität eines Bildes ist nach Gl. 2 durch die beiden Größen  $m$  und  $n$  gegeben. Aus der Abb. 2, welche eine Bildspeicherzelle der der Breite  $D$

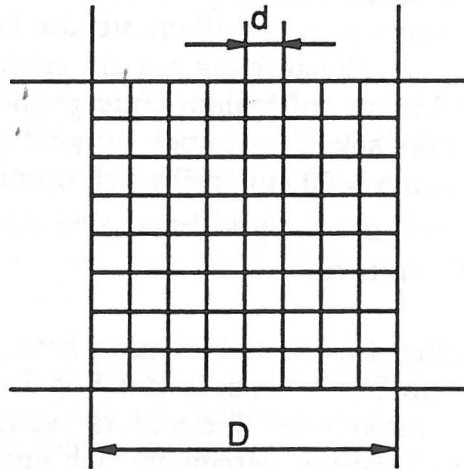


Abb. 2: Bildspeicherzelle

eines R-G-B-Farbauszuges mit  $k^2 = (D/d)^2$  Pixelplätzen zeigt, lassen sich beide Größen ableiten. Es gilt mit  $D = k \cdot d$  für die flächenbezogene Anzahl der Bildspeicherzellen

$$m = \frac{1}{d^2} \cdot \frac{1}{k^2} \quad (12)$$

und für die maximale Zahl der Graustufen

$$n = k^2 + 1 \quad (13)$$

Aus geometrischen Gründen ist  $k$  eine natürliche Zahl (1, 2.....12.....16.....), welche prinzipiell frei gewählt werden kann. Die Wahlfreiheit für die Pixel- bzw. Druckpunktbreite  $d$  ist eingeschränkt, weil für jeden Bedruckstoff ein kleinster druckbarer Druckpunkt existiert. Die Anordnung der Druckpunkte, ob in Form eines Rasterpunktes oder zufällig verteilt, bleibt vorläufig offen.

Quo vadis Farbendruck?

Setzt man die eben gefundenen Werte für  $m$  und  $n$  in die Gl. 2 der Informationskapazität, dann ergibt sich die allgemeine Gleichung

$$C(y) = \frac{3}{d^2} \left[ \frac{1}{k^2} \cdot \text{ld}(k^2 + 1) \right] \quad (14)$$

Da die Pixelbreite  $d$  nur eingeschränkt wählbar ist, hängt die Informationskapazität überwiegend von der Funktion in der eckigen Klammer ab. Untersucht man deren Verlauf, dann stellt man fest, daß ihr Wert mit kleiner werdenden  $k$ -Werten steil ansteigt und sie ihren Maximalwert bei der kleinsten der natürlichen Zahlen noch nicht erreicht hat. Das heißt, daß die Informationskapazität für  $k = 1$  maximal wird. Setzt man diesen Wert in die allgemeine Gl. 14 für die Informationskapazität ein, dann ergibt sich für die im gedruckten Farbbild maximal erreichbare Informationskapazität

$$C(y)_{\text{max}} = C(k = 1) = \frac{3}{d^2} \quad (15)$$

Die maximal erreichbare Informationskapazität ist somit nur noch vom kleinsten reproduzierbaren Druckpunkt, d.h. indirekt vom Bedruckstoff, abhängig.

Der Wert  $k = 1$  bedeutet jedoch auch, daß innerhalb einer Bildspeicherzelle des Farbbildes nur  $2^3 = 8$  Farben, nämlich Papierweiß, die drei Primärfarben, die drei Sekundärfarben und Unbunt, dargestellt werden können. Die Amplitudenmodulation fällt dadurch endgültig aus Akt und Traktanden. Es bleibt nur die Frequenzmodulation. Hier kann man diese Einschränkung unwirksam machen, wenn man, einem Vorschlag von G. Fischer /9/ folgend, die Vorlage in Teilflächen zerlegt, deren Abtastsignale jeweils innerhalb einer vorgebbaren Toleranz gleich sind. Eine solche Teilfläche mit dem Flächeninhalt  $A$  enthält dann  $\bar{k}^2 = A/d^2$  Bildspeicherzellen, so daß nun die Zahl der in dieser Teilfläche darstellbaren Farbstufen

$$\bar{n}(k = 1) = \left( \frac{A}{d^2} + 1 \right)^3 \quad (16)$$

wird. Dadurch ist gewährleistet, daß immer ein Überfluß von darstellbaren Farbstufen zur Verfügung steht. Es liegt auf der Hand, daß dank dieser Vorgehensweise - Frequenzmodulation mit  $k = 1$  - Bildverarbeitung - nun eine exakte Übersetzung in die Opto-elektronik erreicht wird.

Die Frage nach dem Erreichbaren spitzt sich nun auf die Frage nach dem kleinsten reproduzierbar druckenden Punkt zu. Auf Grund von systematischen drucktechnischen Untersuchungen /10/ ist es - unter der Voraussetzung eines der bereits heute üblichen Anforderungen entsprechenden Papiere - zulässig,

Quo vadis Farbendruck?

diesen Punkt zu  $d = 10 \mu\text{m}$  anzusetzen. Allerdings muß dazu bemerkt werden, daß ein solcher Punkt zur Zeit durchaus nicht problemlos auf die Platte zu bringen ist. Ein alltäglicher Einsatz würde sicher nach einigen Geräteverbesserungen rufen.

Setzt man trotzdem eine Punktgröße von  $d = 10 \mu\text{m}$  in die Gl. 15 ein, dann ergibt sich für die derzeit maximal erreichbare Informationskapazität eines Farbbildes

$$C(y)_{\text{max}} = C(k = 1, d = 10 \mu\text{m}) \approx 3 \text{Mbit} / \text{cm}^2$$

Vergleicht man diesen Wert mit den früher beispielhaft genannten Werten, nämlich  $C(x) = C(\text{Profi-Photographie}) = 3,8 \text{Mbit} / \text{cm}^2$  und  $C_v(a = 30 \text{cm}) > 1 \text{Mbit} / \text{cm}^2$ , dann ist folgende Schlußfolgerung gerechtfertigt:

- Es ist bereits beim heutigen Stand der Druck- und Papiertechnik prinzipiell möglich, die physikalisch bedingte Forderung  $C(y) > C(x)$  und die physiologisch bedingte Forderung  $C(y) > C_v(a = 30 \text{cm})$  zwar nicht vollkommen, zum mindesten jedoch mit guter Näherung zu erfüllen. Unabdingbare Voraussetzung ist jedoch die Frequenzmodulation mit  $k = 1$ -Bildverarbeitung.

Damit eröffnet sich die Hoffnung, daß wir eines Tages über eine High-Fidelity-Drucktechnik verfügen werden, welche uns dann Farbbilder beschert, die mit Sicherheit auch die allerfeinsten Details zeigt, welche der Autor auf Grund der photographischen Vorlage beschrieben hat.

Diese Aussicht ist zwar sehr schön. Sie betrifft jedoch nur jenen Produktbereich, der sich hochqualifizierte Papiere leisten kann. Für die Zukunft der Druckindustrie ist jedoch der Bereich der Massenprodukte ungleich bedeutsamer, denn diese sind dem Wettbewerbsdruck der anderen Medien viel stärker und unmittelbarer ausgesetzt. Deshalb wäre besonders in diesem Bereich eine signifikante Verbesserung der Qualität des Farbbildes höchst erwünscht. Gerade diesem Anliegen wird nun die Frequenzmodulation mit der  $k = 1$ -Bildverarbeitung in nicht zu überbietendem Ausmaß gerecht. Denn  $k = 1$  bedeutet ja, daß mittels des kleinsten, dem Bedruckstoff jedoch noch gerecht werdenden Druckpunktes immer die dem Bedruckstoff inhärente maximal mögliche Informationskapazität und damit auch die maximal mögliche Bildqualität erzielt wird. Druckpunkte von beispielsweise  $d = 40 \mu\text{m}$ , welche dank der hervorragenden Verdruckbarkeit von frequenzmodulierten Punktmustern wohl auf fast allen Zeitungspapieren sicher drucken, ergeben nach Gl. 15 eine Informationskapazität von

$$C(y)_{\text{max}} = C(k = 1) = 0,188 \text{Mbit} / \text{cm}^2$$

Ein entsprechendes Zeitungsbild wäre zwar immer noch glanzfrei. Hinsichtlich der Detailauflösung und Bildschärfe, aber auch des Farbumfanges, dürfte es sich

Quo vadis Farbendruck?

jedoch mit dem Besten messen, welches heute unter dem Titel "Qualitätsdruck" auf dem Markt ist.

Die Frequenzmodulation mit  $k = 1$  - Bildverarbeitung ist offensichtlich keine elitäre Angelegenheit. Sie ist für alle Produktbereiche von gleich hoher Eignung und von gleich hoher Bedeutung. Und das ist schließlich das überzeugendste Argument für ihre Weiterentwicklung und schließlich endgültige Einführung als universelles Bildverfahren.

Das nun seit rund zwei Jahren dank der unternehmerischen Weitsicht von Dieter J. Maetz der Praxis zugängliche CristalRaster, wie auch seine Nachzügler, sind ein erster Schritt auf dem Weg zur kompromißlosen Übersetzung der Photographie in die Opto-elektronik. Und schon dieser erste Schritt hat zu so eindrücklichen Leistungsproben geführt, daß über den Weg des Farbendruckes und das Ziel keine Zweifel mehr aufkommen sollten.



## Literaturverzeichnis

- /1/ Wolf, K., Beitrag zur Systemtheorie der Druckverfahren, Diss. 1970, TH Darmstadt
- /2/ Hradezky, R., Objektive Qualitätsbeurteilung von Druckprodukten und Möglichkeiten zur analytischen Behandlung von Reproduktions- und Druckprozessen mit Hilfe der Informationstheorie, Diss. 1977, TH Darmstadt
- /3/ Fischer, G., Der frequenzmodulierte Bildaufbau - ein Beitrag zum Optimieren der Druckqualität, Diss. 1986, TH Darmstadt
- /4/ Dainty, J.C., Shaw, R., Image Science, Academic Press London, New York, San Francisco 1974
- /5/ Maetz, D.J., Der Durchbruch zum "fotografischen" Bildaufbau im Offsetdruck ist geschafft, Deutscher Drucker Nr. 6-13.2.1992
- /6/ Lawson, L.E., High rendition photo-lithographic images, Professional Printer Vol. 26, Nr. 5/6
- /7/ Schober, H., Das Sehen, Band 2, 3. Aufl., VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1964, S. 299
- /8/ Vollrath, F., Die Seiden und Netze von Spinnen, Spektrum der Wissenschaft 5/1992
- /9/ = /3/, S. 54
- /10/ Scheuter, K.R., Gölling, S., Die Sicherheit der Farbübertragung bei kleinsten Bildpunkten im Offsetdruck, Institutsbericht 2/1986, TH Darmstadt

## JAHRESTAGUNG ' 93

# DRUCKEN MORGEN- MÖGLICHKEITEN DER QUALITÄTSSTEIGERUNG

15. OKTOBER 1993

PARKHOTEL KRONE

6140 BENSHEIM-AUERBACH

**CristalRaster-Lithografien  
in der Praxis**

Dieter J. Maetz

Unternehmensgruppe Vignold,  
Essen

---

## **CristalRaster-Lithografien® in der Praxis**

1984 veröffentlichten Karl Scheuter und Gerhard Fischer bemerkenswerte Gedanken zur Optimierung der Offsetqualität. Dabei wurde der Begriff „frequenzmodulierte Rasterung“ geboren. In der Fachwelt gab es eine lebhafte Diskussion. Wie üblich mit Befürwortern und Gegnern dieser neuen Methode.

Zwischendurch hörte man dann noch, daß die Firmen Hell und Du Pont, Herr Fischer war jetzt dort tätig, Patente angemeldet hatten. Dann wurde es ruhig um dieses Thema! 1989 sprach mich Jean Fischer an, der in Verbindung mit der Technischen Hochschule Darmstadt und einigen Fachleuten einen neuen Algorithmus zur Verteilung der druckenden Elemente entwickelt hatte. Dieser hatte den Vorteil kurzer Rechenzeiten und auch qualitativ versprach er eine Optimierung.

Gemeinsam wurde ein F + E-Vorhaben beschlossen, wobei es uns gelang, innerhalb von 2 Jahren eine sichere Produktionslinie aufzubauen.

Sie kennen das Ergebnis! Mit Hilfe von Fachbeiträgen, Vorträgen und Direktmarketing-Aktionen haben wir die CristalRaster-Lithografie® vermarktet, so daß diese Technik international zu einem Markenzeichen wurde. Parallel dazu hat ein bedeutendes Unternehmen aus der Zulieferindustrie, die Firma Agfa-Gevaert, die Exklusivrechte an diesem Verfahren erworben, so daß gesichert ist, daß noch dieses Jahr PostScript-Belichter in den Handel gelangen. Wir selber beteiligen uns mit großem Erfolg am Beta-Test.

Der Inhalt meines Vortrages hat folgende Gliederung: Im Vergleich mit dem autotypischen Raster gehe ich auf die Vor- und Nachteile des CristalRasters ein. Danach wird die Arbeitsweise in der Reproduktion, Plattenkopie und im Druck beschreiben. Zum Schluß schildere ich noch kurz den Einfluß des CristalRasters auf den Markt, da nach meiner Meinung Veränderungen zu erwarten sind.

Zum autotypischen Raster: Zur Verblüffung aller Reproduktioner entdeckten die PostScript-Entwickler den autotypischen Raster neu. In der Fachpresse las man plötzlich wieder Beiträge über längst vergessene Winkel wie z.B. 18,4 Grad, wobei zur Verhinderung von Moiré mit unterschiedlichen Rasterweiten gearbeitet werden muß. Sehr schnell wurde erkannt, daß das ein Irrweg war und entwickelte PS-Belichter mit den heute bewährten Rasterpunktformen und Rasterwinkeln. Dabei kam es zu erbitterten Auseinandersetzungen um Superzellen, rational, irrational, Clear Centred oder DotCentred.

Das ist nun Vergangenheit! Parallel zu diesem Rasterstreit wurde der CristalRaster entwickelt und inzwischen gibt es auch bei anderen Unternehmen Bemühungen diese Technik nachzuvollziehen.

Wir arbeiten beim CristalRaster mit verschiedenen Auflösungen. 1.800 dpi ergibt Punktgrößen von 0,014 mm, was von uns z.Zt. als untere Grenze angesehen wird. Wahlweise setzen wir dann noch 1.200 oder 900 dpi ein, wobei sich beim Zeitungsdruck eine Punktgröße von 0,028 mm bewährt hat.

Der Algorithmus für die Punktverteilung wurde so gewählt, daß es keinen Rhythmus und eine möglichst gleichmäßige Verteilung der einzelnen Punkte ohne Richtungsvorgabe gibt. Dennoch sind wir trotz der hohen Qualität noch immer nicht zufrieden und sind im Moment dabei, die Punktverteilung weiter zu optimieren.

#### **Die Arbeitsweise in der Reproduktion**

Üblicherweise tasten wir im Scanner Vorlagen mit einer Auflösung von 120 Linien/cm ab und geben sie beim CristalRaster mit 720 Linien/cm aus. Das entspricht der höchsten Auflösung unseres Belichters.

Die Bearbeitung der gescannten Daten erfolgt in einem EBV-System, dabei wird Text und Bild zu einer Seite zusammengefügt. Besonderheiten gibt es nicht.

Da wir einen Konvertierungscomputer einsetzen, können wir CristalRaster-Lithografien<sup>®</sup> aus sämtlichen gängigen Datenformaten ausgeben. Besonders interessant ist dabei die Einbindung von PostScript-Daten, da unsere Kunden verstärkt mit dieser Technik arbeiten.

Daten werden heute weniger über unser Netzwerk, dafür verstärkt mit Shuttle's transportiert. Diese Arbeitsweise läßt sich einfacher organisieren, so daß wir auch unsere CristalRaster-Rechner mit dieser Technik ausgestattet haben.

Dabei handelt es sich um zwei PC's, mit denen wir die EBV-Daten umrechnen, Seiten ausschließen und auch die Gradation beeinflussen können. Zum Umrechnen einer vierfarbigen A4-Seite benötigen wir ca. 15 Minuten.

Wichtig ist noch, daß Korrekturen nicht am Film ausgeführt werden können. Hier muß immer auf den digitalen Datenbestand zurückgegriffen werden, so daß sich die Produktion zwangsläufig verteuert.

#### **Die Arbeitsweise in der Plattenkopie**

Offsetdruckplatten haben heute sehr hohe Auflösungen, so daß die kleinen Punkte von 0,014 mm gut zu übertragen sind. Üblicherweise belichten wir bei Andruckplatten 6 µ des UGRA-Testkeils weg und lassen 8 µ stehen. Dadurch haben wir eine hohe Produktionssicherheit erreicht.

Der Drucker kann es sich nach bisherigen Erfahrungen nicht ganz so einfach machen. Je nach Auflösung und Belichtungsspielraum seiner Druckplatten muß er eine angepaßte Kopierstufe wählen. Das hängt auch vom Zuwachs seiner Druckmaschine ab. Deshalb lautet unsere Empfehlung, zunächst eine Stufenbelichtung mit einer CristalRaster-Lithografie<sup>®</sup> zu machen, diese in der Produktionsmaschine anzudrucken, um dann die richtige Belichtung im Vergleich mit dem Andruck festzulegen.

Bei der Arbeitsweise mit derartig kleinen Punkten ist zwangsläufig eine höhere Sorgfalt in Verbindung mit saubereren Kopierräumen notwendig. Auch Streufohlen sind untersagt.

### **Die Arbeitsweise beim Fortdruck**

Im Grunde gibt es für den Drucker keine Abweichungen bei seiner Arbeit. Dennoch sind einige Besonderheiten im Vergleich mit dem autotypischen Raster interessant:

- Die Farbgebung kann höher als üblich eingestellt werden, ohne Verluste in der Tiefenzeichnung befürchten zu müssen.
- Der Tonwertzuwachs ist annähernd gleich, wobei die Meßmethode mit dem Auflicht-Densitometer wegen des unterschiedlichen Lichtfangs bei beiden Rastern nur bedingt aussagekräftig ist.
- Die Feuchtmitteldosierung soll nach Aussagen von Druckern geringer sein.
- Die Waschintervalle sollen länger sein.
- Auch die Farbannahme soll besser sein, ebenso das Wegschlagverhalten.

Diese Aussagen sind aus der Praxis und natürlich nicht wissenschaftlich untermauert. Dennoch sind sie interessant, da sie, wenn sie so bestätigt werden, den Offsetdruck ein Stück weiter die Qualitätsleiter hinaufschieben.

Bezüglich des Waschintervalls und der offenen Tiefenzeichnung hat übrigens Gerhard Fischer schon 1986 darauf hingewiesen, daß die Farbfäden der relativ kleinen Druckpunkte des frequenzmodulierten Rasters bereits in kurzer Entfernung von der Druckzone verjüngen, so daß sie reißen. Beim konventionellen Raster mit großen Punkten wird der ausgezogene Farbfaden wesentlich länger und reißt später. Zwangsläufig wirkt sich das auf den Druckprozeß im positiven Sinne aus.

### **Wie sehen wir den Markt?**

Da wir seit Anfang '92 CristalRaster-Lithografien<sup>®</sup> herstellen und in unserem Rätiger Haus schon über 30 Prozent Umsatz damit machen, können wir die Reaktion des Marktes gut beurteilen.

Überwiegend wird diese Technik im Rollenoffset eingesetzt, zum zweiten im Bogenoffsetdruck und erst sehr wenig im Zeitungsdruck. Das liegt daran, daß wir CristalRaster-Zeitungslithos erst seit kurzem vermarkten. Die Reaktion der Kunden ist überwiegend positiv, die der meisten Drucker geradezu überschwänglich.

Meistens werden wegen der Moiréfreiheit Drucksachen mit Strukturmotiven bestellt, wie Teppiche, Kleidung, Lautsprecher etc. Aber auch Kalender mit Kunstmotiven, Prospekte mit technischen Abbildungen und Postkarten sind darunter. Die Vermarktung des CristalRasters durch Agfa-Gevaert wird sicher dafür sorgen, daß der Offsetdruck in Zukunft eine noch höhere Qualität als bisher realisiert.

Das große Vorbild der Offsetdrucker ist der Tiefdruck. Der fotografische Effekt dieser Technik wird nunmehr auch im Offsetdruck erreicht, allerdings mit höherer Schärfe und Detailwiedergabe. Damit ist das Endziel der Reproduktionstechnik erreicht: Die Faksimilewiedergabe von Vorlagen auf industrieller Basis.

## JAHRESTAGUNG '93

# DRUCKEN MORGEN- MÖGLICHKEITEN DER QUALITÄTSSTEIGERUNG

15. OKTOBER 1993

PARKHOTEL KRONE

6140 BENSHEIM-AUERBACH

### Bewertung frequenzmodulierter Bildrasterungsverfahren

Dipl.-Ing. Peter Urban

Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren TH Darmstadt

## BEWERTUNG FREQUENZMODULIRTER BILDRASTERUNGSVERFAHREN

Der Begriff der Frequenzmodulation (FM) erfuhr durch Prof. Scheuter und Dr. Gerhard Fischer am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren vor ungefähr 10 Jahren eine Bereicherung dadurch, daß er in die Bildrastringstechnik Eingang fand. Bereits aus der Radiotechnik als Synonym für Qualität bekannt, konnte durch eindrucksvolle Bildbeispiele gezeigt werden, daß ein frequenzmodulierter Bildaufbau im Gegensatz zur konventionellen Rasterung, die folgerichtig als Amplitudenmodulation bezeichnet wurde, einen gewaltigen qualitativen Sprung nach vorne darstellte.

