

# Grauwertbilder richtig drucken

*Schriften werden am Laserdrucker auch bei 300 dpi zufriedenstellend wiedergegeben. Dagegen werden Bilder mit verschiedenen Grauwerten weit weniger gut als in Tageszeitungen wiedergegeben. Wir sind der Sache nachgegangen.*

Franz Fiala, Werner Krause, Helfried Kurzmann

## Druckerauflösung dpi

Ein Laserdrucker kann als feinstes Ausgabeelement einen einzelnen Punkt in der vorgegebenen Druckerauflösung von 300, 600 oder mehr dpi (dots per inch) ausgeben. Dieser Punkt kann nur schwarz oder weiß sein.

Für die Darstellung von Schriften genügen 300 dpi, für höhere Ansprüche sind 600 dpi zu raten. Noch höhere Auflösungen bringen bei Schriften keine sichtbare Verbesserung, speziell nicht auf dem Papier der üblichen Qualität, da die Rauigkeit des Papiers so manche Feinheit des Drucks unterdrückt.

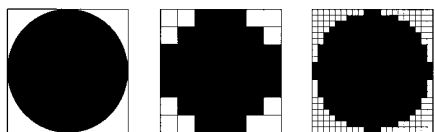
Anders ist es bei der Darstellung von Bildern. Kaum jemand, der mit der Darstellung von Zeichnungen oder Grauwertbildern auf einem 300 dpi-Drucker wirklich zufrieden wäre. Bei Strichzeichnungen stört die deutliche Treppe schräger Linien, bei Grauwertbildern die grobe Körnung oder mangelhafte Grauverläufe; die Graustufen verlaufen in deutlichen Zonen.

## Grauwerte mit Laserdrucker

Für die Wiedergabe von Grauwerten (Halbtönen) verwendet man die Technik des Rasterns. Man druckt mehr oder weniger große Punkte, die das Auge bei ausreichendem Abstand nicht mehr als einzelne Punkte zu trennen vermag. Der Raster (=Punktabstand) ist immer derselbe. Der Grauwert ergibt sich durch die Größe des Punktes.

Diese Halbtonepunkte haben die Aufgabe, das Auge zu täuschen und Grauwerte zu suggerieren. Genaugenommen haben auch Fotografien keine wahren Grauwerte, sind sie doch durch die Körnung des Bildmaterials vorgegeben (also auch Punkte, wenn auch viel kleiner und nicht in einheitlicher Größe und unregelmäßig angeordnet).

Ideale Halbtonepunkte sind rund. Halbtonepunkte am Laserdrucker sind je nach Auflösung mehr oder weniger gezackt. Halbtonepunkte können auch andere Formen, sogar Linienform annehmen, um bestimmte Effekte zu erzielen. Im folgenden Bild kann man einen idealen Halbtonepunkt im Vergleich mit einem grob gestuften (49 Halbtöne) und einem besser abgestuften Laser-Halbtonepunkt (441 Halbtöne) sehen.



Was kann man variieren?

- Druckerauflösung
- Rasterabstand
- Anzahl der Graustufen
- Art der Rasterung (Form der Punkte, Rasterwinkel)

Aber nicht alles unabhängig voneinander. Die meisten einfachen Druckertreiber erlauben keine Rastervariation. Aber der PostScript-Druckertreiber von Windows und einige andere Spezialisten können's.

## Wer rastert?

Nur Fotografien sind ungerasterte Bilder (sieht man von der Körnung des Films ab). Alle gedruckten Bilder (auch wenn der Raster kaum mehr erkennbar ist, weil er so groß ist) sind gerastert, die Helligkeit einer Fläche wird durch die Größe der Rasterpunkte eingestellt.

Bildschirmbildern haben zwar eine begrenzte Auflösung (z.B. 640x480) die Intensität eines jeden Punktes wird aber nicht durch dessen Größe, sondern durch dessen Leuchtkraft eingestellt. Ebenso erzeugen Scanner (und andere Bildquellen) elektronische Bilder mit einer bestimmten Auflösung. Diese Auflösung hat nichts mit dem Raster der späteren Wiedergabe im Druck zu tun, steht mit diesem in einem Konkurrenz-

verhältnis, wie man am Problem der Moiré-Störung (weiter hinten) sieht.