Die Algorithmen für die Frequenzmodulation, mit denen im Rechner die Druckpunktverteilung festgelegt wurde, waren vom Anspruch auf hohe Qualität bei der Detailwiedergabe geprägt. Diese Qualität im Druckprodukt hatte seinerzeit ihren Preis bei der Rechenzeit. So blieb der Name des Verfahrens für einige Zeit das Einzige, was zum Drucken mit gleichgroßen Punkten vorhanden war. Er wurde schließlich in der Druckwelt zum Oberbegriff für alle Verfahren, welche mit gleichgroßen Druckpunkten das Bild aufbauen, was letztendlich als Beleg dafür gelten mag, wie trefflich der Begriff gewählt war und wie gerne man diese Qualität gehabt hätte.

Die wesentlichen Vorzüge, für die der Begriff Frequenzmodulation steht, sind:

- Moiréfreiheit,
- bessere Detailauflösung,
- höherer wiedergebbarer Dichteumfang
- höhere Informationskapazität des FM-Verfahrens
- kein Dichtesprung aus Punktschluß bei Grauwertverläufen,

Ein Ersatz der FM durch andere Rasterverfahren, welche auch mit gleichgroßen Druckpunkten einen Halbton simulieren, wirft die Frage danach auf, inwieweit diese Verfahren ebenfalls die Erwartungen, welche mit der FM verbunden sind, erfüllen können. Solche in der Rechenzeit zum Teil erheblich günstigeren Rasterverfahren sind von der Ausgabe von Bildern auf niedrig auflösenden Geräten bekannt. Sie stammen aus dem Bereich der Computertechnik, wo auf Laser-, Nadel-, Thermo- oder Tintenstrahldrucker Halbtöne gedruckt werden sollten, oder etwa auf Computermonitoren bei nur wenigen verfügbaren Intensitätsstufen pro Bildpunkt mehr Zwischentöne erzeugt werden sollten. Diese Verfahren sind unter Namen wie etwa

- Dithering,
- Errordiffusion,

- Kornraster,
- Stochastischer Raster,
- Puls-Dichte-Modulation,

in der Literatur beschrieben.

Diese Verfahren unterscheiden sich bei visueller Betrachtung der Punktverteilung. Von eindeutig regelmäßiger Anordnung von Punktmustern über die Bildung von Würmchen mit Vorzugsrichtungen bis zur völlig regellosen Punktverteilung findet man viele Varianten.

Als mögliche Kriterien zur Beurteilung einzelner Rasteralgorithmen möchte ich im Folgenden die zweidimensionale Fouriertransformation und die freie Kantenlänge vorstellen.

## **Die zweidimensionale Fouriertransformation**

Die zweidimensionale Fouriertransformation erlaubt die Beurteilung eines Rasterverfahrens bezüglich der Frequenzen, welche das Rasterverfahren selbst produziert. Damit ist sie bspw. geeignet, um die Gefahr eines Moirés zu erkennen. Darüber hinaus erlaubt sie weitere Aussagen.

Eine gerasterte Vorlage wird immer aus dem Frequenzspektrum des Bildes und dem des Rasterverfahrens zusammengesetzt sein. Übliche Vorlagen enthalten überwiegend niederfrequente Bildanteile. Es gibt jedoch auch Vorlagen, wie z.B. Stoffmuster, die hochfrequente Bildanteile enthalten. Wenn diese hochfrequenten Vorlagenanteile mit ihrer Frequenz in der Nähe eines in seiner Amplitude ausgeprägten Frequenzanteils des Rasterverfahrens liegen, erhält man in der Reproduktion eine Abbildung, die nicht mehr der Vorlage entspricht. Moiré zwischen Vorlage und Reproduktionsraster ist die Folge und aus der Wiedergabe von bspw. Stoffmustern mittels der Amplitudenmodulierten Rasterung bestens bekannt. Generell kann man daher über ein Rasterverfahren sagen, daß es im Bereich der Vorlagenfrequenzen mit möglichst geringen Anteilen in der Fouriertransformierten vertreten sein sollte. Ein Rasterverfahren mit bevorzugt hohen Frequenzanteilen in der Fouriertransformierten wäre folglich einem solchen mit niedrigen Frequenzanteilen vorzuziehen.

Um die folgenden Bildbeispiele besser interpretieren zu können, soll zunächst das erste Bild den Zusammenhang zwischen einer Abbildung im Ortsbereich und im Frequenzbereich verdeutlichen.



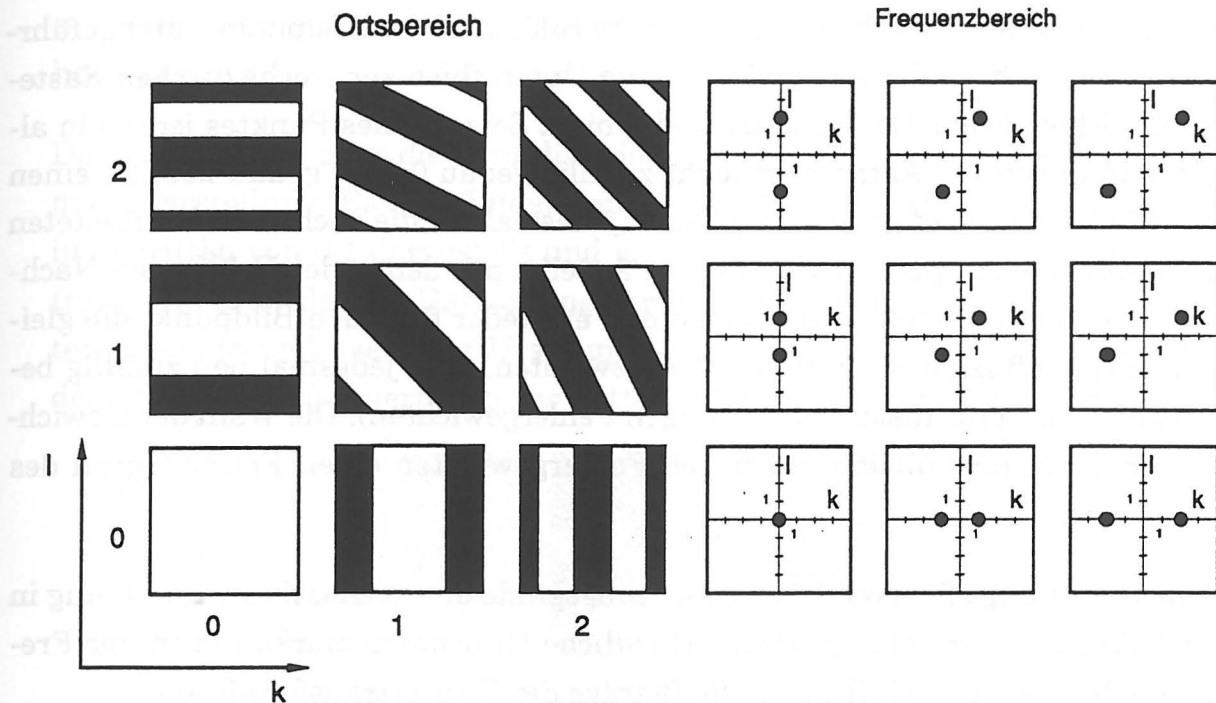


Bild 1: Bedeutung der 2-dimensionalen Fouriertransformation

Bei der Darstellung im Ortsbereich handelt es sich um die Funktion

$$A_{k,l} \cos \left[ 2\pi \left( k \frac{n}{N} + l \frac{m}{M} \right) \right],$$

die der Einfachheit halber nicht als Grauwertverlauf sondern als Linienmuster dargestellt ist. Man erkennt, daß im Frequenzbereich sowohl die Frequenz durch den Abstand vom Ursprung als auch die Orientierung der Linienmuster durch die Winkel-lage zum Ursprung eindeutig wiedergegeben ist.

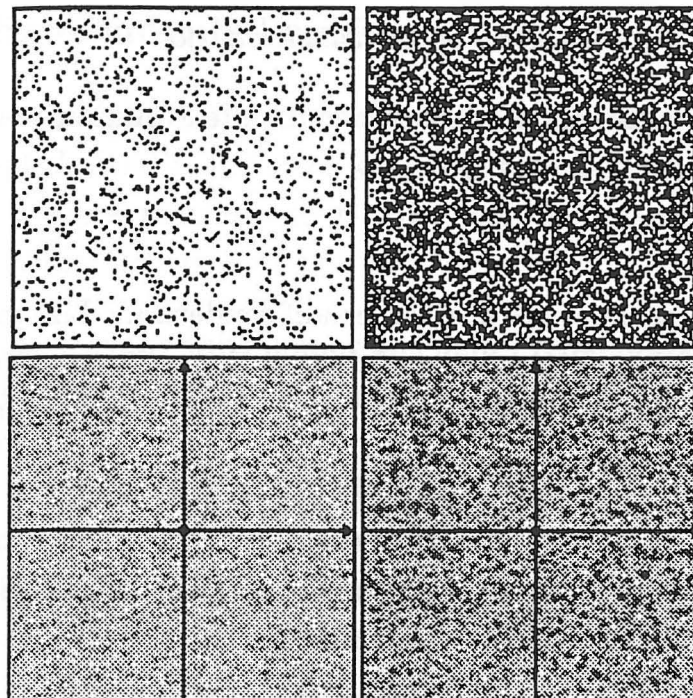
Im Folgenden soll an drei Beispielen der Rasterung von Flächen konstanten Tonwertes mit gleich großen Punkten jeweils Ortsdarstellung und Frequenzdarstellung gegenübergestellt werden. Die verwendeten Rasterverfahren sind:

- Stochastische Rasterung
- Errordiffusion mit festen Fehlergewichten
- Errordiffusion mit zufälligen Fehlergewichten

Die stochastische Rasterung funktioniert in der einfachsten Form so, daß jeder abgetastete Bildwert, der als Zahl aus dem Intervall 0 ..255 (0=weiß, 255=schwarz) vorliegen möge, mit einer für jeden Bildpunkt neu zu bildenden Zufallszahl aus dem gleichen Intervall verglichen wird. Ist der Abtastwert größer als die Zufallszahl, wird für diesen Wert ein Punkt gedruckt. Ist er kleiner, wird kein Punkt gedruckt.

Die Errordiffusion arbeitet ebenfalls mit einem Bildpunkt für Bildpunkt durchgeführten Vergleich zwischen Bildwert und einem im Unterschied zur stochastischen Rasterung festen Schwellwert. Da das Setzen oder nicht Setzen eines Punktes jedoch in allen Fällen, in denen der Abtastwert nicht zufällig genau 0 oder genau 255 ist, einen Fehler zur Folge hat, wird eben dieser Fehler jedesmal auf die noch nicht bearbeiteten unmittelbaren Nachbarpunkte verteilt. Die Anteile, mit denen der Fehler den Nachbarbildwerten zugeschlagen wird, können nun entweder für jeden Bildpunkt die gleichen sein (Errordiffusion mit festen Fehlergewichten) oder jedesmal neu zufällig bestimmt werden (Errordiffusion mit zufälligen Fehlergewichten). Die Wahl der Gewichte stellt für die Errordiffusion mit festen Fehlergewichten einen Freiheitsgrad des Verfahrens dar.

Das nächste Bild zeigt für zwei Flächendeckungsgrade die stochastische Rasterung in Orts- und Frequenzdarstellung. Unterschiedliche Grauwerte markieren in der Frequenzdarstellung unterschiedliche große Beträge der Fouriertransformierten.

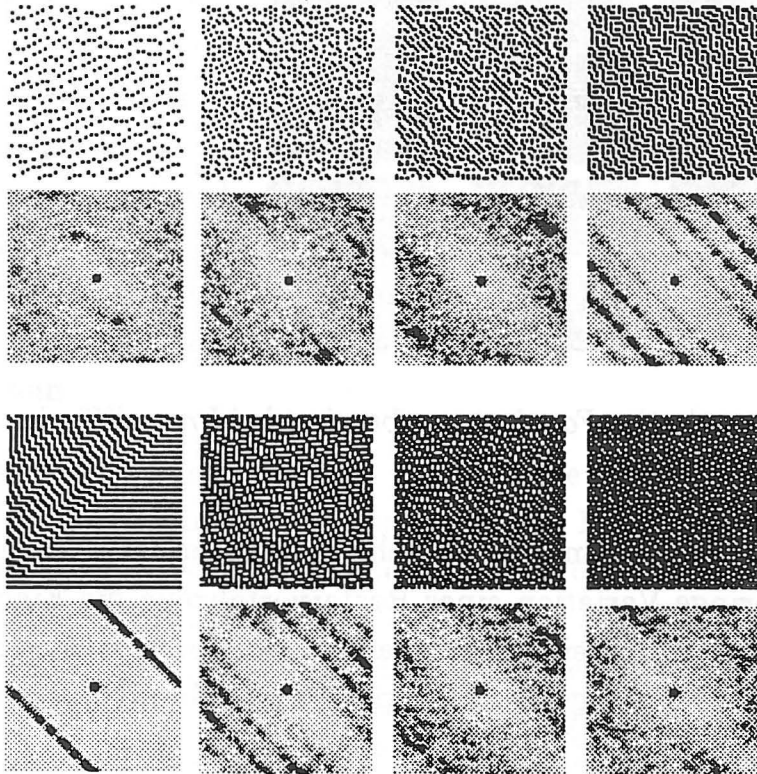


*Bild 2: Fouriertransformierte (unten) bei stochastischer Rasterung (oben), Flächendeckungen im Rasterbild: links: 0.1, rechts: 0.5*

Gut erkennbar ist, daß der zufälligen Anordnung und Verteilung von Punkten in der Ortsdarstellung eine ebenso zufällige Verteilung von Frequenzen, Amplituden und Orientierungen in der Fourierdarstellung entspricht. Im Zusammenhang mit dem oben Gesagten über Frequenzen von Vorlage und Rasterverfahren kann man für die stochastische Rasterung sagen, daß Details, die mit diesem Verfahren abgebildet würden, eine gewisse Größe und eine gewisse Dichtedifferenz zum Umfeld benötigen, um

aus der groben Punktstruktur als zum Bild und nicht zum Rasterverfahren gehörend hervorzutreten.

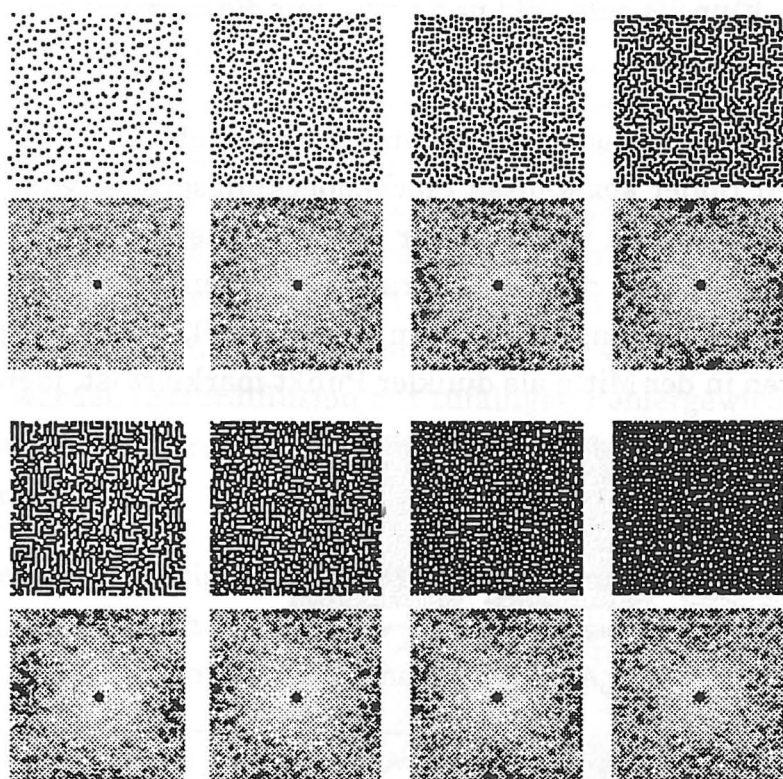
Das nächste Bild zeigt die Errordiffusion mit festen Fehlergewichten in Orts- und Frequenzdarstellung. Es sind Bilder konstanten Flächendeckungsgrades von 0.1 bis 0.9 in Schritten von 0.1 dargestellt und jeweils unter dem Bild die zugeordnete Fouriertransformierte. Bei der Darstellung der Fouriertransformierten wurde ein Koordinatensystem fortgelassen. Der Ursprung ist mit dem Gleichanteil, der bei allen Bildern der Fouriertransformierten in der Mitte als dunkler Punkt markiert ist, identisch.



*Bild 3: Rasterbilder und zugehörige Fouriertransformiert bei Errordiffusion mit festen Fehlergewichten bei einer bestimmten Wahl der Fehlergewichte.*

Das Auftreten periodischer Anteile ist offenbar abhängig von der Flächendeckung. Diese sind in ihrer Ausprägung und Orientierung ebenso schwankend wie in ihrer Frequenz. Bemerkenswert im Vergleich zur stochastischen Rasterung ist aber, daß niedrige Frequenzen mit der Errordiffusion besser abgebildet werden können, da der Beitrag des Rasterverfahrens zu diesen Frequenzen geringer ist.

Das folgende Bild zeigt schließlich die Errordiffusion bei für jeden Bildpunkt aufs neue zufällig bestimmten Fehlergewichten.



*Bild 4: Rasterbilder und zugehörige Fouriertransformiert bei Errordiffusion mit zufälligen Fehlergewichten.*

Der Unterschied zur Errordiffusion mit festen Fehlergewichten ist offensichtlich. Er zeigt auch, daß durch geringe Variation eines Rasterverfahrens die Eigenschaften deutlich verändert sein können. Bei einer Entscheidung darüber, welches der beiden letzten Verfahren für eine mehrfarbige Reproduktion Verwendung finden sollte, würde sicher, wenn nicht aufgrund der Punktanzahl, so doch aufgrund der Fouriertransformierten die Entscheidung für das letzte Verfahren fallen.

## **Die freie Kantenlänge**

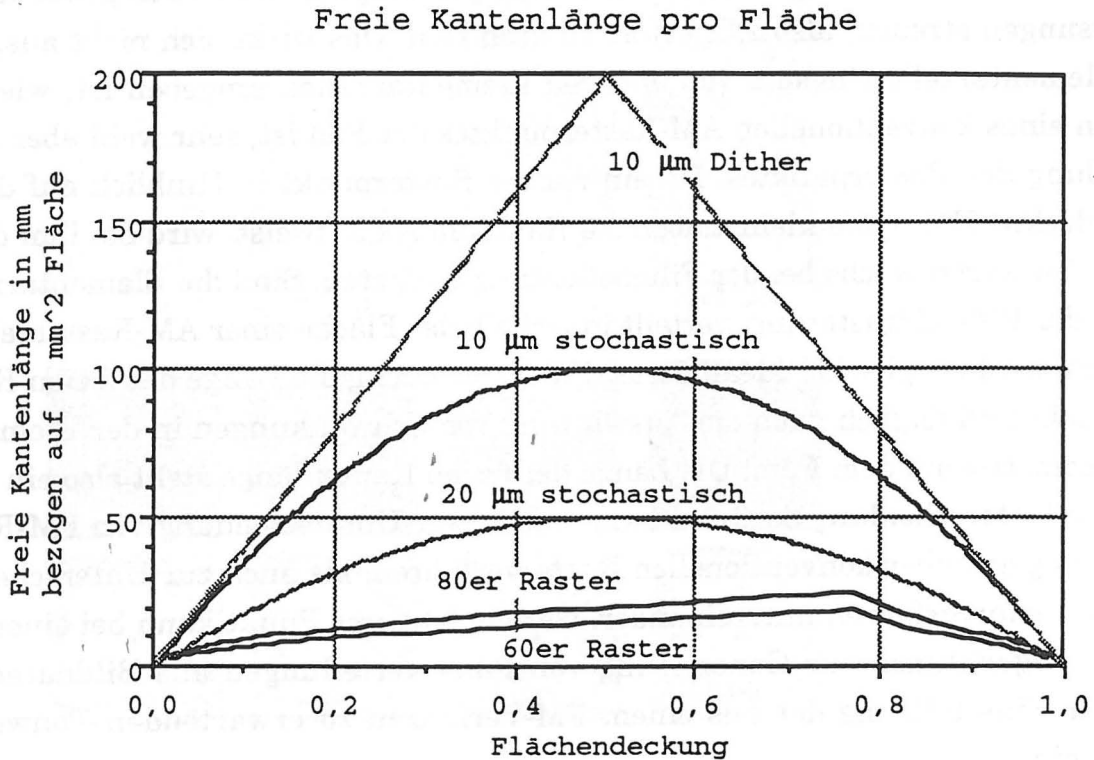
Frequenzmodulierte Bildrasterungsverfahren haben im Gegensatz zur konventionellen Bildrasterung nicht nur eine andere Druckkennlinie sondern weisen bereits bei der Filmbelichtung einen anderen Tonwertverlauf auf, wenn die Prozeßschritte identisch zur konventionellen Rasterung durchgeführt werden. Dieses andere Verhalten der FM-Verfahren ist dann plausibel, wenn man sich die Verhältnisse von bedruckter Fläche und freier Kantenlänge, also der Länge der Berandungslinie zwischen bedruckter und unbedruckter Fläche klar macht.

Beim Aufbau des Rasterbildes in einem Laserbelichter wird jeder Rasterpunkt aus einer Anzahl von kleinsten durch den Belichter erzeugbaren Elementarpunkten auf-

gebaut. Diese kleinsten Elemente können für sich betrachtet je nach Geräteeinstellungen des Belichters und den Filmentwicklungsbedingungen in ihren geometrischen Abmessungen streuen, also z.B. etwas zu groß sein. Das wirkt sich nicht aus, wenn eine Elementarzelle ringsum von anderen Elementarzellen umgeben ist, wie es im Inneren eines konventionellen AM-Rasterpunktes der Fall ist, sehr wohl aber an der Berandung des Rasterpunktes. Da ein runder Rasterpunkt in Hinblick auf die von ihm bedeckte Fläche die kleinstmögliche Kantenlänge aufweist, wird bei ihm der geringste Tonwertzuwachs bei der Filmbelichtung auftreten. Sind die Elementarzellen, wie bei der FM-Bildraasterung, verteilt innerhalb der Fläche einer AM-Rasterzelle angeordnet, wird bei gleicher idealisierter Flächendeckung die Länge der freien Kanten größer sein und folglich auch die Auswirkung von Schwankungen in der Elementarzellegeometrie auf dem Film. Die Länge der freien Kantenlänge stellt also ein Kriterium zur Unterscheidung dar, und zwar sowohl zur Unterscheidung von FM-Rasterverfahren gegenüber konventionellen Rasterverfahren, als auch zur Unterscheidung von FM-Rasterverfahren untereinander. Gerade letzterer Punkt kann bei einer Vielfalt von Algorithmen zur Generierung von Punktverteilungen aus Bilddaten eine Hilfe zur Einschätzung der aus einem FM-Verfahren zu erwartenden Tonwertzunahme sein.

Das folgende Bild zeigt die freie Kantenlänge bezogen auf eine belichtete Fläche von einem Quadratmillimeter für konventionelle Bildraasterung mit 60 und 80 Linien/cm sowie für stochastische Bildraasterung mit Punktgrößen von 10 bzw. 20  $\mu\text{m}$  und für das sogenannte Dithering mit Punktgrößen von 10  $\mu\text{m}$ . Für die drei letztgenannten Verfahren wurde bei der Berechnung der freien Kantenlänge von idealisierten quadratischen Punkten ausgegangen, so daß die Punktgrößen gleichbedeutend mit den Kantenlängen der einzelnen Punkte sind. Für das Dithering wurde von einer Punktanordnung ausgegangen, die bei 50% Flächendeckung genau ein Schachbrettmuster hervorbringt.

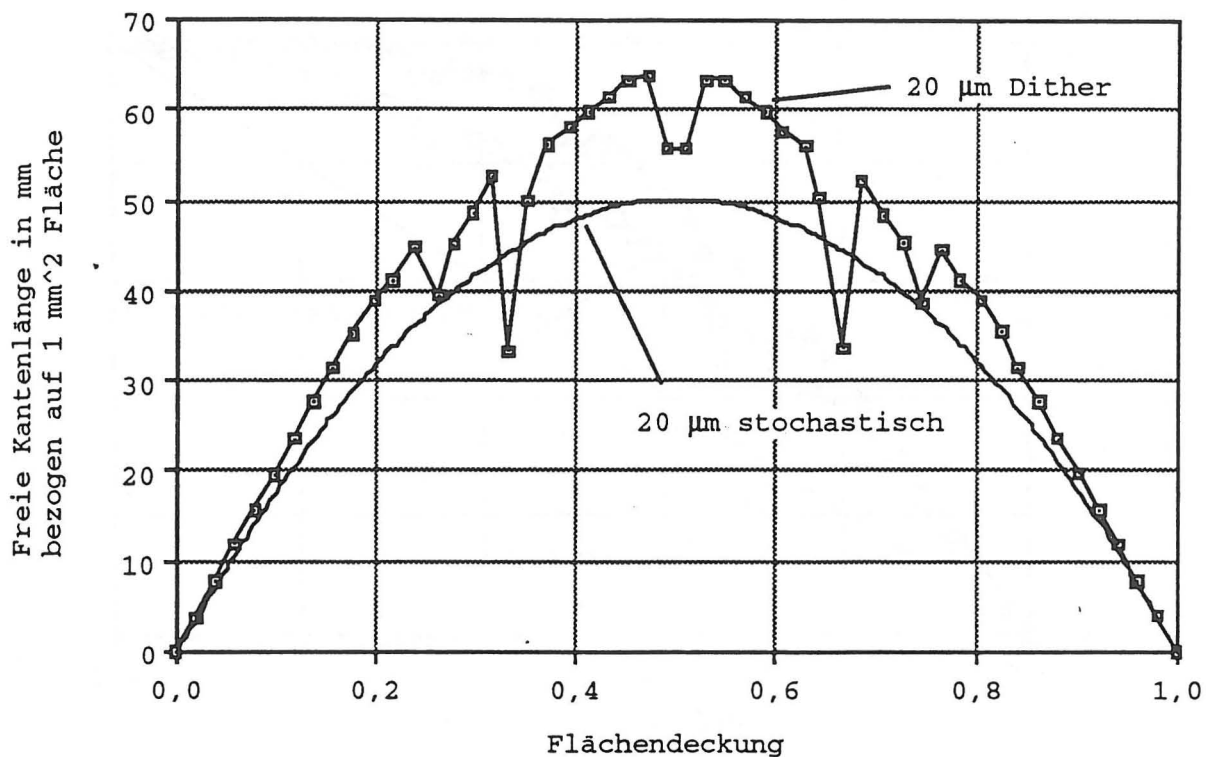
Das Dithering kommt aufgrund der ausgeprägt periodischen Strukturen in der Punktanordnung und des damit zu erwartenden Moirés nicht für die Farbwiedergabe in Betracht. Es stellt jedoch, gleiche Punktgröße vorausgesetzt, den schlimmsten möglichen Fall bei der Punktanordnung in Bezug auf die freie Kantenlänge dar und ist damit zur Einschätzung zumindest des zur Verschlechterung möglichen Spielraumes geeignet.



*Bild 5: Freie Kantenlänge bei verschiedenen Rasterverfahren als Funktion der Flächendeckung. Die freie Kantenlänge ist bezogen auf eine bedruckte Fläche von  $1 \text{ mm}^2$  in mm angegeben*

Die Kurven in Bild 5 zeigen über der Flächendeckung kontinuierlich steigende bzw. fallende Verläufe. Sprünge in der Steigung der Kurven ergeben sich für das Dithering bei 50% Flächendeckung und für die konventionelle Rasterung im Bereich des Punktschlusses. Neben solch gutartigen Verläufen sind aber auch andere Verhaltensweisen von Rasterverfahren bezüglich der freien Kantenlänge möglich. Das folgende Beispiel für Errordiffusion mit festen Fehlergewichten zeigt flächendeckungsabhängig deutliche Sprünge der freien Kantenlänge über dem Verlauf.

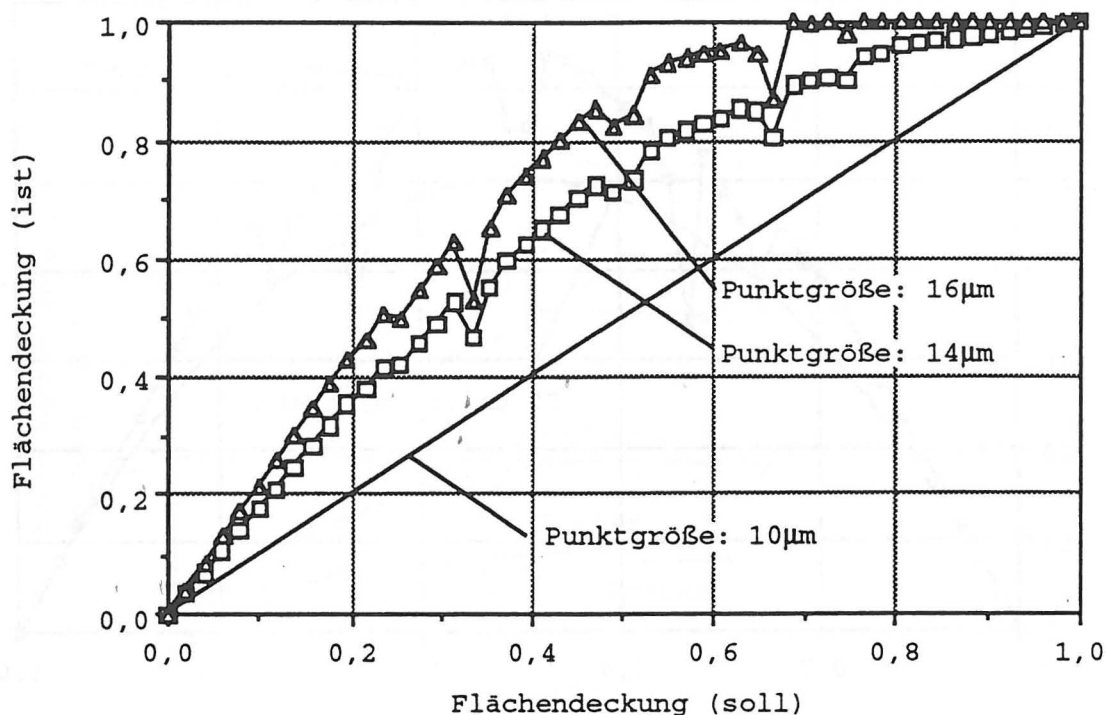
### Freie Kantenlänge pro Fläche



*Bild 6: Freie Kantenlänge als Funktion der Flächendeckung für stochastische Rasterung im Vergleich zur Errordiffusion mit festen Fehlergewichten*

Solange die Aufzeichnungspunkte im Film genau die ihnen durch das Aufzeichnungsraster vorgegebene Fläche füllen, bleibt die freie Kantenlänge ohne Wirkung. Tatsächlich sind die Aufzeichnungspunkte aber größer und reichen in die unmittelbar angrenzenden Aufzeichnungsflächen hinein. Sitzen in diesen Aufzeichnungsflächen ebenfalls Punkte, kommt es an diesen Stellen nicht zu einer Zunahme der Flächendeckung. Sitzen in den benachbarten Aufzeichnungsflächen keine Punkte, so liegt eine freie Kante vor und es kommt zu einer unerwünschten Zunahme der Flächendeckung. In einer ersten Näherung kann man sagen, daß die Zunahme an bedeckter Fläche sich aus der freien Kantenlänge multipliziert mit der Punktverbreiterung ergibt. Das nächste Diagramm zeigt das Ergebnis einer solchen Rechnung für den im Bild 6 gezeigten Fall der Errordiffusion mit festen Fehlergewichten.

Punktzuwachs, Errordiffusion mit festen Fehlergewichten  
 Punktabstand:  $10\mu\text{m}$



*Bild 7: Tonwertzunahme im Film bei Errordiffusion mit festen Fehlergewichten und angenommenen Punktzuwächsen von  $4$  und  $6\mu\text{m}$ . Der Rechnung sind quadratische Punkte zugrunde gelegt.*

Besonders unangenehm ist an den berechneten Verläufen, daß die Ist-Flächendeckung mit zunehmender Soll-Flächendeckung nicht nur zu groß ist, sondern bei dem gewählten Rasteralgorithmus sogar wieder kleiner werden kann. Erwähnt werden soll an dieser Stelle, daß ein besonders ungünstiger von mehreren verschiedenen Fällen der Errordiffusion mit fester Fehlerverteilung hier ausgewählt wurde. Davon unabhängig wird aber deutlich, daß die freie Kantenlänge in einem direkten Zusammenhang mit der stärkeren Tonwertzunahme der frequenzmodulierten Rasterverfahren steht. Deren Empfindlichkeit gegenüber kleinen Schwankungen in der Filmbelichtung bzw. -entwicklung läßt sich damit gut nachvollziehen und im Vergleich unterschiedlicher frequenzmodulierter Rasterverfahren bewerten.

Zur Bewertung der frequenzmodulierten Rasterverfahren sind hier nur zwei mögliche Kriterien aufgeführt worden. Das Eine zielte auf die Bewertung der Moiréfreiheit bzw. auf die Frequenzen, welche das Rasterverfahren selbst zum Bild beisteuert, das Zweite auf die Tonwertzunahme. Weitere Kriterien, wie z.B. die wahrnehmbare Unruhe in der Punktanordnung, die ab Punktgrößen von ca.  $20\mu\text{m}$  je nach Rasterverfahren mehr oder weniger stark ausgeprägt ist, lassen sich gleichfalls gut bewerten. Vielleicht zei-



gen die zwei aufgeführten Kriterien, daß die Bewertung der FM-Rasterverfahren mit Methoden, die ihren besonderen Eigenschaften angepaßt sind, sich lohnt. Es lassen sich schnelle und dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßte Verfahren erkennen oder vorhandene Verfahren abzuwandeln.

**JAHRESTAGUNG ' 93**

**DRUCKEN MORGEN-  
MÖGLICHKEITEN DER  
QUALITÄTSSTEIGERUNG**

**15. OKTOBER 1993  
PARKHOTEL KRONE  
6140 BENSHEIM-AUERBACH**

**Produktive digitale Ganzseitenproduktion**  
Dipl.-Ing. Martin Pedrides  
Linotype-Hell AG, Eschborn

---

## Digitale Ganzbogen Produktion

---

Martin Petrides

Produktmanagement und Marketing  
Linotype-Hell AG

2

Linotype-Hell

## Inhalt

Voraussetzungen für CTP

Linotype-Hell CTP Strategie

Digitale Bogenmontage

Signastation - die Antwort auf viele Fragen

Wirtschaftlichkeit

Zukunftsaussicht

3

Linotype-Hell

## Voraussetzungen für CTP

### Unabdingbare Voraussetzungen für wirtschaftliche CTP Produktion

- ▶ Datenmengen müssen bewältigt werden
- ▶ Proof (Color und Blaupauseersatz)
- ▶ Alle Daten müssen digital vorliegen
- ▶ Effektive digitale Bogenmontage
- ▶ Digitales Workflowmanagement, MIS muß vorhanden sein
- ▶ Re-make-Zeit 20 Minuten

4

Linotype-Hell

## Voraussetzungen für CTP

### Datenmengen

- ▶ 1 Bogen 3-b-Format: 150 bis 400 MB
- ▶ Zwischen RIP/Recorder bis zu 1 GB
- ▶ Heutige Netzwerke ?
- ▶ Lösungen wie OPI, RPI
- ▶ Neue Interface RIP/Recorder z.B. SpeedWay

Nicht alle Voraussetzungen sind heute erfüllt

5

Linotype-Hell

## Voraussetzungen für CTP

### Proof

- ▶ Interner Kontrollproof (z.B. LaserWriter) +
- ▶ Ersatz der Blaupause ±
- ▶ Preiswerte "Buntprinter" ±
- ▶ Preiswerte digitaler Farbproof ?
  - ▶ Schnell
  - ▶ Bezahlbar
  - ▶ Wirtschaftlich

Naja ...

6

LInotype-Hell

## Voraussetzungen für CTP

### Alle Daten digital

- ▶ Heute nur bei kompletter In-house Produktion
- ▶ Logos, Anzeigen, Stehsatz, Lithos etc. werden immer noch zu 70% als Film geliefert bzw. sind vorhanden

Noch lange nicht werden alle Daten digital vorhanden sein

7

LInotype-Hell

## Voraussetzungen für CTP

### Workflowmanagement / MIS

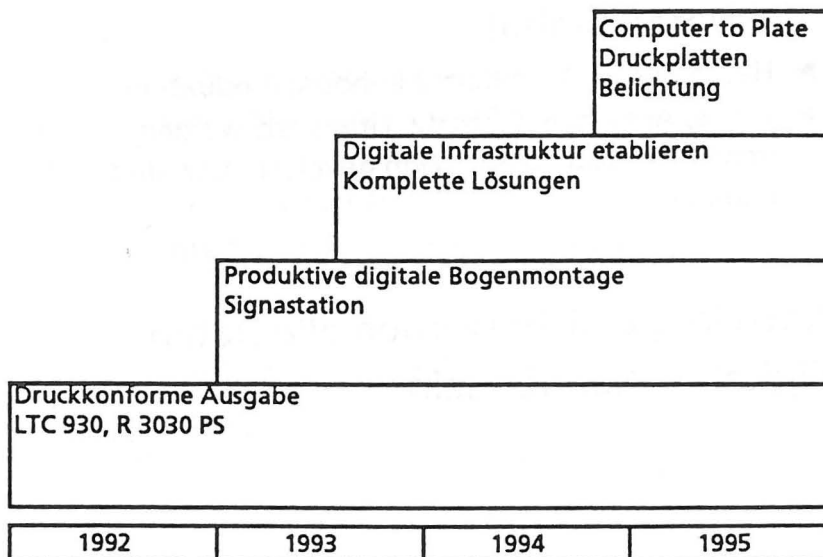
- ▶ Kontrolle und MIS müssen digital erfolgen
- ▶ Elektronische Job-Tickets
- ▶ Sanfter Übergang muß gewährleistet sein

Keine Integration von kommerziellen  
Daten und Produktionsdaten heute

8

Linotype-Hell

## Linotype-Hell CTP Strategie



9

Linotype-Hell

## Stufe 2 – Digitale Bogenmontage

### Manuelle Montage

- Hohe Anforderungen an das Personal
- Zeitintensiv
- Personal- / Arbeitsintensiv
- Fehleranfällig
- Hohe Kosten

+ Eingespieltes Verfahren

### Digitale Montage

- + Zeitsparend
- + Hohe Produktivität
- + Kürzere Durchlaufzeit
- + Kostenreduzierung
- + Fehlerquote gesenkt
- + Genaueres Verfahren
- + Neuer Service = neues Geschäft

? Handhabung, Einführung

10

Linotype-Hell

## Produktive und einsetzbare digitale Bogenmontage

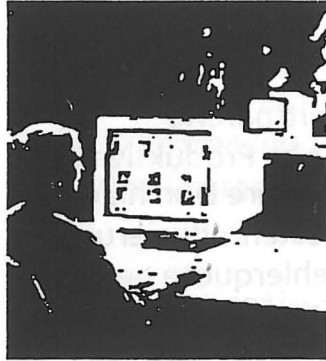
### Voraussetzungen

- ▶ Leicht einzuführen
- ▶ Gleiche Flexibilität wie manuelles Verfahren
- ▶ Alle Anwendungsbereiche abdecken
  - ▶ Ausschießen
  - ▶ Freie Montage (Optimierung, Sammelformen etc.)
  - ▶ Nutzenkopien
- ▶ Sicherheit für den Produktionsablauf

11

Linotype-Hell

## Signastation

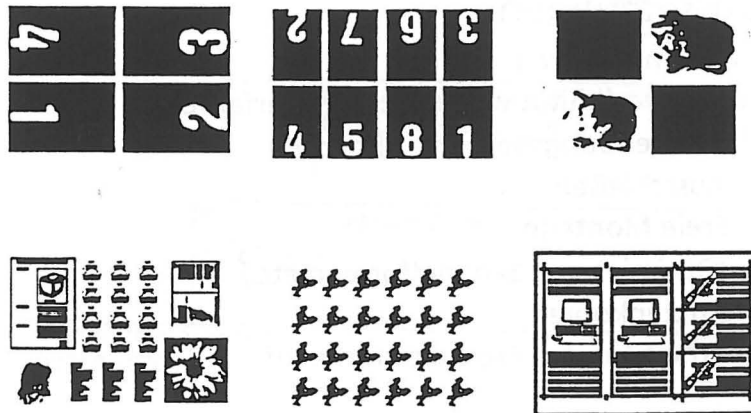


Für die produktive digitale Bogenmontage wird der Monitor zum Leuchttisch

12

Linotype-Hell

## Anforderung: Vielfältige Anwendungsbereiche



13

Linotype-Hell



## Lösung: Signastation – mehr als Ausschießen

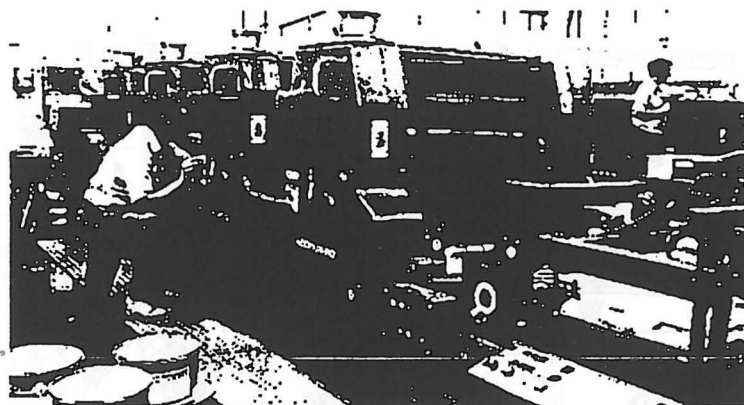
- ▶ Elektronisches Ausschießen
- ▶ Elektronische Bogenmontage
- ▶ Automatische Optimierung
- ▶ Nutzenkopie
- ▶ PostScript™-Prüfung

Alle Montageschritte können  
sicher bewältigt werden

14

Llotype-Hell

## Anforderung: Sicherheit



15

Llotype-Hell

## Lösung: Signastation-Module

### Check und Preview

- ▶ PostScript™-Dateien

### WYSIWYG

- ▶ Ausschießen, Montieren, Kopieren etc.

### Interaktivität

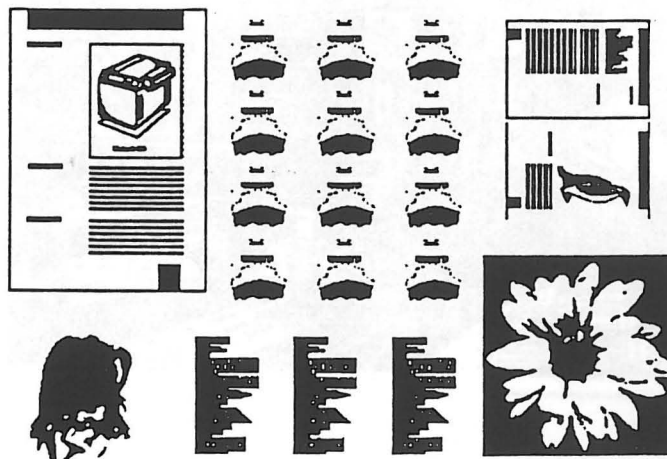
- ▶ Ausschießen, Montieren, Kopieren etc.