Aber auch der Scanner kann bereits ein gerastertes Bild entwerfen. Aber Achtung: dieses gerasterte Bild kann nicht mehr in Grauwerte zurückverwandelt werden. Es eignet sich nur für die vorgesehene Größe für das vorgesehene Ausgabemedium. Von den Scannerherstellern wird daher geraten, das Bild erst in einer möglichst weit hinten in der Verarbeitungskette stehendes Programm rastern zu lassen. Damit bleiben Bearbeitungsmöglichkeiten, Verkleinerungen (und in gewissen Grenzen auch Vergrößerungen) möglich.

Das Bildausgabeprogramm (z.B. Photostyler) kann rastern oder der Druckertreiber kann es (Postscript), wobei der Rastervorgang bei einfachen Druckertreibern mehr oder weniger fix mit der Druckerauflösung gekoppelt ist, bei professionellen Druckertreibern aber Rasterfrequenz (Punktabstand) und Rasterwinkel (am häufigsten 45°) einstellbar sind.

## Rasterdichte, Raster lpi, L/cm

Die Halbtonepunkte werden in einem regelmäßigen Raster gesetzt, das entweder Zentimeter oder das Zoll als Bezugsgröße angibt. „Halftone frequency“ oder Raster wird es genannt. Ein 60er Raster bedeutet, daß 60 Rasterpunkte pro Zentimeter (60L/cm) ausgegeben werden und das ist gleichbedeutend mit 152 Rasterpunkten pro Zoll (152lpi).

$$\text{lpi} = \text{L/cm} * 2.54$$

Natürgemäß kann ein Drucker mit höherer Auflösung bessere Halbtonepunkte ausgeben. Vergleichen Sie einmal mit einer Lupe die Rasterpunkte der **PCNEWS edit** mit jenen von PC-Austria oder dem WCM (Achtung: man muß zwischen redaktionell gesetzten Bildern und Werbung unterscheiden, da die Werbeseiten im allgemeinen in getrennten Verfahren hergestellt werden). Am besten schaut man sich graue Flächen an. In der vorliegenden Ausgabe sind alle redaktionellen Seiten mit 95 lpi gerastert, die Autorensseiten mit 150 lpi.

Computer-Zeitschriften verwenden Raster zwischen 30 und 60 L/cm. Qualitätsdrucke gehen aber bis zu 120 L/cm (=300 lpi ACHTUNG nicht dpi).

Der Raster bestimmt den möglichen Betrachtungsabstand. Je dichter der Raster, desto näher kann der Betrachter an das Bild heran gehen. Ist der Betrachtungsabstand von vornherein groß, wie etwa bei Plakawänden, kann der Raster sehr grob gewählt werden.

Mit zunehmender Rasterdichte erhält man zwar mehr Punkte, daher kann man den Betrachtungsabstand verkleinern aber bei gleichbleibender Druckerauflösung (z.B. 600 dpi) sinkt die Anzahl der darstellbaren Grauwerte.

Umgekehrt ist eine kleinere Anzahl von Punkten nicht auch gleich schlechter zu bewerten, erhält man dadurch eine hohe Anzahl möglicher Grauwerte. Im Extremfall sieht man bei Grauverläufen abgestufte Zonen. Bilder wirken hart.

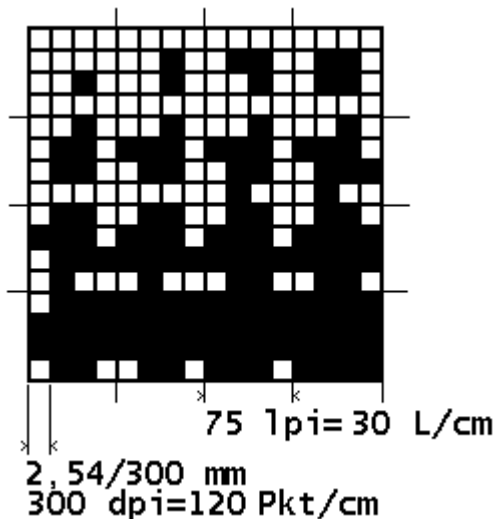
Schauen Sie einmal zum Vergleich eine Tageszeitung an. Der Raster ist häufig nicht besonders fein. Dafür ist aber die Grauwertdarstellung sehr gut.