### Sichern den Produktionsablauf

16

Linotype-Hell

## Anforderung: optimale Nutzung des Belichterformates



17

Linotype-Hell

## Lösung: interaktive Filmoptimierung

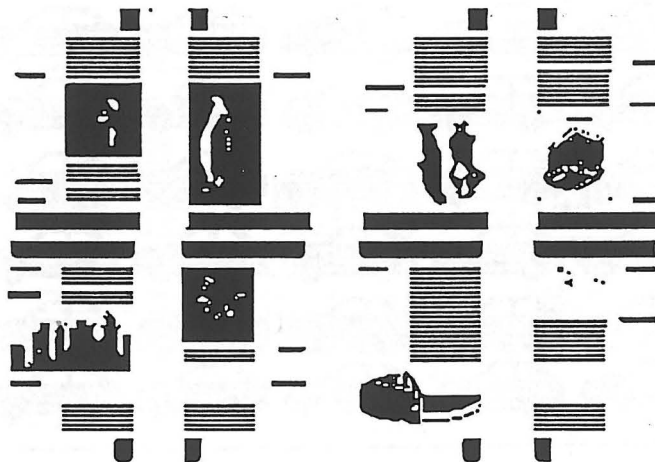
- ▶ Files verschiedenster Herkunft auf einem Film
- ▶ Marken plazieren, falsche Marken entfernen
- ▶ Optimale Plazierung durch "Auto-Arrange"
  - ▶ = wenig Schnitte + optimale Ausnutzung
- ▶ Kombination mit Ausschießen, Nutzenkopie

Großformatige Belichter lohnend einsetzen

18

Linotype-Hell

## Anforderung: Eliminierung des manuellen Ausschießens



19

Linotype-Hell

## Lösung: elektronisches Ausschießen

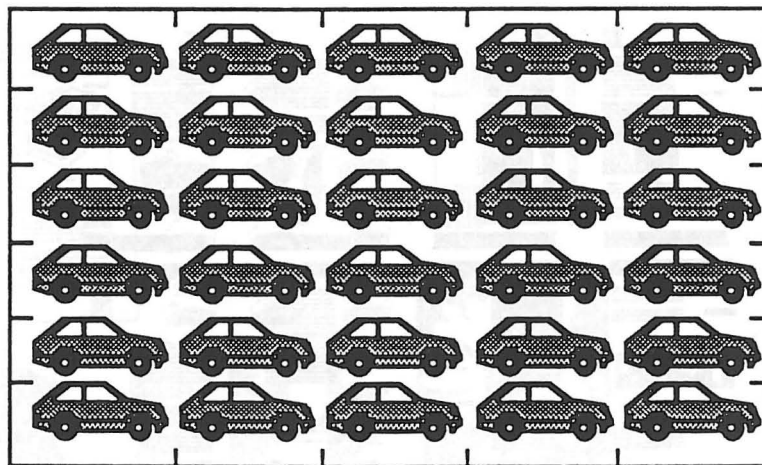
- ▶ Farbige und monochrome Dokumente automatisch ausschießen
- ▶ Berücksichtigung von Drifting, Bindeart
- ▶ Alle Arten Ausschießen
  - ▶ Umschlagen, Schön&Wider, Umstülpen
- ▶ Volles WYSIWYG
- ▶ Einfaches Umstellen / Standbogenbibliothek

Schnellere Reaktionszeit,  
Fehlerreduzierung

20

Linotype-Hell

## Anforderung: alle Montageschritte elektronisch



21

Linotype-Hell

## Lösung: Nutzenkopie

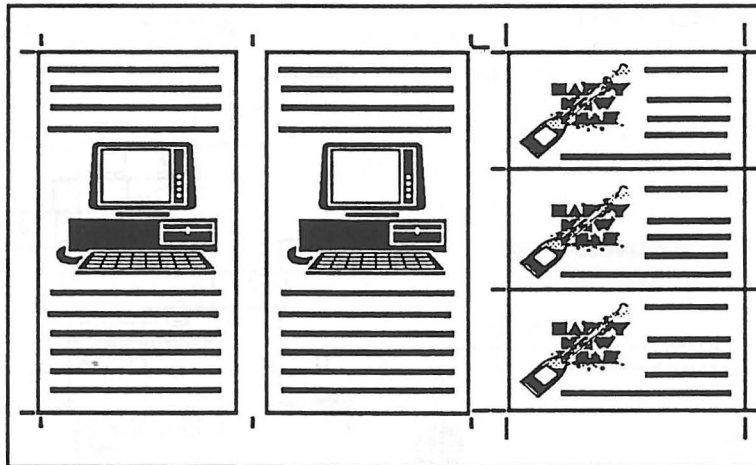
- ▶ Genaueste Kopien, korrekte Abstände
  - ▶ Skalieren, Rotieren und Beschneiden von Elementen
- ▶ Automatische Berechnung Nutzenszahl
- ▶ Mehrfarbige Nutzenmontage

Belichter wird wirtschaftliche  
Nutzenkopiermaschine

22

Linotype-Hell

## Anforderung: freie und flexible Montage



23

Linotype-Hell

## Lösung: Sammelformen

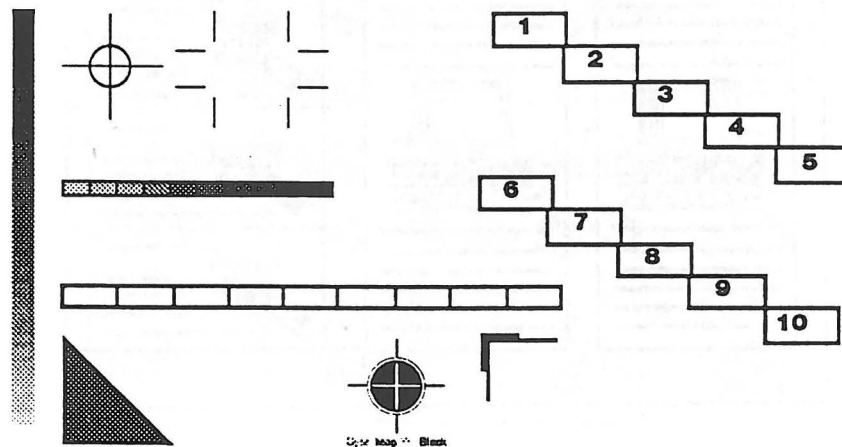
- ▶ Mischen verschiedener PS-Files  
verschiedenster Herkunft auf einem Bogen
- ▶ verschiedenster Herkunft auf einem Bogen
- ▶ Vorder- / Rückseitendruck
- ▶ Visuelle und numerische Kontrolle
- ▶ Skalieren, Rotieren, Beschneiden
- ▶ Interaktive Änderungen beim Ausschneiden

Bessere Ausnutzung der Belichter und  
Druckmaschinen

24

Linotype-Hell

## Anforderung: Flexibilität bei Zeichen und Marken



25

Linotype-Hell

## Lösung: freie Wahl von Marken und Zeichen

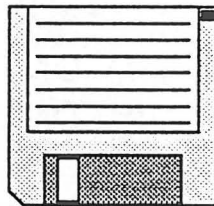
- ▶ Großes Set vordefinierter Marken
- ▶ Automatisch oder Interaktiv platzierbar
- ▶ Importierte EPS-Files als Marken verwenden

Eliminiert manuelle Schritte,  
reduziert Fehler,  
bietet große Flexibilität

26

Llotype-Hell

## Anforderung: Flexibilität bei Ein- und Ausgabe



- ▶ Unüberschaubare Anzahl DTP Applikationen
- ▶ Gemeinsamer Nenner: PostScript™



- ▶ Mehr als 20.000 LTC 300 Belichter installiert

27

Llotype-Hell

## **Lösung: Ein- und Ausgabe-Optionen**

### **Eingabe**

- ▶ PostScript Files und EPS Files
- ▶ Keine Einschränkung durch Treiber etc.

### **Ausgabe**

- ▶ Ganze Form
- ▶ Proof aus Laserwriter
- ▶ Tiling: Ausgabe von Streifen auf Belichter  
kleiner als Druckformat

### **Größtmögliche Flexibilität**

28

Linotype-Hell

## **Wann sich Signastation lohnt...**

### **Beispiel:**

Erlös 4 Seiten mit Montage 20,- DM

Erlös 4 Seiten mit Signastation 30,- DM

### **Tagesproduktion 3 x 64 Seiten**

Investition Belichter 250.000,- DM

Amortisierung 260 Tage

### **Investition**

Belichter + Signastation 280.000,- DM

Amortisierung 194 Tage

29

Linotype-Hell



## Stufe 3

### Digitale Infrastruktur

- ▶ Server Lösungen
- ▶ Netzwerke
- ▶ Digitalisierung aller Schritte

### Integration in den Drucksaal

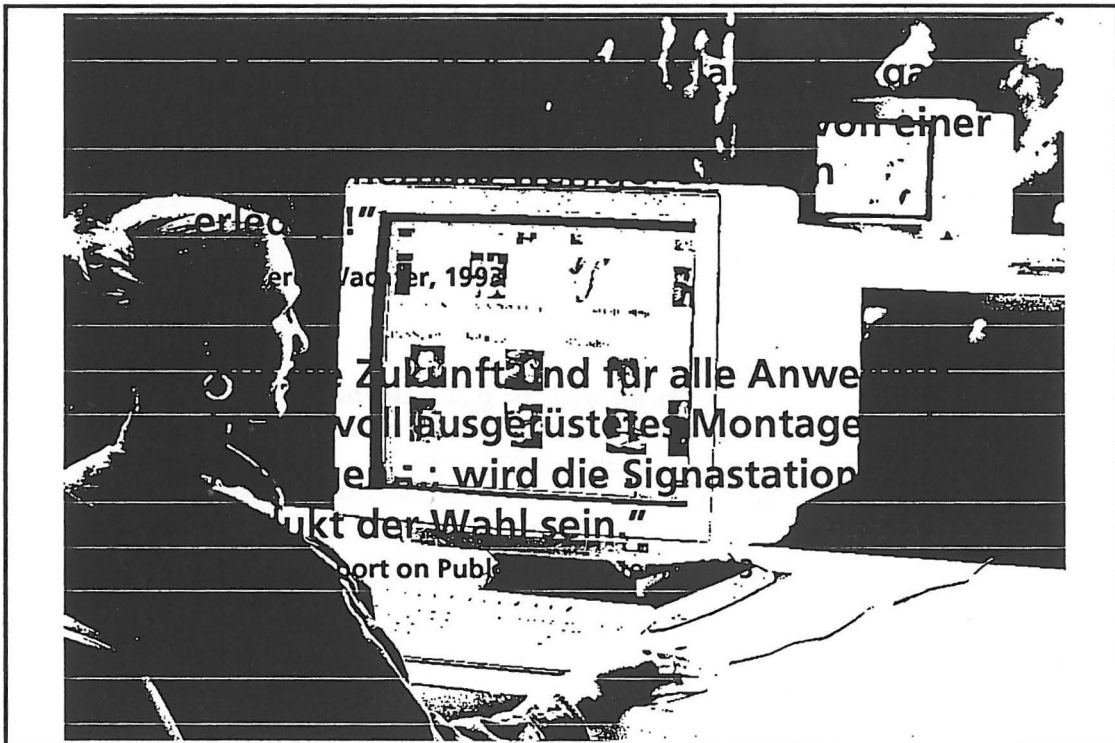
- ▶ Interface zur Druckmaschine...

### Komplette Lösungen - Integration

- ▶ Problems are international  
Solutions are individual !

30

Linotype-Hell



VDD-Jahrestagung 1993

Erfahrungsbericht mit verschiedenen Rasterverfahren

**JAHRESTAGUNG '93**

**DRUCKEN MORGEN-  
MÖGLICHKEITEN DER  
QUALITÄTSSTEIGERUNG**

15. OKTOBER 1993

PARKHOTEL KRONE

6140 BENSHEIM-AUERBACH

**Entwicklung des Rasters-**

**Ein Erfahrungsbericht**

Karl Kowalzyk

Heidelberger Druckmaschinen AG,  
Heidelberg

## VDD-Jahrestagung 1993

### *Erfahrungsbericht mit verschiedenen Rasterverfahren*

Welcher Reproduktioner und Drucker hat sich nicht schon über Rosettenstrukturen und Moiréerscheinungen herkömmlicher Raster geärgert und sich Resultate in fotografischer Bildqualität gewünscht?

Reproleute und Drucker waren schon immer auf der Suche nach Rastern ohne Rosetten und Winkelprobleme, mit hoher Produktionssicherheit und Reproduzierbarkeit, für alle Bedruckstoffe.

Stochastische Raster, wie CristalRaster, Diamant-oder Mezzodotraster sollen diese Probleme lösen. Alle diese Verfahren basieren auf der Frequenzmodulation.

Als Anwender möchte ich heute über die Erfahrungen berichten, die ich, immer auf der Suche nach halbtönenähnlicher, bzw. fotografischer Bildwiedergabe, in den vergangenen Jahren mit Spezial- und Feinrastern und vor allem in den letzten Monaten mit stochastischen Rastern gemacht habe.

Mitte der 70er Jahre war eine qualitativ hochwertige, industrielle Fertigung im Offsetdruck möglich geworden. Das Zuschmieren, sowie die hohen Tonwertzuwächse, hatte man durch verbesserte Farben, Gummitücher, Druckmaschinen und Feuchtwerke in den Griff bekommen. Die Mehrzahl der Drucker arbeitete, wie auch heute noch, überwiegend im 60er Raster.

Moirébildungen, die des öfteren in Textilreproduktionen auftraten, milderten wir durch Aufrastern der betroffenen Partien oder der ganzen Einzelfarbauszüge mit Korn- oder Mezzotintorastern.

#### *– Folie: Kornraster*

Die damals verwendeten Glas- (Distanz-)raster oder Kontaktraster konnten nur bestimmte Tonwertumfänge wiedergeben. Durch unterschiedliche Belichtungs-techniken, Einsatz von Filtern und fotografischen Masken versuchten wir, die Gradation der Rasterungen gezielt zu steuern und die Bildwiedergabe zu optimieren. Durch die Objektive der Kameras, Streulichteinflüsse, Distanzraster usw. entstand bei der Reproduktion immer eine leichte Unschärfe. Erst die Scanner ermöglichten uns die gezielte Steuerung von Schärfe und Feindetail.

Gerade bei medizinischen Abbildungen wurde immer wieder die schlechte Auflösung und Detailschärfe bemängelt.

Ende der 70er Jahre machte ich Versuche in der Reprokamera mit Feinrastern bis 120 Linien/cm und neuentwickelten Kontaktrastern mit Satellitenpunkt.

#### *– Folie: Spezialraster*

Aufgrund der schwer steuerbaren Lithchemie waren die Ergebnisse dieser Spezialraster doch sehr vom Zufall bestimmt. Das Umkontakten der Filme, die chemische Retusche, sowie das Kopieren der Druckplatten war äußerst problematisch. Geringste Änderungen der Belichtungszeit oder Temperaturschwankungen des Entwicklers hatten starke Tonwertveränderungen zur Folge. In der Druckmaschine reagierten diese Raster auf geringste Schwankungen in der Farbführung, sowie auf Veränderung der Druckbeistellung. Tonwertsprünge und Abrisse, besonders in Verläufen, waren die Folge.

Erst durch den Einsatz von Scannern – anfänglich noch Halbtonscanner mit Kontakt-rastern – konnten im Feinrasterbereich befriedigende Ergebnisse erzielt werden. 1983 testete ich einen neuen Scanner (399 ER / Fa. Hell), mit einem von der Fa. Stürtz angeregten 120er Raster. Aufgrund der digitalen Belichtung erzielten wir eine vorher nie gekannte Schärfe.

Mehrere medizinische Fachbücher wurden daraufhin wegen der geforderten hohen Detailwiedergabe auf 120 Linien/cm umgestellt – allerdings nur in Schwarzweiß.

Mit der erreichten Qualität setzten wir uns deutlich von einigen Mitbewerbern ab und bekamen so Zugang zum amerikanischen Markt. Wir reproduzierten und druckten hochwertige Bücher über Fotografie im Duplexverfahren.

#### *– Folie: Aperture und Lifetimes*

Um diese Ergebnisse weiter zu optimieren, testeten wir alle Verfahren, um eine foto-ähnliche Bildwiedergabe zu erreichen.

Das Hanetz-Verfahren zeigte deutliche Verbesserungen gegenüber der konventionellen Rasterung, was besonders bei stark strukturierten Motiven ins Auge fiel.

#### *– Folie: Luftbild*

Bei diesem fotomechanischen Verfahren war die Gradationssteuerung sehr motiv-abhängig und konnte nur über die Belichtung gesteuert werden. Zudem waren ein Spezialfilm und ein darauf abgestimmter Entwicklungsprozeß erforderlich. Die stochastische Verteilung, bzw. Rasterung wurde durch Aktivierung einzelner Silberkörner erzielt. Dieses Verfahren setzte sich nicht durch.

In dieser Zeit hörten wir auch erstmals von den Versuchen mit frequenzmodulierter Rasterung an der TH Darmstadt. Dieses Verfahren wurde später von Prof. Scheuter und Dr. Fischer zum Patent angemeldet.

Wir forderten diese Technik für unsere Scanner – mit all den Möglichkeiten zur Beeinflussung der Schärfe, Gradationssteuerung, Tonwertkorrektur, sowie die hohe Wiederholgenauigkeit der digitalen Belichtung.

Auf der Imprinta '82 wurde der Eklund-Scanner vorgestellt, der mit einer Kupferdiode im Rauschraster eine Polyesterfolie negativ ausbrannte. Dieser Billigscanner (damals ca. 25'000 US\$) setzte sich aus Qualitätsgründen nicht am Markt durch.

#### *– Folie: Eklund-Scanner*

1986 übernahm ich die Leitung der Druckformtechnik bei den Heidelberger Druckmaschinen.

Im gleichen Jahr wurden, zusammen mit der Fogra, in unserer Vorführdruckerei Druckversuche mit frequenzmodulierten Rastern durchgeführt. Die Lithos wurden von der Fogra geliefert. Sehr auffällig waren damals die starke Körnigkeit in den glatten Tönen, aber auch die Farbigkeit, Brillanz und die enorme Schärfe und Detailzeichnung in der Holzmaserung.

– *Folie: Fogra FM-Raster*

Im Vergleich zu den heute erhältlichen FM-Rastern wirken diese Muster wie Grobraster oder Kornraster.

Während der Drupa '90 wollte die Fa. Heidelberg Feinstraster bis 200 L/cm im Naßoffset drucken. Fa. Hell entwickelte die Software und wir begannen bereits 1988 mit den ersten Versuchen. Wir testeten verschiedene Scannerfilme, Druckplatten sowie die dazugehörigen Entwickler. Die größten Schwierigkeiten ergaben sich aber bei der Plattenkopie. Empfindlichkeit der Schicht, Belichtungsspielraum, Oberflächenbeschaffenheit, Vakuump Probleme in den Kopiergeräten, aber vor allem der Staub in den Produktionsräumen machten reproduzierbare Ergebnisse fast unmöglich. Erst mit den neuen Ozasol-Druckplatten P71 erzielten wir eine hohe Stabilität und wiederholbare Belichtungsergebnisse.

Als 1992 die ersten Ergebnisse im „CristalRaster“ veröffentlicht wurden, ließ ich bei Fa. Vignold eine Testform mit vier Motiven ausbelichten. Wir untersuchten die Möglichkeiten der chemischen Retusche, des Umkontakts der Filme und testeten verschiedene Proofverfahren, sowie Druckplatten für Naß- und Trockenoffset.

### **Wo setzt man nun sinnvollerweise frequenzmodulierte Raster ein?**

- Geschäftsberichte
- Schmuckkataloge
- Medizinische Abbildungen
- Briefmarken
- Stark gemusterte Textilien
- Holzmuster
- Motive mit moiréanfälligen Strukturen, wie Dächer, Satellitenantennen, Gitter an Lautsprecherboxen, etc.
- Reproduktionen von gerasterten Vorlagen
- Faksimile-Reproduktionen von Kupferstichen, Radierungen
- Vermeidung von Moirés und Rasterstrukturen im DTP
- Vermeidung von Moirés durch Einsatz falscher Rasterwinkel

– *Folien*

### **Vorteile der stochastischen Rasterung:**

- höhere Schärfe
- sattere und brillantere Farben
- keine Rosettenbildung
- keine Rasterwinkel/Moirés
- bessere Wiedergabe von Verläufen (kein Punktschluß)
- deutliche Verbesserung der Ausgabequalität bei Erosions- und Laserdruckern
- höhere Qualität auf schlechteren Papiersorten (Zeitungs- oder Recyclingpapier)
- einfachere Lithoherstellung für den Mehrfarbendruck, Siebenfarben- oder Metallfarbendruck

### **Verhalten stochastischer Raster im Druck:**

Der Druck ist unproblematisch, ob Naß- oder Trockenoffset.

Es dauert etwas länger, bis das Farbprofil und eine entsprechende Sättigung erreicht sind, der Fortdruck aber ist sehr stabil. Dies wurde mir immer wieder von den Druckern bestätigt und ist überhaupt nicht mit dem Drucken von Fein(st)rastern zu vergleichen, die empfindlich auf geringste Farbführungsschwankungen reagieren.

Die höhere Zahl von Rasterpunkten und ihre unregelmäßige Verteilung haben eine bessere Verteilung von Druckfarbe und Feuchtmittel zur Folge. Letzteres natürlich nur im Naßoffset.

Farbschwankungen in den Tertiärfarben, häufig verursacht durch Registerschwankungen, treten bei stochastischen Rastern weniger auf.

#### *– Folie: Druckmuster (Fächer) und Polaroids*

Bei den bisher durchgeführten Druckversuchen konnten wir immer wieder feststellen, daß die Dreivierteltonbereiche und die Tiefen, auch auf schlechteren Papierqualitäten und stärkerer Überfärbung, offen bleiben.

#### *– Folie*

Im Bogenoffset werden dem Wischwasser normalerweise ca. 4,5 - 5% Alkohol plus 3% Alkoholversatzstoff zugesetzt. In den USA laufen bereits einige Maschinen ausschließlich mit Alkoholversatzstoffen (3%).

Beim Rollenoffset sollte der Alkoholanteil des Wischwassers zwischen 12 - 15% betragen, um ein Aufbauen auf dem Gummituch zu vermeiden. Hier stehen noch Tests mit Alkoholversatzstoffen aus.

Mischformen sind möglich. Bedingung ist eine getrennte Belichtung der unterschiedlichen Rasterfilme mit Masken. Im Druck kann aber dann, bei nicht angepaßter Gradation der Repros, nur leicht überfärbt werden.

Häufig wird empfohlen, die Volltondichte um ca. 10% anzuheben = 0.10-0.15 log. Dichte, hat aber einen höheren Farbverbrauch zur Folge.

Will man aber häufiger Mischformen verarbeiten, sollte man Standarddichten fahren und die Gradation der stochastischen Rasterfilme entsprechend anpassen.

Dies gilt auch für den Trockenoffset. Um den, in diesem Verfahren geringeren Punktzuwachs zu kompensieren, belichten wir die Farbauszüge ca. 5% im Mittelton voller. Gelieferte Filme kopieren wir etwas voller auf die Druckplatte (Kopierstufe 6µm – Halbtstufe 6 leicht vorhanden).

– *Folie: Druckplatte*

Wer häufiger stochastische Raster einsetzen will, muß sich ein Standardisierungskonzept erarbeiten und muß vorab entscheiden, ob mit Standarddichten gedruckt werden, oder überfärbt werden soll. Nächster Schritt ist die Herstellung einer Farbskala, denn die gleichen prozentualen Mischungsverhältnisse ergeben eine höhere Farbigkeit. Abhängig von diesen Parametern, müssen in der Druckvorstufe für diesen Prozeß spezielle Gradationskurven erarbeitet werden.

– *Folie: Farbskala*

#### **Nachteile der stochastischen Raster:**

- Lithoherstellung ist aufwendiger und damit teurer (Andruck der Lithos und erneute Korrektur im System)
- Proofherstellung ist nicht möglich.
- chemische Retuschen sind nicht möglich, das Umkontakten der Filme schwierig
- Technische Raster sowie helle Bildpartien werden durch die unregelmäßig verteilten Bildpunkte unruhig und grieselig
- Bei zu geringer Belichterauflösung zeigen Schriften, freigestellte Motive und Kanten eine gewisse „Unschärfe“ und „Treppenbildung“ (separate Belichtung der Schrift oder höhere Auflösung – ca. 2400 dpi!)
- Probleme in der Plattenkopie bei der Übertragung der 14-20 µm großen Punkte (6-8 µm im UGRA-Offset-Testkeil).
- Maskenbelichtung erforderlich.
- Bei Überfärbung im Druck höherer Farbverbrauch.

– *Folie: Grafik/Fogra (Vergleich Rasterpunktgrößen)*

- **Hinweis:** FOGRA-Forschungsbericht Nr. 1.209: Studie über die Verminderung störender Musterbildung durch Einsatz feiner Raster oder nichtautotypischer Rastertechniken bei der Farbproduktion für den Offsetdruck.

#### **Fazit:**

Die frequenzmodulierte Rasterung hat in bestimmten Produktionsbereichen gegenüber der amplitudenmodulierten Rasterung große Vorteile, erfordert aber eine neu zu schaffende Standardisierung und größtmögliche Staubfreiheit der Kopierräume.

Nur wer die Standardisierung sicher beherrscht, sollte sich diesem Thema widmen.

Die Druckplatten sollten eine höhere Auflösung und einen größeren Belichtungsspielraum haben. Zur Belichtungskontrolle sind die bekannten Kontrollkeile nur bedingt

geeignet. Im Mikrolinienbereich und bei den Spitzpunkten benötigen wir feinere Abstufungen, zusätzlich sollte zur Kontrolle eine Halbtonskala eingesetzt werden.

Bei der direkten Bebilderung von Druckplatten oder Plattenzylindern (Heidelberg GTO-DI) gibt es keine Übertragungsverluste. Mit der stärkeren Verbreitung von Computer to plate/press, werden die stochastischen Raster weiter an Bedeutung gewinnen.

Die FM-Rasterung wird aus den genannten Gründen die konventionellen (autotypischen) Rasterverfahren (IS, RT, HQS usw.) nicht ersetzen, sondern in sinnvoller Weise ergänzen.

*- Folie: Ugrakeil*

**Quellennachweis:**

BVD – Forschungsbericht 3.298 – Möglichkeiten und Grenzen feiner Raster

Eberhard Friemel/Linotype

Dr. Gerhard Fischer/HEIDELBERG: Dissertation – Der frequenzmodulierte Bildaufbau  
Ein Beitrag zur Optimierung der  
Druckqualität

Deutscher Drucker: diverse Veröffentlichungen



**JAHRESTAGUNG '93**

**DRUCKEN MORGEN-  
MÖGLICHKEITEN DER  
QUALITÄTSSTEIGERUNG**

**15. OKTOBER 1993**

**PARKHOTEL KRONE**

**6140 BENSHEIM-AUERBACH**

**CristalRaster-Lithografie  
-Erfahrungen eines Rollenoffsetdruckers-  
Dipl.-Ing. Thomas Platz  
Gerber + Bruckmann  
Grafische Betriebe GmbH, München**

---

## CristalRaster-Lithografie - Erfahrungen eines Rollenoffsetdruckers

von Thomas Platz - Gerber + Bruckmann Grafische Betriebe GmbH

Das Thema CristalRaster-Lithografie wurde in letzter Zeit häufig diskutiert. In diesem Bericht sollen nun einige Praxiserfahrungen unserer Rollenoffsetdrucker beim Umgang mit dieser neuen Technik wiedergegeben werden. Ich möchte ausdrücklich betonen, daß es sich nur um Erfahrungen aus unserem Betrieb handelt. CristalRaster-Lithografien kamen bei uns bisher ausschließlich im Rollenoffsetdruck zum Einsatz.

Nachdem seitens eines unserer Kunden der Wunsch gehegt wurde, ein Rollenoffsetobjekt im CristalRaster herzustellen, war es für uns selbstverständlich, diese neue Technik mittels eines Testdruckes kennenzulernen. Es wurde eine Testform erstellt, bei der ein direkter Vergleich von CristalRaster und herkömmlichen Raster mittels verschiedener Test- und Bildelemente möglich war. Hierbei wurden die speziellen Anforderungen an die Plattenkopie natürlich beachtet, d.h. für den CristalRaster wurde so kopiert, daß die  $6\mu\text{m}$ -Linien des K-Feldes am FOGRA-PMS wegekopiert waren, das  $8\mu\text{m}$ -Linienfeld noch vorhanden war. Für den herkömmlichen Raster wurde eine Kopie nach BVD/FOGRA-Standardisierungskonzept durchgeführt. Dieser Druckversuch wurde, wie auch der spätere Auflagedruck, an einer Rollenoffsetmaschine vom Typ MAN Octoman durchgeführt. Als Bedruckstoff kam ein chlorfreies mattgestrichenes  $100\text{ g/m}^2$ -Papier zum Einsatz. Es wurden herkömmliche LWC-Druckfarben sowie eingebrannte Druckplatten mit einem Auflösungsvermögen von ca.  $4\mu\text{m}$  verwendet.

Der Druckversuch wurde in drei Teilschritten durchgeführt:

### 1.) Ergebnis bei gleichen Volltondichten

Zunächst wurden beide Seiten mit gleicher Volltondichte gedruckt (S 1,80, C 1,40, M 1,40, Y 1,20). Die Seite mit CristalRaster weist im Bildmotiv eine deutlich geringere Farbführung auf, obwohl die gemessenen Tonwertzuwächse ähnlich denen des konventionellen Rasters sind. Daraus schlossen wir, daß durch die notwendige höhere Farbführung im CristalRaster auch zwangsweise ein höherer Farbverbrauch im Auflagedruck der Fall sein wird.

### 2.) Ergebnis bei einem optischen Angleich der Bildmotive

Nun wurde ein optischer Angleich beider Bildmotive angestrebt, wobei die Farbführung des herkömmlichen Rasters beibehalten, beim CristalRaster aber angehoben wurde. Dadurch erhöhten sich natürlich die Volltondichten beim

CristalRaster, die Tonwertzuwächse hingegen erhöhten sich nicht (im 80%-Ton) oder nur sehr wenig (im 40%-Ton), jedenfalls nicht in dem Maße wie es bei einer derartigen Erhöhung der Volltondichten beim herkömmlichen Raster der Fall ist.

### 3.) Ergebnis bei Überfärbung beider Raster

Im dritten Versuchsabschnitt wurde dann eine Überfärbung des ganzen Bogens durchgeführt. Während sich beim CristalRaster die Tonwertzuwächse im 80%-Ton kaum erhöhten (im 40%-Ton etwas mehr), erhält man beim herkömmlichen Raster deutlich höhere Tonwertzuwächse. Im Motiv macht sich das stark bemerkbar, vor allem durch ein schnelleres Zugehen in den Tiefen.

Das Fazit, welches wir aus diesem Probedruck zogen, war zunächst die grundlegende Aussage, daß man im Rollenoffset einen CristalRaster drucken kann. Der größere Spielraum bei der Farbgebung war bereits hier deutlich erkennbar, doch Aussagen bezüglich dem Verhalten bei Passerabweichungen, im Graubalancebereich sowie den Auswirkungen bei längerer Druckzeit konnten zu diesem Zeitpunkt noch nicht gemacht werden.

### Auflagendruck:

Beim Auflagendruck handelte es sich um einen Schuh- sowie einen Textilprospekt in einer Auflagenhöhe von jeweils ca. 4 Millionen. Es herrschten bzgl. Druckmaschine, Bedruckstoff, Farben und Druckplatten die gleichen Voraussetzungen wie beim vorausgegangenen Probedruck.

Nachfolgend werden die gewonnenen Erkenntnisse wiedergegeben:

#### - Plattenkopie

In der Plattenkopie traten anfangs erhebliche Probleme auf. Aus unklarer Ursache (vermutlich Schmutz) waren außergewöhnlich viele Fehlkopien (Hohlkopien) der Fall. Die Umstellung auf die geänderte Belichtungszeit bereitete keine Probleme. Der Einsatz von Streufolien war nicht mehr möglich. Schnittkanten konnten jetzt nur noch mittels Masken wegbelichtet werden.

#### - Korrekturmöglichkeiten am Film

Ein weiteres Problem trat auf, als wir Filme erhielten, bei denen kleine Fehler bzw. Schmutzteilchen enthalten waren. Beim herkömmlichen Raster kann man noch Korrekturen durchführen, während beim CristalRaster nicht mehr möglich ist. Somit müssen in einem derartigen Fall immer neue Filme angefordert werden. Das führt oftmals zu Terminproblemen und man wird durch diese

Situation wohl oft dazu gezwungen die qualitativ schlechteren Filme zu verwenden. Deshalb muß auch bei der Herstellung der Filme von seiten der Reproanstalt bereits auf äußerste Sauberkeit geachtet werden.

- Nutzenfilme

Die Herstellung von Nutzenfilmen mittels Kontaktkopie muß wohl auch als sehr kritisch angesehen werden. Selbst haben wir damit keine Erfahrungen gemacht, aber bei einer Anfrage wurde vom Hersteller bestätigt, daß dies zwar möglich ist, aber nur bei Verwendung von speziellen Filmmaterial sowie genauen Abgleich der Belichtungszeiten zu einem guten Ergebnis führt.

- Toleranzen bei Kopie und Entwicklung

Auf Grund der hohen Ansprüche in diesen beiden Arbeitsschritten ist auch eine geringere Schwankungsbreite und eine bessere Reproduzierbarkeit gefragt. So ist es unerlässlich, täglich den Zustand des Plattenentwicklers zu überprüfen und in regelmäßigen Abstand Kopierrahmen und Kopiermaschine zu testen. Gleiches gilt natürlich auch für das verwendete Plattenmaterial.

- Montage

In der Montage muß mit äußerster Präzision gearbeitet werden, da bereits geringe Passerabweichungen im Druck deutlich sichtbar sind. Deshalb müssen in der Montage optimale Voraussetzungen geschaffen werden.

- Erschwernisse beim Passer stellen

Für die Drucker war es deutlich schwieriger, den Passer zu stellen, da keine so ausgeprägten Konturen wie beim herkömmlichen Raster vorhanden sind.

- Wiedergabe von moireanfälligen Strukturen

Hier zeigt sich ein großer Vorteil von CristalRaster Lithografien. Derartige Strukturen werden wesentlich besser wiedergegeben als mit herkömmlichen Rastern. Es treten praktisch keine Moires mehr auf. Voraussetzung für eine saubere Wiedergabe ist natürlich ein einwandfreier Passer

- Wiedergabe von gleichmäßigen Tönen

Hervorragende Ergebnisse wurden auch bei der Wiedergabe von gleichmäßigen Tönen und technischen Rastern erzielt. Das Druckergebnis ist deutlich ruhiger als bei herkömmlichen Raster und Rosettenstrukturen fallen ganz weg.

- Farbgebung, Feuchtung, Waschintervalle

Bei der Farbgebung bestätigten sich die Erfahrungen, die bereits im Probedruck gewonnen wurden. Den Spielraum den der Drucker zum Farbstellen hat, ist größer, d.h. Änderungen bei der Farbzoneneinstellung machen sich nicht so stark bemerkbar als beim herkömmlichen Raster. Ein besonders auffälliges Verhalten bei Farb- und Feuchtgebung konnte jedoch nicht festgestellt werden. Auch zu den Waschintervallen kann keine gesicherte Aussage gemacht werden, da hier ein regelmäßiger Rhythmus eingehalten wurde und der direkte Vergleich zum konventionellen Raster fehlte.

- Verhalten im Graubalancebereich

Im Graubalancebereich verhielt sich die CristalRaster-Lithografie genau so wie herkömmliche Raster.

- Plattenverschleiß

Wir bemerkten einen Plattenverschleiß, der um ca. 50-75% höher lag, als dies bei einer derartigen Papiersorte beim herkömmlichen Raster der Fall ist. Das heißt jedoch nicht, daß ein höherer mechanischer Verschleiß vorliegt, doch durch die extrem kleinen Rasterpunkte verschwinden relevante Bildinformationen schneller und die Platten müssen eher ausgetauscht werden.

- Farbverbrauch

Bei diesem Punkt muß nochmals betont werden, daß nur zwei Praxisauflagen zur Beurteilung zur Verfügung standen. Es war allerdings erstaunlich, daß entgegen den Voraussagen, die im Probedruck getroffen wurden, kein höherer Farbverbrauch festgestellt werden konnte.

Zusammenfassung:

Im Druckvorstufenbereich zwingt der CristalRaster zu einer etwas anderen Arbeitsweise. Neben der ungewohnt vollen Kopie müssen in Sachen Sauberkeit, Präzision und Reproduzierbarkeit neue Maßstäbe gesetzt werden. Der Druckprozeß bereitet keine außergewöhnlichen Schwierigkeiten, die Drucker müssen sich aber trotzdem auf das etwas andere Verhalten bei der Farbgebung sowie auf das erschwerte Stellen des Passers einstellen.

Mit CristalRaster-Lithografien ist eine Qualitätssteigerung möglich. Vor allem die moirefreie Wiedergabe und der gleichmäßige ruhige Ausdruck von Flächen ist besonders hervorzuheben. Mit der Verwendung dieses Verfahrens kommt man einer fotoähnlichen Wiedergabe im Druck einen deutlichen Schritt

näher. Besonders bei der Wiedergabe von Textilien, Kunstabbildungen oder ähnlichem kann eine qualitative Verbesserung erzielt werden.

Die Technik ist jedenfalls beherrschbar - auch im Rollenoffset -, doch müssen Arbeitsabläufe, Betriebs- und Produktionsmittel optimiert werden, um den hohen reprotchnischen Aufwand im Druckvorstufenbereich sowie im Auflagendruck nicht zunichte zu machen.

**VEREIN DEUTSCHER DRUCKINGENIEURE E. V.**

**Castalizer™ Technologie**

**Durchbruch bei der FM-Nachdruck**

**JAHRESTAGUNG ' 93**

**DRUCKEN MORGEN-  
MÖGLICHKEITEN DER  
QUALITÄTSSTEIGERUNG**

**15. OKTOBER 1993  
PARKHOTEL KRONE  
6140 BENSHEIM-AUERBACH**

**Qualitätssteigerung bei  
PostScript Ausgabe  
Dr. Frank Schelfaut  
AGFA Gaevert N.V.  
Mortsel, Belgien**

---

 **CristalRaster™ Technologie**

**Durchbruch bei der FM-Rasterung**





## Geschichte von CristalRaster

- Rastertechnik, entwickelt von BILDA/Vignold
- Markteinführung durch D. Maatz 1991
- Erwerb der Technologie durch Agfa 1992
- »Portierte« auf Adobe PostScript (April 1993)
- Verfügbar auf Software-RIPs (Juli 1993)
- Verfügbar auf Hardware-RIPs (September 1993)

AGFA 

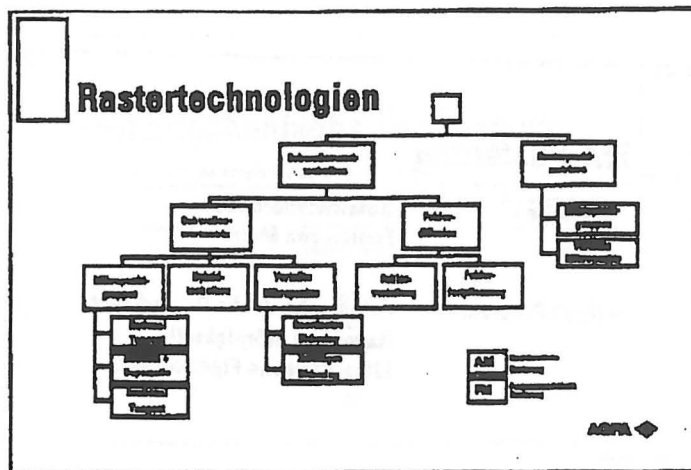
Seit seiner Einführung 1991 gilt CristalRaster als ein entscheidender Durchbruch in der frequenzmodulierten Rasterung, denn es ist die erste kommerziell verfügbare Lösung für den Offsetdruck. Andere Verfahren der FM-Rasterung sind zwar bekannt, aber ihre Anwendung war immer auf elektronische Druckgeräte mit niedriger Auflösung beschränkt.

Mit dem Erwerb der Technologie 1992 durch Agfa begannen die Entwicklungsarbeiten zur Anpassung der CristalRaster Technik für die allgemeine Nutzung unter PostScript. Viel F&E-Aufwand ist in die Entwicklung einer vollständigen Prozeßbeschreibung der FM-Rasterung eingeflossen. Hierzu gehörte nicht nur die laufende Optimierung der Algorithmen, sondern auch die gründliche Untersuchung aller relevanten Druckvorstufen- und Druckparameter.

In dieser Präsentation werde ich mich nicht mit dem Rasteralgorithmus an sich beschäftigen, sondern über einige der ersten Forschungs- und Entwicklungsergebnisse in bezug auf die Druckvorstufeneigenschaften und das Druckergebnis mit CristalRaster Rasterbildern berichten. Diese Ergebnisse können größtenteils auch auf andere FM-Rastertechniken übertragen werden.

Ich möchte meinem Kollegen Paul Delabastita für seine umfangreiche Arbeit zum Thema elektronische Rasterung danken, sowie dafür, daß er uns ein besseres Verständnis der Frequenzmodulations-Algorithmen vermittelt hat.

Anerkennung gebührt auch Dirk Broddin, Herman Debie und Johan Van Hunsel, alle von Agfa, die mit getrennten Untersuchungen über das Rauschen und die lithrografischen Eigenschaften von CristalRaster zu diesem Projekt beigetragen haben.



Abgesehen von einigen Techniken, bei denen vorberechnete, vom Tonwert abhängige Punktverteilungen (»Graustufen-Fonts«) direkt in den Belichter geladen werden, basieren alle elektronischen Rastertechniken auf einer Schwellenwertoperation, d.h. einem Vergleich des quantifizierten Tonwertes an jeder Pixel-Ausgabeposition mit einem Schwellenwert. Diese Operation führt zu einem binären Bitmap, das eine Mikropunkt-Belichtung an den Pixelpositionen bewirkt, wo der Tonwert gleich oder höher als der Schwellenwert ist (binär "1"), während die anderen Positionen unbelichtet (binär "0") bleiben.

Eine Klasse von Schwellenwertverfahren verwendet eine zweidimensionale Matrix von Schwellenwerten mit sorgfältig ausgesuchten Werten und Positionen. Die Anwendung einer solchen Schwellenwertmatrix auf das Ausgabepixel bewirkt eine kontrollierte Plazierung der Mikropunkte in einer für den gemessenen Grauwert charakteristischen Weise.

Das mit einer Schwellenwertmatrix erzeugte Mikropunktmuster kann verteilt oder in Gruppen angeordnet sein, wobei auch Zwischenlösungen möglich sind. Bei einer verteilten Anordnung ist die *Anzahl* der Mikropunkte proportional zum Grauwert in der Matrix (»Frequenzmodulation«). Alle traditionellen Rastermethoden gehören natürlich zur Klasse der Algorithmen, die ein Mikropunkt-Cluster (einen Rasterpunkt) erzeugen, dessen Größe proportional zum Grauwert in der Matrix ist (»Amplitudenmodulation«).

Bei anderen Schwellenwertmethoden werden alle Pixelwerte mit einem festen Schwellenwert verglichen. Dies hat außer bei Pixeln mit Tonwert 0 oder Maximum bei jedem Ausgabepixel einen Entscheidungsfehler zur Folge. Wird dieser Fehler richtig auf die angrenzenden Positionen verteilt oder auf das nächste Pixel übertragen, ist die erhaltene Anzahl von Mikropunkten (daher »Frequenzmodulation«) in einem bestimmten Bildteil proportional zum lokalen Grauwert.

Dieser »Stammbaum« der Rastermethoden zeigt, daß die bisher im Offsetdruck eingesetzten traditionellen Rastertechniken den noch zu untersuchenden FM-Rastertechniken zahlenmäßig unterlegen sind.

## **FM-Rasterung**

- **Vorteile :**            **Detailwiedergabe**  
                              **Fehlen von Moiré**
- **Neue Probleme :**    **Fotomechanische Reproduktion**  
                              **Rauschen (Körnigkeit)**  
                              **Lithografische Eigenschaften**

ADFA ◀

Das Interesse für die FM-Rasterung bei traditionellen Druckverfahren wie Offset- und Siebdruck beruht auf der hohen Detailwiedergabegenauigkeit und dem Fehlen von Moiré-Effekten; letzteres gilt zumindest für die FM-Rastertechniken, die unregelmäßige Anordnungen von Mikropunkten erzeugen.

Der Einsatz von FM-Rastertechniken in einer traditionellen Druckumgebung bringt jedoch auch einige neue Probleme mit sich.

Wir wollen kurz auf die fotomechanischen Übertragungseigenschaften der FM-Rasterung in Zusammenhang mit der Belichtung von Filmen und den anschließenden Kontaktkopien auf Film- oder Druckplattenmaterial eingehen.

Die meiste Aufmerksamkeit wollen wir dabei dem Problem des Rauschens widmen. Dies ist ein typischer Parameter für die Belichtungsqualität in Zusammenhang mit der FM-Rasterung. Außerdem werden wir auf die lithografischen Eigenschaften von frequenzmodulierten Rasterbildern eingehen.

## Fotomechanische Übertragung

### Mikropunkte im Vergleich zu Rasterpunkten

Mikropunktgröße (in $\mu\text{m}$ )	Mindest-Ausgabeauflösung (in dpi)	Äquivalenter Punktprozentwert bei einem Raster von 300 lpi
7	3000	< 1
10	2400	< 1
14	1800	3
21	1200	6
42	600	25

Die fotomechanischen Übertragungseigenschaften der FM-Rasterung werden durch die Größe der Mikropunkte bestimmt.

Die Tabelle zeigt einige typische Mikropunktgrößen zusammen mit der Mindest-Ausgabeauflösung des Belichters, die zur Erzeugung solcher Mikropunkte erforderlich ist. Die äquivalenten Punktprozentwerte bei einer Rasterweite von 300 lpi (120 l/cm) sind in der dritten Spalte angegeben.

Natürlich sind Mikropunktgrößen von 10  $\mu\text{m}$  oder darunter zu klein, als daß sie mit herkömmlichen fotografischen Materialien wiedergegeben werden könnten.

Die meisten FM-Rastermethoden, die für den hochauflösenden Offsetdruck geeignet sind, erzeugen Mikropunkte von 14 oder 21  $\mu\text{m}$ . Wir haben festgestellt, daß Mikropunkte von 21  $\mu\text{m}$  etwas mehr Belichtungsspielraum lassen; der Mikropunkt von 14  $\mu\text{m}$  kann jedoch ebenfalls mit Erfolg auf normalem fotografischen Material guter Qualität reproduziert werden. In beiden Fällen (14  $\mu\text{m}$  oder 21  $\mu\text{m}$ ) sind kontrollierte Belichtungs- und Entwicklungsbedingungen erforderlich, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten.

Die fotomechanische Wiedergabe größerer Mikropunkte ähnelt stärker den herkömmlichen Rasterpunkten, aber dies geht zu Lasten der Bildqualität.

## Rauschen

- Unkontrollierte Dichteschwankungen
- Unterschiedliche räumliche Frequenzen
- Die sichtbare Reaktion ist frequenzabhängig.
- Quantitative Beurteilung des Rauschens in der Frequenzdomäne (Fourier-Analyse)
  - Radial gemittelttes Leistungsspektrum (Ulichney)
  - »Visuelles« Rauschen (H. Debie, Agfa)

AGFA 

Rauschen ist schon lange als entscheidender Qualitätsparameter bei niedrigauflösenden FM-Rastertechniken bekannt, die z.B. bei elektronischen Belichtungseinheiten eingesetzt werden.

Rauschen oder Körnigkeit macht sich als unkontrollierte (und unerwünschte) Dichteschwankungen bei verschiedenen räumlichen Frequenzen bemerkbar. Eine vollkommen zufällige Anordnung von schwarzen Mikropunkten vor einem weißen Hintergrund würde zu einem Frequenzkontinuum führen, das als »weißes« Rauschen bezeichnet wird. Weil das menschliche Auge wie ein Tiefpaßfilter arbeitet, werden die hochfrequenten Anteile (»blaues« Rauschen) als einheitliche Dichte und daher als angenehmer wahrgenommen als die niederfrequenten Anteile (»rosa« Rauschen). Aus diesem Grund besitzen alle FM-Rasteralgorithmen kontrollierte Zufallseigenschaften, durch die das blaue Rauschen das rosa Rauschen überwiegt.

Eine quantitative Untersuchung des Rauschens erfordert eine Fourier-Transformation in die Frequenzdomäne und umfaßt eine Berechnung des Leistungsspektrums. Ulichney (\*) nimmt eine radiale Symmetrie für die unregelmäßige Rasterwiedergabe fester Graustufen an. Seine Untersuchungsmethode unterteilt das zweidimensionale Leistungsspektrum in konzentrische Ringe, wobei jeder Ring eine Radialfrequenz aufweist und eine Reihe von Frequenzmustern umfaßt. Eine Kurve der Frequenzmuster als Funktion der Radialfrequenzen bezeichnet man als radial gemittelttes Leistungsspektrum. Dieses dient zur quantitativen Darstellung eines Rausch-Frequenzspektrum bei einer gegebenen Dichte.

Eine alternative Methode, die von Herman Debie (Agfa) eingesetzt wird, erfordert keine Radialsymmetrie des Leistungsspektrums. Mit ihr kann ein Maß für das visuelle Erscheinungsbild des Rauschens bestimmt werden, das dann als Funktion der Dichte aufgetragen wird.

(\*) Robert A. Ulichney; *Digital Halftoning*, Cambridge MA : MIT Press, 1987

## Messung von »visuellem« Rauschen

1. Mikrodensitometrie auf verschiedenen Ebenen
2. Gemessene Dichten und »visuelle« Dichten
3. Fourier-Transformation - Leistungsspektrum
4. »Visuelles« Leistungsspektrum

$$P_{\text{vis}}(u, v) = P(u, v) \times |VTF(u, v)|^2$$

5. »Visuelles« Rauschen

$$\sigma_{\text{vis}} = \sqrt{\sum_u \sum_v P_{\text{vis}}(u, v)}$$

6. »Visuelles« Rauschen und »visuelle« Dichte

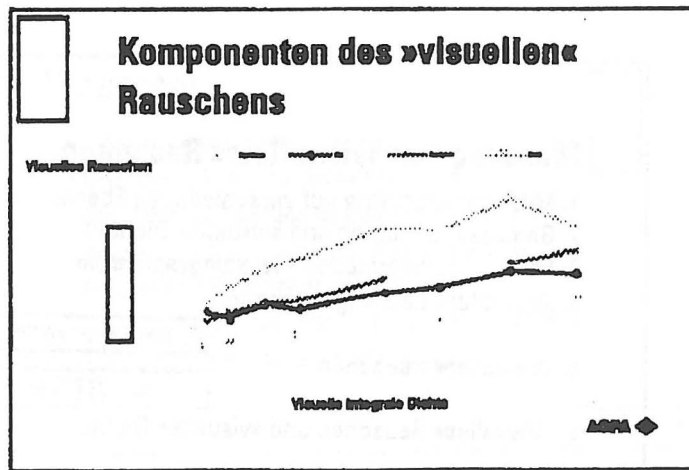
AGFA ◊

Die Messung des »visuellen« Rauschens beginnt mit der Mikrodensitometrie auf verschiedenen, einheitlichen Dichteebenen und der Umrechnung der gemessenen Dichten in sog. »visuelle« Dichten mit Hilfe von Tabellen, in denen die abnehmende menschliche Wahrnehmungsfähigkeit für Dichteunterschiede bei zunehmenden Dichtewerten berücksichtigt ist.

Das aus der Fourier-Transformation  $F(u, v)$  berechnete Leistungsspektrum  $P(u, v)$  wird mit Hilfe einer visuellen Transferfunktion (VTF), die der Empfindlichkeit des Auges für unterschiedliche räumliche Frequenzen bei normalem Betrachtungsabstand entspricht, in ein visuelles gewichtetes Leistungsspektrum umgewandelt.

Für jeden einzelnen der untersuchten einheitlichen Dichtepegel wird sodann durch Summierung des »visuellen« Leistungsspektrums über alle Frequenzen in x- und y-Richtung das »visuelle« Rauschen berechnet.

Die so erhaltene Kurve stellt ein Maß für das visuelle Erscheinungsbild des Rauschens als Funktion der visuell wahrgenommenen integrierten Dichte dar.

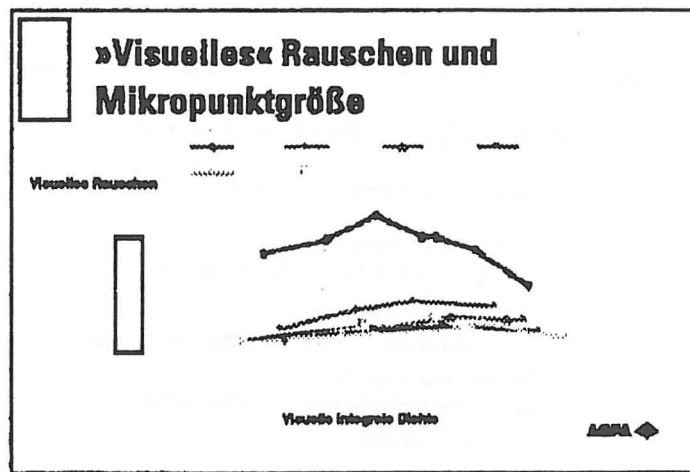


Für die FM-Rasterung, wie sie im traditionellen Druck eingesetzt wird, können Kurven des visuellen Rauschens in Abhängigkeit von der visuellen Dichte in verschiedenen Prozeßphasen hergestellt werden. Dabei sind natürlich nur die am fertigen Druckbogen vorgenommenen Messungen von praktischer Bedeutung.

Dieses Diagramm zeigt Rausch-/Dichte-Kurven, die am fertigen Druckbogen, an der Druckplatte und am Belichterfilm gemessen wurden, sowie die berechnete Rausch-/Dichte-Kurve für das »Eigenrauschen«, das auf die grundlegenden Eigenschaften des verwendeten FM-Rasteralgorithmus zurückzuführen ist.

Es hat den Anschein, daß sowohl das Belichten der Mikropunkte auf den Film als auch das Drucken dieser Mikropunkte auf Papier für einen Großteil des »Systemrauschens« verantwortlich sind, das während des gesamten Druckvorgangs erzeugt wird. Die Kenntnis der Parameter, die das Systemrauschen bestimmen, wird zu einer besseren Bildqualität im Druck beitragen.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse kommen wir zu dem Schluß, daß die Auswahl eines geeigneten Algorithmus mit geringem Rauschen zwar sehr wichtig ist, aber allein nicht ausreicht, um eine optimale Bildqualität auf dem Druckbogen zu gewährleisten.



Der Umfang des visuellen Rauschens wird auch durch die Größe der Mikropunkte bestimmt.

Dieses Diagramm zeigt am fertigen Druckbogen gemessene Rausch-/Dichte-Kurven für verschiedene Mikropunktgrößen, die mit dem gleichen FM-Rasteralgorithmus erzeugt wurden, sowie für die konventionelle Rasterung mit einer Rasterweite von 150 lpi (60 l/cm).

Die Ergebnisse dieses Versuches zeigen eine nicht-lineare Zunahme des Rauschpegels in Abhängigkeit von der Größe der Mikropunkte. Es ist zu erkennen, daß Mikropunkte von 14 µm erforderlich sind, um den Rauschpegel der traditionellen Rasterung zu erreichen. Eine weitere Verringerung der Mikropunktgröße führt zu keiner zusätzlichen Qualitätsverbesserung, und Mikropunkte von 21 µm verursachen bereits Rauschpegel, die deutlich über denen der konventionellen Rasterung liegen.

Wir schließen hieraus, daß Mikropunkte von 14 µm optimal für die hochwertige FM-Rasterung im Offsetdruck sind, und daß Punktgrößen von 21 µm und darüber beträchtliche Qualitätseinbußen mit sich bringen, zumindest bei der heutigen Größenordnung des »Systemrauschens«.



## Lithografische Eigenschaften

CristalRaster ./. konventionelles 300 lpi Raster

- **Keine Farbverschiebung**  
weniger empfindlich für Registerprobleme
- **Geringerer Punktzuwachs**  
stärkere Punktgrößenreduzierung bei (Positiv-)  
Druckplattenkopien  
geringerer optischer und physikalischer Punkt-  
zuwachs im Druck
- **Erlaubt höhere Farbdichten**

AGFA ◆

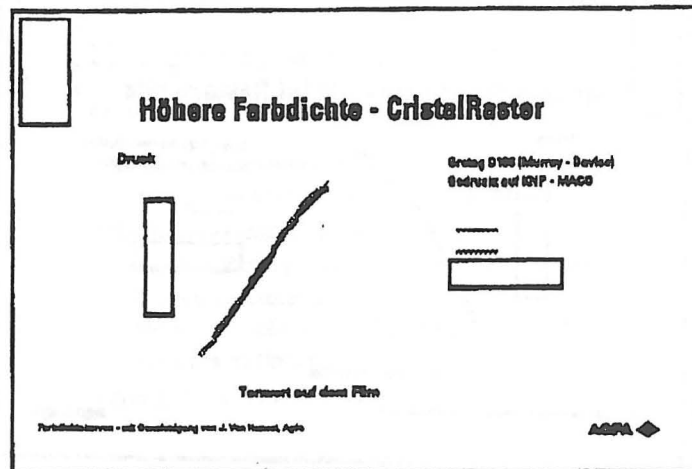
Um die lithografischen Eigenschaften der FM-Rasterung mit denen der traditionellen Rasterung zu vergleichen, muß man die konventionelle Technik bei einer hohen Rasterweite anwenden, die eine vergleichbare Detailwiedergabe liefert.

In praktischen Tests von CristalRaster im Vergleich zur konventionellen Rasterung bei einer Rasterweite von 300 lpi (bzw. 120 l/cm) haben wir einige interessante Vorteile zugunsten der FM-Rastertechnik festgestellt. CristalRaster zeigt keine Farbverschiebung, auch nicht bei kritischen Vorlagen, was offensichtlich durch den Zufälligkeits-Charakter und das Fehlen von Rosettenstrukturen bei der FM-Rasterung zu erklären ist. Es hat auch den Anschein, als zeigten mit CristalRaster gerasterte Bilder weniger Punktzuwachs als die Rasterung mit 300 lpi, zumindest auf Positiv-Offsetdruckplatten. Dies ist zum Teil dadurch zu erklären, daß die CristalRaster Mikropunkte bei der Plattenbelichtung eine proportional stärkere Größenverringering erfahren als in Clustern platzierte Rasterpunkte. Die weitere Beurteilung der Unterschiede im Punktzuwachs ist relativ schwierig, vor allem weil die beobachteten Phänomene das Gesamtergebnis von physikalischen und optischen Effekten sind.

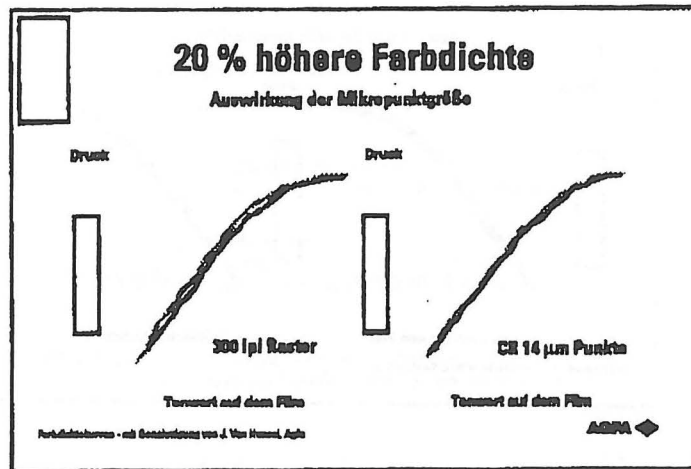
Der vielleicht am wenigsten erwartete Unterschied zwischen CristalRaster und der konventionellen Rasterung ist die Fähigkeit, mit höheren Farbdichten zu drucken. Über dieses Phänomen hat schon Dieter Maetz berichtet, und es hat sich in allen unseren praktischen Versuchen bestätigt. Eine direkte Erklärung hierfür steht aber noch aus. In dem Versuch, den Effekt zu quantifizieren, hat Johan Van Hunsel (Agfa) die Tonwertverschiebung auf dem gedruckten Bogen gemessen, die sich aus höheren Farbdichten bei CristalRaster und konventionellen Rasterbildern ergibt. Auf den nächsten vier Diagrammen sind seine Ergebnisse zusammengefaßt.



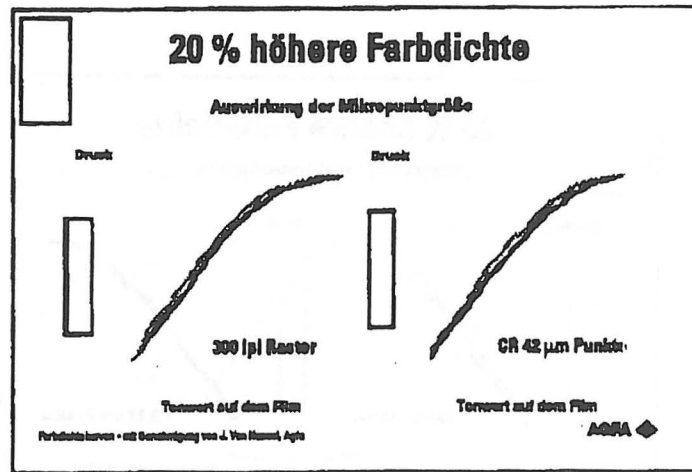
Diese Kurven wurden an einem Bild aus der Praxis (ein Verlaufs) gemessen, das mit einer Rasterweite von 300 lpi hergestellt wurde. Bei einer Erhöhung der Farbdichte um 20 % ist eine meßbare Verschiebung der Tonwertkurve zu erkennen.



Hier sehen Sie die gleiche Kurve für CristalRaster. Bei einer Erhöhung der Farbdichte um 20 % ist die Tonwertverschiebung geringer, und die Betrachtung des tatsächlichen Druckbildes bestätigt, daß die Schattendetails weniger »verstopft« und unscharf sind.



Die Versuche mit höheren Farbdichten sind unter kontrollierten Bedingungen und für CristalRaster Punktgrößen von 14, 21 und 42 µm wiederholt worden. Diese Kurven zeigen den Vergleich eines CristalRaster Mikropunktes von 14 µm mit einem konventionellen Raster von 300 lpi. Die vorhin beobachteten Unterschiede in der Tonwertverschiebung werden voll bestätigt.



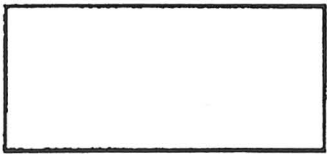
Diese Kurven vergleichen einen CristalRaster Mikropunkt von 42  $\mu\text{m}$  mit dem gleichen konventionellen Raster von 300 lpi. Es gibt keinen Unterschied in der Tonwertverschiebung mehr, der vermuten ließe, daß die Fähigkeit zur Unterstützung höherer Farbdichten bei größeren Mikropunktgrößen nachlassen würde. Agfa hat auch die Tonwertverschiebung für einen CristalRaster Mikropunkt von 21  $\mu\text{m}$  gemessen, und das Ergebnis liegt irgendwo zwischen den Ergebnissen mit Mikropunkten von 14 bzw. 42  $\mu\text{m}$ .

## Zusammenfassung

**Crystal-Raster und verwandte FM-Rasterstechniken**

- Fotomechanische Wiedergabe  
erfordert kontrollierte Belichtungsbedingungen  
mehr Belichtungspleinraum bei größeren Mikropunktgrößen
- Rauschpegel im Offsetdruck  
abhängig von Algorithmus und Systemrauschen  
nimmt mit der Mikropunktgröße ab - am besten bei 14  $\mu\text{m}$
- Lithografische Eigenschaften  
keine Farbverschiebung, weniger Punktzuwachs, höhere Farbdichte  
»Farbdichte-Effekt« punktgrößenabhängig - am besten bei 14  $\mu\text{m}$

AGFA 



# **CristalRaster™ Technologie**

## **Durchbruch bei der FM-Rasterung**



# **Geschichte von CristalRaster**

- **Rastertechnik, entwickelt von BILDA/Vignold**
- **Markteinführung durch D. Maetz 1991**
- **Erwerb der Technologie durch Agfa 1992**
- **»Portiert« auf Adobe PostScript (April 1993)**
- **Verfügbar auf Software-RIPs (Juli 1993)**
- **Verfügbar auf Hardware-RIPs (September 1993)**

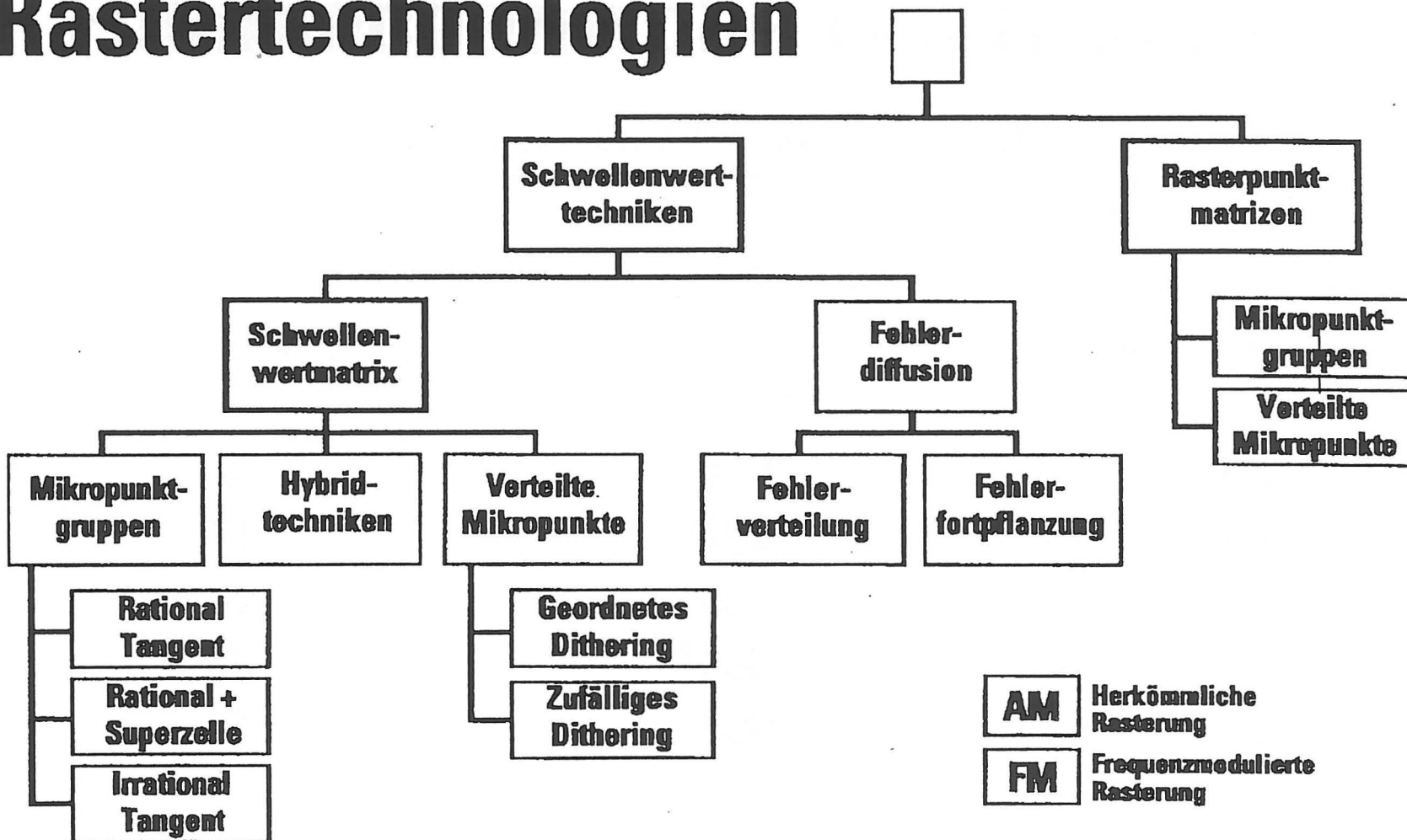




# FM-Rasterung

- **Vorteile :** **Detailwiedergabe**  
**Fehlen von Moiré**
- **Neue Probleme :** **Fotomechanische Reproduktion**  
**Rauschen (Körnigkeit)**  
**Lithografische Eigenschaften**

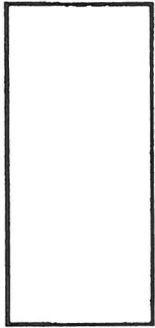
# Rastertechnologien



# Fotomechanische Übertragung

## Mikropunkte im Vergleich zu Rasterpunkten

Mikropunktgröße (in $\mu\text{m}$ )	Mindest-Ausgabeauflösung (in dpi)	Äquivalenter Punktprozentwert bei einem Raster von 300 lpi
7	3600	< 1
10	2400	< 1
14	1800	3
21	1200	6
42	600	25



# Rauschen

- **Unkontrollierte Dichteschwankungen**
- **Unterschiedliche räumliche Frequenzen**
- **Die sichtbare Reaktion ist frequenzabhängig.**
- **Quantitative Beurteilung des Rauschens in der Frequenzdomäne (Fourier-Analyse)**
  - Radial gemittelt Leistungsspektrum (Ulichney)
  - »Visuelles« Rauschen (H. Debie, Agfa)



# Messung von »visuellem« Rauschen

1. Mikrodensitometrie auf verschiedenen Ebenen
2. Gemessene Dichten und »visuelle« Dichten
3. Fourier-Transformation - Leistungsspektrum
4. »Visuelles« Leistungsspektrum

$$P_{\text{vis}}(u, v) = P(u, v) \times |\text{VTF}(u, v)|^2$$

5. »Visuelles« Rauschen

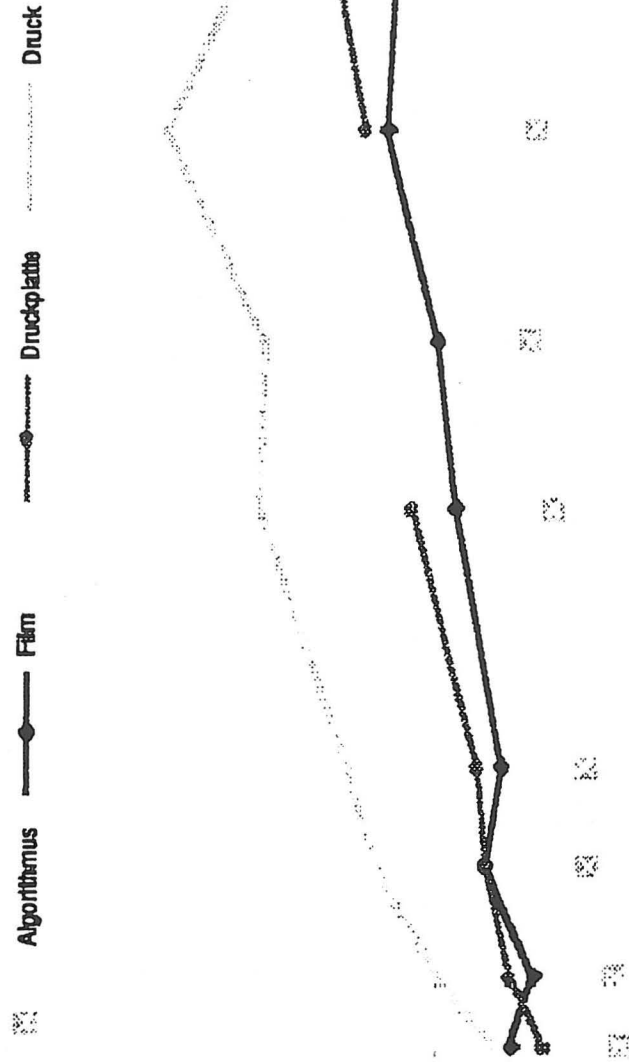
$$\sigma_{\text{vis}} = \sqrt{\sum_u \sum_v P_{\text{vis}}(u, v)}$$

6. »Visuelles« Rauschen und »visuelle« Dichte



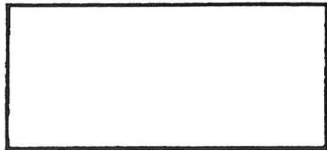
# Komponenten des »visuellen« Rauschens

## Visuelles Rauschen

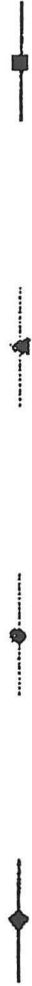


Visuelle integrale Dichte



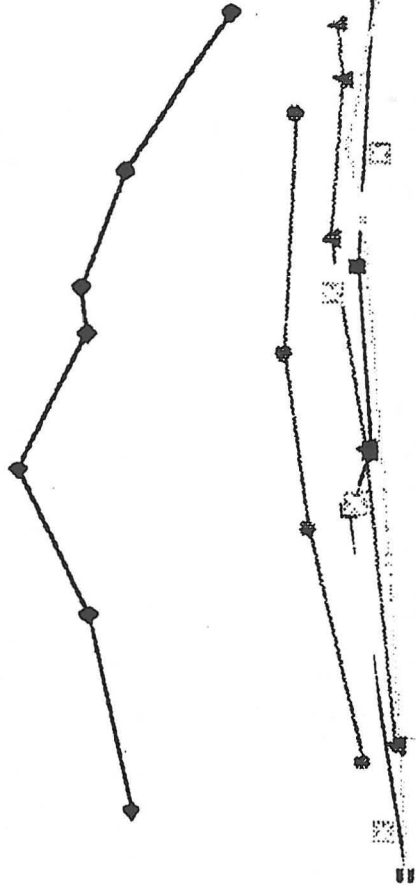


# »Visuelles« Rauschen und Mikropunktgröße



□

Visuelles Rauschen





# Lithografische Eigenschaften

**CristalRaster . / . konventionelles 300 lpi Raster**

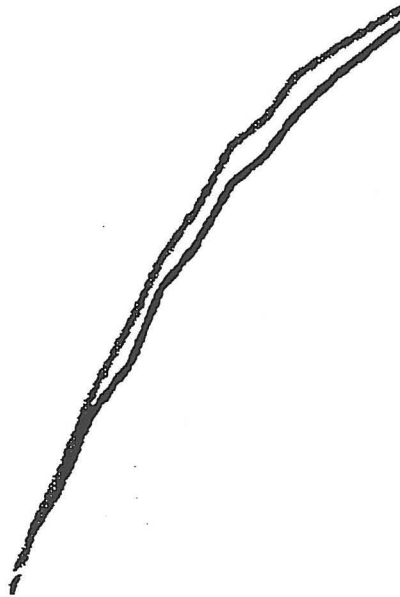
- **Keine Farbverschiebung**  
**weniger empfindlich für Registerprobleme**
- **Geringerer Punktzuwachs**  
**stärkere Punktgrößenreduzierung bei (Positiv-)**  
**Druckplattenkopien**  
**geringerer optischer und physikalischer Punkt-**  
**zuwachs im Druck**
- **Erlaubt höhere Farbdichten**





# Höhere Farbdichte - 300 Ipi Rasterweite

Druck



Gretag D186 (Murray - Davies)  
Gedruckt auf KNP - MACO



Tonwert auf dem Film

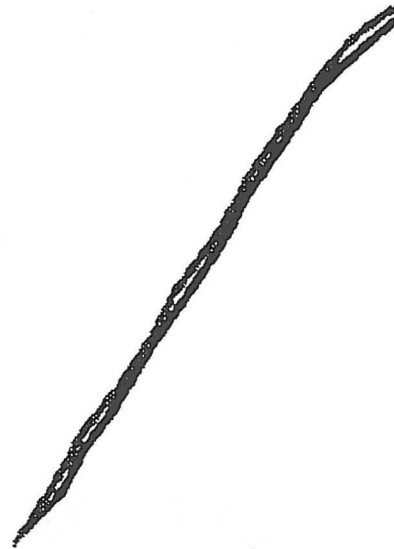
Farbdichtekurven - mit Genehmigung von J. Van Hunsel, Agfa

**AGFA** 

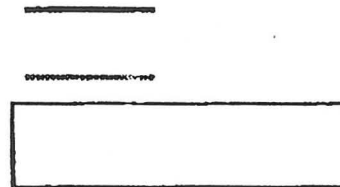


# Höhere Farbdichte - CristalRaster

Druck



Gretag D186 (Murray - Davies)  
Gedruckt auf KNP - MACO



Tonwert auf dem Film

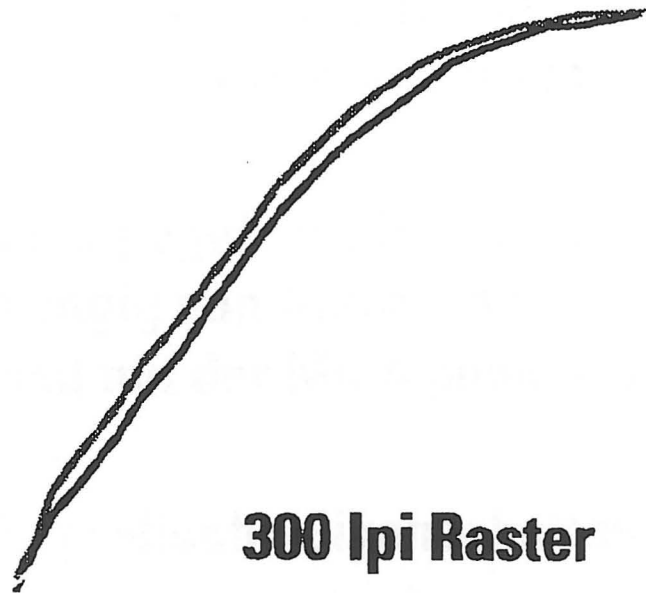
Farbdichtekurven - mit Genehmigung von J. Van Hunsel, Agfa

**AGFA** 

# 20 % höhere Farbdichte

Auswirkung der Mikropunktgröße

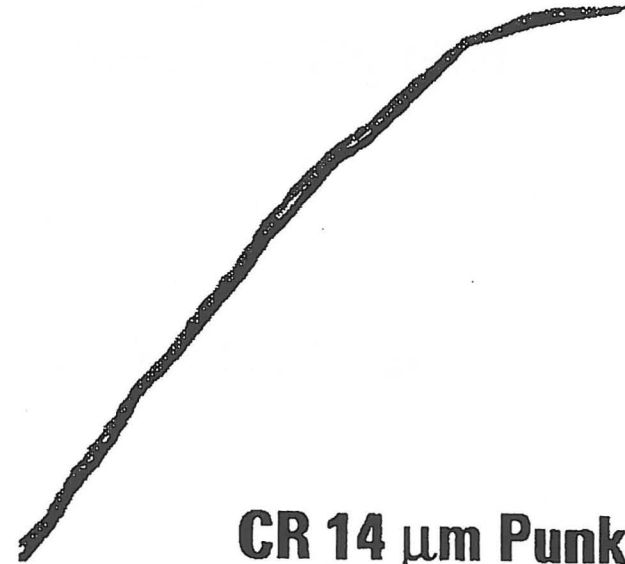
Druck



300 lpi Raster

Tonwert auf dem Film

Druck



CR 14 µm Punkte

Tonwert auf dem Film

Farbdichtekurven - mit Genehmigung von J. Van Hunsel, Agfa

**AGFA** 



# Zusammenfassung

## CristalRaster und verwandte FM-Rastertechniken

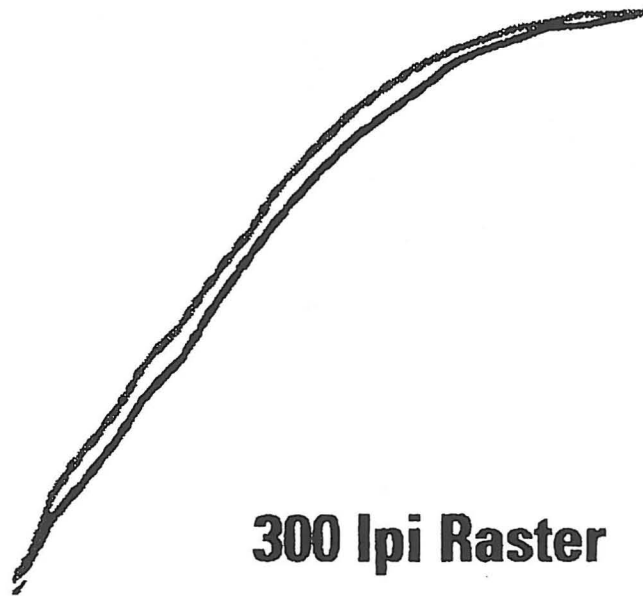
- **Fotomechanische Wiedergabe**  
erfordert kontrollierte Belichtungsbedingungen  
mehr Belichtungsspielraum bei größeren Mikropunktgrößen
- **Rauschpegel im Offsetdruck**  
abhängig von Algorithmus und Systemrauschen  
nimmt mit der Mikropunktgröße ab - am besten bei 14  $\mu\text{m}$
- **Lithografische Eigenschaften**  
keine Farbverschiebung, weniger Punktzuwachs, höhere Farbdichte  
»Farbdichte-Effekt« punktgrößenabhängig - am besten bei 14  $\mu\text{m}$

# 20 % höhere Farbdichte

## Auswirkung der Mikropunktgröße

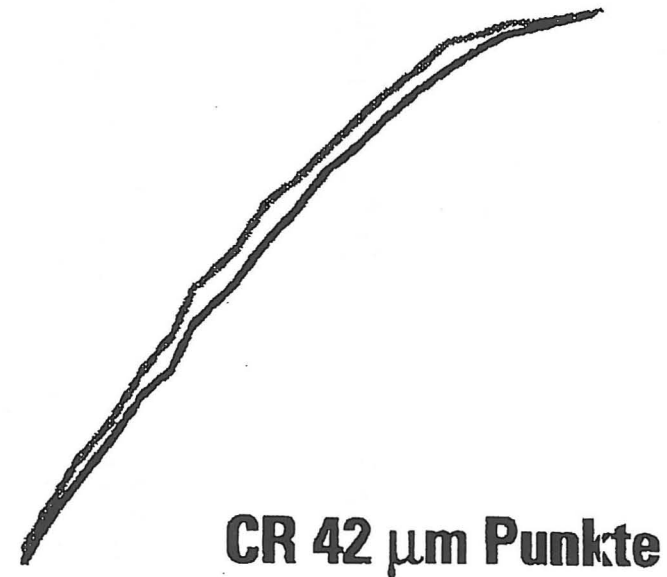


Druck



Tonwert auf dem Film

Druck



Tonwert auf dem Film

Farbdichtekurven - mit Genehmigung von J. Van Hunsel, Agfa

**AGFA** 

**JAHRESTAGUNG ' 93**

**DRUCKEN MORGEN-  
MÖGLICHKEITEN DER  
QUALITÄTSSTEIGERUNG**

**15. OKTOBER 1993**

**PARKHOTEL KRONE**

**6140 BENSHEIM-AUERBACH**

**Einfluß der Rasterung auf die Farbqualität**

**Dr.-Ing. Arved Carl Hübler**

**Mohndruck, Gütersloh**

Arved Carl Hübler\*:

## Einfluß der Rasterung auf die Farbqualität

Aus Sicht einer großen Offsetdruckerei ist das Motto der VDD-Tagung

"Drucken morgen — Möglichkeiten der Qualitätssteigerung"

schnell und einfach pointierbar: Drucken morgen? Ja natürlich, so viel wie möglich. — Möglichkeiten der Qualitätssteigerung? Immer suchen, aber auf die Wirtschaftlichkeit achten!

Die folgende Betrachtung über Rasterung und Farbqualität soll vor diesem Hintergrund von zwei Fragestellungen eingerahmt werden.

- Märkte und Nischen: Welche Qualität wird gefordert?
- Drucken morgen: Industrielle Fertigung oder Handwerkskunst?

Durch diese Fragen wird das Umfeld gekennzeichnet, in dem sich neue Bildtechnologien bewähren müssen oder wo vielleicht auch neue Technologien gefordert werden. Denn was für einen Technologieanbieter auch noch als reiner Marketingerfolg interessant sein kann, muß für den Anwender, etwa ein Druckereiunternehmen, eine tragfähige wirtschaftliche Perspektive bieten.

Gerade in der Technologieentwicklung der Zufallsraster waren Marketingaspekte sehr einflußreich. 1983, vor genau zehn Jahren, ging die Entwicklung der "frequenzmodulierten Rasterung" von G. Fischer und K. Scheuter an der TH Darmstadt mit großer Beachtung durch die Fachpresse [1]. Die damals von vielen Fachleuten entworfene Zukunft des Offsetdrucks ließ Bilderdruck mit Fotoqualität erwarten. Ab etwa 1986 waren die technischen Voraussetzungen zur praktischen Umsetzung gegeben, eine Einführung durch die Firma Hell, die an der Entwicklung beteiligt war, unterblieb jedoch. Erst als die Anfang der neunziger Jahre von D. Maetz betriebene Renaissance des Zufallsrasters von Agfa mit dem Vertrieb des "CristalRasters" aufgenommen wurde, brachte auch Linotype-Hell das Zufallsraster "Diamond Screening" auf den Markt.

\* Dr.-Ing. Arved Carl Hübler  
Leiter Referat Drucktechnologie



Die Basistechnologie "Zufallsraster" mit ihren Vorteilen und Problemen hat sich seit damals nicht entscheidend geändert. Aber 1986 hatte lediglich Hell das EBV-Potential zur Umsetzung, während heute dank Workstation und PostScript "jeder" ein Raster programmieren und verwenden kann.

## **Märkte und Nischen: Welche Qualität wird gefordert?**

Bevor man die Qualitätsaspekte einer neuen Technologie diskutieren will, sollte man sich über den zugrundegelegten Qualitätsbegriff im klaren sein. Denn in der Praxis wird Qualität immer von dem Kunden (einer Druckerei) relativ zu seinen speziellen Absichten definiert, einen absoluten Qualitätsmaßstab wird man kaum finden.

Die Liste der Qualitätsparameter, die bei einem farbigen Halbtonbild in der Regel bewertbar sind, ist in der Praxis nicht normiert, auch wenn es in der Forschung Ansätze gibt [2]. Und für die wenigsten Qualitätskriterien gibt es objektive und vollständige Meßverfahren.

Häufige Begriffe, über die sich die Druckerei mit ihrem Kunden im Zusammenhang mit der erreichten Bildqualität unterhalten muß und die auch mit den Rastereigenschaften zusammenhängen, sind:

Bildtiefe, Brillanz, Detailschärfe, Farbtreue, Gradation, Helligkeit, Kontrast, Tonwertumfang, Tönung, Wolkigkeit glatter Flächen, Überlagerung bildfremder Strukturen (Moirè) u.a.

In diesen Punkten muß nicht immer nur ein vorgelegtes Original erreicht werden, manchmal gilt es, dieses auch noch zu übertreffen.

Je nach Absicht des Kunden und dem jeweils gedruckten Sujet fallen die einzelnen Kriterien unterschiedlich stark ins Gewicht. Allgemein hat die aktuell im Offsetdruck eingesetzte autotypische Rastertechnologie ein Qualitätsniveau erreicht, welches als Kompromiß zwischen den vielen Kundenwünschen anzusehen ist und einen großen Bereich der täglichen Anforderungen abdeckt.

Ein weiteres, nicht weniger wichtiges Kriterium ist die Wiederholbarkeit der Qualität. Druckerei und Kunde müssen sich sicher sein, daß im Normalfall ein vorhersehbares Qualitätsniveau erreicht wird. Kosten- und zeitaufwendiges Probieren, um die angestrebte Qualität zu erreichen, ist keine Arbeitsgrundlage.

Natürlich gibt es Nischen mit abweichenden Qualitätsansprüchen. Wenn z.B. ein Feinraster eingesetzt wird, um die Detailschärfe auf Kosten des Tonwertumfangs zu steigern. Wenn jede Fadenfärbung eines Textilmusters direkt in eine Sonderfarbe umgesetzt wird und deshalb mit 18 Farbauszügen gedruckt wird. Wenn wegen höchster Ansprüche an die Detailschärfe auf die rasterlose Collopytie (Lichtdruck) zurückgegriffen wird.



Auf dem breiten Massenmarkt farbiger Druckprodukte, bei dem die Produktionskosten auch wesentlich stärker im Vordergrund stehen als bei Spezialproduktionen, hat die Vergangenheit gezeigt, daß sich eine Technologie mit einem einseitigen Qualitätsvorteil selten durchsetzen kann, wenn dies zu Lasten anderer Qualitätskriterien geht. Neue Technologien müssen das schon eingeführte Qualitätsniveau in der ganzen Breite erreichen und darüberhinaus in einzelnen Feldern Verbesserungen bieten, um sich im Standardmarkt etablieren zu können.

Ohne weitere Diskussion kann man schon an dieser Stelle feststellen, daß die Zufallsraster zumindest eine Technologienische besetzen werden: All jene Anwendungen, bei denen Moirè-Erscheinungen das zentrale Qualitäts-k.o. sind. Wie weit sie in der heutigen Form das Standardraster der Zukunft sein werden, ist dagegen noch offen.

## **Der Einfluß der Rasterung auf die Farbqualität**

Die oben aufgeführte, unvollständige Liste von Qualitätskriterien im Detail zu diskutieren, ist in diesem Rahmen nicht möglich. Deshalb soll hier nur ein Aspekt, die Farbqualität, herausgegriffen und näher betrachtet werden.

Rasterung ist ein Verfahren der Farbmischung, mit dem an einer Bildstelle eine gewünschte Einfärbung aus den verwendeten Grundfarben erzeugt werden soll. Aufgrund der Besonderheit des Offsetverfahrens, die Schichtdicke der aufgetragenen Druckfarbe konstant zu halten, werden die jeweiligen Anteile der Farbkomponenten über deren Flächendeckung moduliert. Diese autotypische Farbmischung findet man in allen Offsetbildern unabhängig von den verwendeten Rastern.

Die grundsätzliche Frage, welche Farben im Druck überhaupt abgebildet werden können, hängt weniger von dem Rasterverfahren als von den eingesetzten Druckfarben ab. Die Buntfarben der Europaskala erzeugen einen Farbraum, der die am meisten vorkommenden Farben einschließt. Erweiterungen dieses Farbraumes sind nur durch die Verwendung zusätzlicher Druckfarben, etwa mit dem Siebenfarbendruck, möglich. Leichte Verbesserungen des Farbraumes sind durch UCR (Under Colour Removal; ersetzen von Buntschwarzanteilen durch Echtschwarz) zu erzielen, dies jedoch auch unabhängig von der Rasterung.

Die Steuerung der Farbmischung allein über die Flächendeckung hat zur Folge, daß die optische Dichte eine quadratische Funktion der Rasterpunktdurchmesser ist. Damit wirken sich kleine Änderungen der Rasterpunktgrößen vor allem in tiefen Tönen stark auf den Farbeindruck aus. Auch dieser Effekt ist ein generelles Problem des Offsetdruckes, welches unabhängig von der verwendeten Rasterung zu Qualitätsnachteilen z.B. gegenüber dem schichtdickenvariablen Tiefdruck führt [3].

Der Einfluß der Rasterung auf die Einfärbung des Bildes ergibt sich einmal durch periodische Struktur, die dem Bildinhalt überlagert wird. Bei den üblichen amplitudenmodulierten Rastern mit einer Weite von 60 Linien/cm liegt diese Struktur bei normalen Betrachtungssituationen unter der Auflösungsgrenze des Auges. Durch eine passende Winkelung der einzelnen Farbauszüge zueinander können auch die unvermeidlichen Moirèerscheinungen, die als Interferenz zwischen den Rastern der Farbauszüge entstehen ("Rosetten"), auf eine Größe in der Nähe der Auflösungsgrenze reduziert werden. Qualitätsprobleme mit störenden Interferenzmustern treten jedoch immer dann auf, wenn der Bildinhalt auch periodische Strukturen (z.B. Stoffmuster) enthält.

Daneben kann die Periodizität der Rasterung aber auch einen Einfluß auf die Farbmischung an einer Bildstelle haben. Durch Passerschwankungen im Druck, die entweder statistisch von Bogen zu Bogen oder als ein kontinuierlicher Drift auftreten können, ändern sich die Überdeckungsverhältnisse der Rasterpunkte. Die dadurch verursachten Farbverschiebungen sind in der Regel sehr klein, können jedoch bei ungünstigen Verhältnissen mit bis zu  $1,3 \Delta E$  auch sichtbare Effekte haben [4].

Bei Zufallsrastern sind Farbverschiebungen durch Passerschwankungen aufgrund der statistischen und feineren Verteilung der Rasterpunkte nicht wahrnehmbar.

Einen wesentlich größeren Einfluß auf die Farbqualität eines Rasterbildes hat der Lichtfangeffekt.

Dieser Effekt ist eine Folge des diskreten, also punkartigen Wesens der Rasterung und entsteht im Zusammenwirken mit den inneren Streueigenschaften des Bedruckstoffes. Papier verhält sich nämlich gegenüber auftreffendem Licht nicht wie ein Spiegel. Vielmehr wird ein je nach Papiersorte nicht unerheblicher Anteil des Lichtes im Inneren der Papierschicht horizontal gestreut und tritt dann an einer anderen Stelle aus dem Papier heraus. Die mittleren Weglängen des gestreuten Lichtes im Papier sind häufig in der Größenordnung der Rasterpunkte, so daß die autotypische Farbmischung nicht mehr den einfachen geometrischen Flächenverhältnissen der Rasterpunkte folgt.

In der Praxis ist die durch den Lichtfangeffekt verursachte Tonwertzunahme lange bekannt. Aufgrund weiterführender Untersuchungen können die Zusammenhänge inzwischen wesentlich detaillierter erklärt werden [5].

Das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchungen ist die Tatsache, daß der Lichtfangeffekt nicht nur die optische Dichte des Rasters ändert, sondern eine "eigene Farbe" hat, d.h. die spektrale Zusammensetzung der Farbmischung qualitativ beeinflußt. Für eine mathematische Ableitung sei auf [5] verwiesen, an dieser Stelle soll eine Plausibilitätserklärung genügen:

Yule und Nielsen erhalten in ihrer lange bekannten Betrachtung zum Lichtfangeffekt [6] während ihrer Ableitung eine Gleichung, in der sich die tatsächliche Lichtremission aus einem quadratischen Zusammenhang zwischen Vollton- und Papierremission ergibt. Sie behandeln die Remission als integrale

Größe. Setzt man hingegen eine Spektralfunktion für die Remission an, kann sich die quadratische Form der Gleichung in verschiedenen Spektralbereichen unterschiedlich auswirken. In einem Bereich mit dem Remissionsgrad "1" ergibt eine Quadrierung wieder "1", die Remission ist unverändert. In einem Spektralbereich mit dem Remissionsgrad "0,5" führt Quadrieren jedoch zu "0,25", die Spektralverteilung weicht hier deutlich ab.

In der detaillierten Betrachtung lassen sich die Verhältnisse letztlich in die folgende Form bringen

$$R = R_{\text{geo}} - v * R_{\text{farb}}$$

Die tatsächliche spektrale Remission eines Rasterbildes  $R$  entspricht demnach der geometrisch erwarteten Remission  $R_{\text{geo}}$  minus der "Farbveränderung des Lichtfangs"  $R_{\text{farb}}$ , die mit einem Wert  $v$ , der "Stärke des Lichtfangeffektes", gewichtet wird. Diese Gewichtung hängt vom Papier und der Geometrie des Rasters ab.

Es zeigte sich eine sehr gute Übereinstimmung dieser Theorie mit Messungen in gedruckten Rasterflächen. Mit diesen Ergebnissen lassen sich Farbabweichungen, die in der Druckpraxis bisher nicht eindeutig zuzuordnen waren und die in der Prozeßkette meist durch empirische Korrekturen berücksichtigt wurden, erklären.

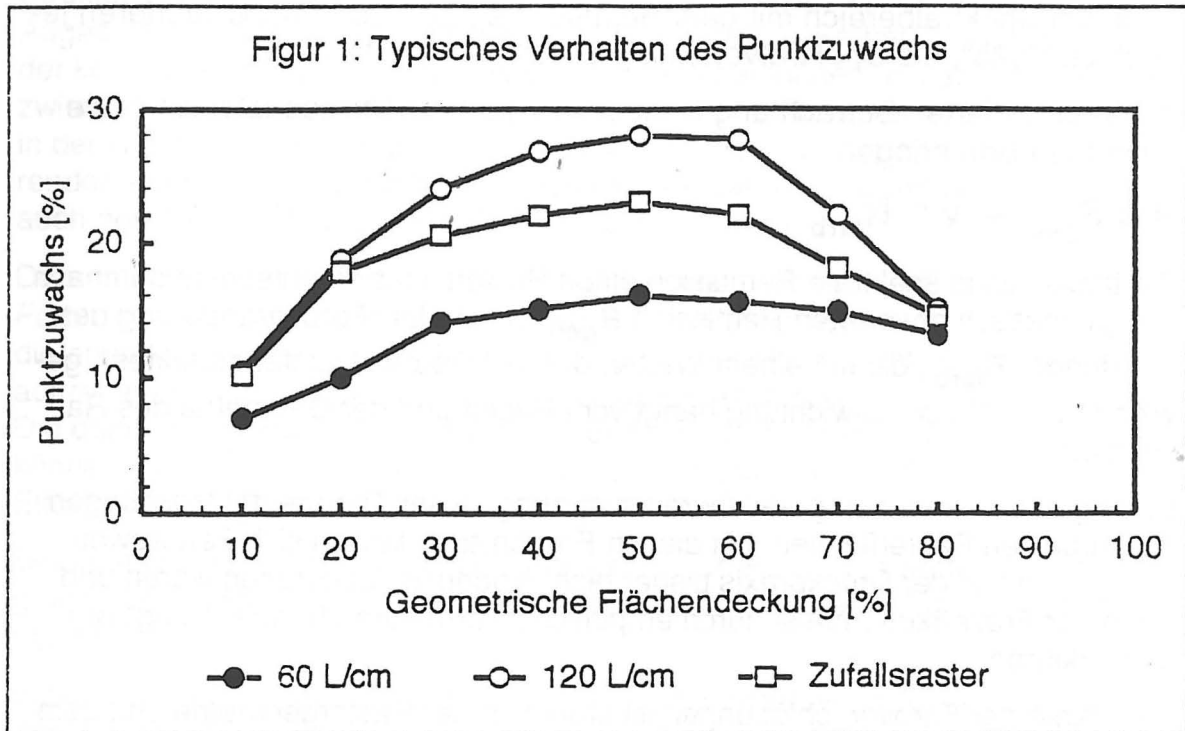
Die Stärke der Farbverschiebungen ist stark von der Rastergeometrie und dem Bedruckstoff abhängig, es können jedoch ohne weiteres Farbabweichungen von  $10 \Delta E$  auftreten. Sie wirkt sich jedoch immer als eine gleichgerichtete Abweichung von der erwarteten additiven Mischgeraden aus. Densitometrische Messungen, die diese spektrale Eigenschaft des Lichtfangeffektes nicht berücksichtigen, müssen in solchen Fällen systematisch ungenaue Werte liefern.

Da die Stärke des Lichtfangeffektes sehr durch die Geometrie beeinflusst wird, wirken sich hier die unterschiedlichen Rastertechnologien aus. Dabei ist schon lange bekannt, daß der Lichtfangeffekt bei Fein- und Zufallsrastern größere Auswirkungen hat [7]. Ursache dafür ist, daß die Stärke  $v$  des Lichtfangeffektes von der Summe der Umfangslängen aller Rasterpunkte einer betrachteten Fläche abhängt, da der Effekt an den Rändern der Rasterpunkte stattfindet.

Während die Rasterzelle in einem 60 L/cm-Raster von einem Rasterpunkt besetzt ist, wird dieselbe Fläche in einem 120 L/cm Raster durch vier kleinere Rasterpunkte belegt, die zusammen jedoch eine größere Umfangslänge haben. Auch wenn der Rasterpunkt in eine Wolke zufällig verteilter kleiner Punkte aufgelöst wird (Zufallsraster), ergibt sich damit ein erhöhter Gesamtumfang.

In Figur 1. sind typische Tonwertzunahmen gezeigt. Der Verlauf bei kleinen Flächendeckungswerten ist typisch. Das 120 L/cm Feinraster und das Zufallsraster unterscheiden sich dort kaum in Größe und Anzahl der Rasterpunkte. Bei höheren Flächendeckungsgraden beginnen bei dem Zufallsraster die Punktwolken z.T. zu verschmelzen, so daß der Außenumfang der bedruckten Fläche nicht mehr so stark steigt wie bei dem Feinraster. Der Punktzuwachs fällt hier gerin-

ger aus als bei dem Feinraster. Gegenüber dem normalen 60er Raster ergibt sich eine deutliche Tonwertzunahme. Bei aktuellen Versuchen zeigte sich, daß der Punktzuwachs im Mitteltonbereich bei verschiedenen Zufallsrastern noch höher liegen kann.



Die durch den Lichtfangeffekt erzeugten Farbschwankungen werden heute bei normalen 60er Rastern durch auf Messungen an Testdrucken beruhende empirische Korrekturen während der Berechnung der Farbauszüge berücksichtigt. Der Anwender kann die "Stärke" des Lichtfangs dann durch individuelle Kompensation der Tonwertzunahme berücksichtigen.

Bei Fein- und Zufallsrastern muß nun nicht nur die wesentlich höhere Tonwertzunahme durch den Anwender berücksichtigt werden. Die "Farbe" des Lichtfangeffektes erfordert darüber hinaus eine Anpassung der empirischen Korrekturen für die Berechnung der Rasterung.

Unabhängig von diesen aus der Rasterung selbst folgenden Farbänderungen müssen natürlich noch Einfüße aus den verschiedenen Prozeßstufen der Druckherstellung, z.B. durch die Plattenkopie, berücksichtigt werden, die zu zusätzlichen Tonwertzunahmen führen können.

### Drucken morgen: Industrielle Fertigung oder Handwerkskunst?

Wie eingangs geschildert, kann der Einsatz von Zufallsrastern für gezielte Anwendungen zur Reduzierung von Moirèproblemen sinnvoll sein. Dabei ist aber

anzumerken, daß trotzdem auch in Drucken mit Zufallsrastern Moirèmuster auftreten können, die durch Interferenzen zwischen dem Abtaster des Scanners und Bildstrukturen entstehen.

Ob Probleme bei anderen Qualitätsparametern wie z.B. die beobachtete Wolkigkeit und Unruhe in glatten Farbflächen mit der Zufallsrasterung kritisch werden kann, soll hier nicht bewertet werden.

Das zentrale Qualitätsproblem durch Zufalls- und Feinraster ergibt sich für die Standardproduktion aus der wesentlich größeren Prozeßunbestimmtheit. Die von den Bedingungen eines 60er Rasters abweichenden Farbverschiebungen und Tonwertzunahmen durch den Lichtfangeffekt, die wesentlich stärker wirkenden Fehlereinflüsse in der Druckplattenherstellung sowie die erhöhten Anforderungen an den Druck lassen nach heutigem Stand keinen standardisierten Produktionsablauf zu.

Es sind folgende Probleme erkennbar:

- Es wird eine eigene Standardisierung für Zufallsraster nötig.
- Gemischte Druckformen mit konventionell gerasterten Bildern und solchen mit Zufallsraster sind sehr schwer zu handhaben.
- Bis zu welcher Stelle im Vorstufenablauf kann die Rasterart noch frei disponiert werden.
- Wie verhalten Colormanagement -Systeme die Ausgabe unterschiedlicher Raster z.B. beim verbindlichen Proof.

Zusammenfassend ist auch bei der weiteren Entwicklung auf dem Gebiet neuer Rastertechnologien kein Potential zur Vereinfachung des Offset-Produktionsprozesses zu erkennen.

Die singulären Qualitätsvorteile der neuen Rastertechnologien stehen damit gegen den starken Trend, bei Standarddrucken durch eine erweiterte Kontrolle der Prozeßeinflüsse und sichere Automatisierung den Handhabung Produktivitätssteigerungen anzustreben.

Die mit den Zufallsrastern eröffnete zusätzliche unternehmerische Option, sich durch diese Technik auf einem abgegrenzten Markt zu profilieren, entläßt die Systemanbieter vom Vorstufenlieferanten bis zum Druckmaschinenhersteller nicht aus der Verantwortung, die Prozeßintegration und -automatisierung sowie die Qualitätssicherheit für die Standardproduktion energisch voranzutreiben. Hier sind auch die Potentiale bei der konventionellen Rasterung mit 60 L/cm sicher noch nicht ausgeschöpft, wie die zitierten Untersuchungen gezeigt haben.

Es ist zu erwarten, daß die hochintegrierten elektronischen Druckverfahren in diesen Punkten zukünftig vermehrt Maßstäbe setzen können, auch wenn die reine Bildqualität zunächst noch hinter dem im Offset Erreichbaren zurückbleiben wird.

Bleibt noch anzumerken, daß auch für die Zufallsrastertechnologie noch Entwicklungsperspektiven denkbar sind. Denn wenn schon jedes "Pünktchen" einer Rasterwolke aufwendig berechnet werden muß, um unerwünschte Folgen des "Computerzufalls" zu korrigieren, dann sollte vielleicht auch über eine inhaltsskorrelierte Komponente der Bildzerlegung nachgedacht werden: Wo das Bild aus regelmäßigen Strukturen besteht, wird eher zufällig gerastert, wo sich glatte Flächen zeigen, ist das Raster regelmäßig.

### Literaturverzeichnis

- [1] z.B. K. Scheuter, G. Fischer: "Frequenzmodulierter Bildaufbau im Offsetdruck"; Jubiläumsschrift der FGD Frankfurt 1983. Gesamtdarstellung: Fischer: "Der frequenzmodulierte Bildaufbau – ein Beitrag zum Optimieren der Druckqualität"; Dissertation TH Darmstadt 1986
- [2] z.B. M. Matthes: "Ermittlung des Zusammenhangs zwischen subjektiver Güte und den physikalischen Eigenschaften des gedruckten farbigen Bildes"; Dissertation TU Dresden 1977
- [3] vgl. a. G. Haefeker: "Nur der Tiefdruck kann fotografieähnliche Bildwirkungen erzielen"; Der Polygraph 14/1987, S. 1370
- [4] Übersicht in A.C. Hübler, G. Kempe, H. Rech: "Farbschwankungen durch Lichtfangeffekt im Mehrfarbendruck"; Offsetpraxis 10/1991, S. 42
- [5] A.C. Hübler: "Zur Struktur der Strahlungsprozesse in autotypisch gerasterten Druckbildern"; Verlag für Wissenschaft und Forschung Berlin, 1993
- [6] J. Yule, W. Nielsen: "The Penetration of Light into Paper and its Effect on Halftone Reproduction"; TAGA Proceedings 1951, S. 65
- [7] z.B. J. Silver, S. Hazra, A. Hosley: "Comparison of Random Dot and Conventional Halftone Printing Processes with Respect to Color Reproduction"; TAGA Proceedings 1981, S. 174