## Druckerauflösung <-> Rasterdichte

Da die digitalen Halbtöne aus Druckerpunkten zusammengesetzt sein müssen, gibt es eine Grenze für die Anzahl der Punkte, die man mit einem gegebenen Drucker auf einer vorgegebenen Fläche eines Punktes setzen kann. Die Vorgabe eines Rasters, z.B. 60 L/cm, bedeutet bei einem gegebenen Drucker auch gleichzeitig eine Festlegung der möglichen Grauwerte.

## Beispiel 300 dpi-Drucker

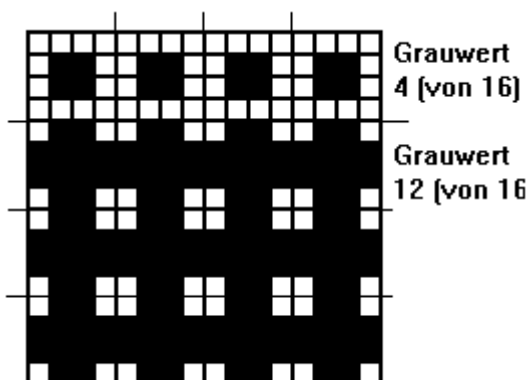
Druckerauflösung: 300 dpi, Raster 75 lpi. Auf einen Zoll kommen daher 75 Rasterpunkte (30 auf einen Zentimeter), auf einen Rasterpunkt entfallen 4 Druckerpunkte horizontal und vertikal. Auf dieser Punktfläche können also bis zu 16 Druckerpunkte, d.h. maximal 16 Grauwerte gesetzt werden.



16 Grauwerte bei 75 lpi eines 300 dpi-Druckers, Rasterwinkel 0°

Man sieht, daß die Rasterpunkte bei dieser groben Auflösung von 300 dpi nicht wirklich kreisförmig sind, zentrisch symmetrisch sind sie nur jeweils beim 4., 8., 12. und 16. Grauwert.

Flächen mit geringem Grauwert erscheinen als eine Folge schwarzer Punkte, Flächen mit hohem Grauwert erscheinen als eine Folge weißer Punkte, da das Auge eher die weißen Zwischenräume als Punkte erkennt, denn die großen schwarzen Flächen. Diesen Effekt kann man gut bei großflächigen Plakatwänden beobachten.



Raster erscheint bei hellen Grautönen als eine Folge schwarzer Punkte, bei dunklen Grautönen als eine Folge weißer Punkte.

## Form der Rasterpunkte

In dem Bildbereich, in dem ein Rasterpunkt zu liegen kommt kennt die Bilddatei üblicherweise die umliegenden Grauwerte viel genauer. Dabei hat man die Form des Rasterpunktes als einen Freiheitsgrad, den man nutzen kann. Die Standardform ist kreisförmig, es sind aber auch ellipsenförmige oder strichartige Rasterpunkte möglich, um besondere Effekte zu erzielen.

Die genaue Form der Rasterpunkte kann durch den Verlauf der ihn umgebenden Grauwerte des Bildes gesteuert werden, wie man am Beispiel der Paddler weiter hinten (10 lpi) gut sieht. Da die Rasterpunkte viel größer sind als die Bildauflösung, wird auch die Punktform durch die Rasterung beeinflusst („ordered dithering“).

Postscript (Level 1) unterstützt den Druck von maximal 256 Grauwerten. Wollte man mit einem 600 dpi-Drucker 256 Grauwerte wiedergeben,

müßte man den Raster auf 37 lpi (=15 L/cm) reduzieren, die Rasterpunkte wären für gewöhnlichen Betrachtungsabstand viel zu groß gesetzt.

## Anordnung der Rasterpunkte

Üblicherweise werden die Rasterpunkte regelmäßig gesetzt, wobei die 45°-Anordnung bei weitem überwiegt. Da in vielen Abbildungen horizontale und vertikale Strukturen vorkommen, werden 0°-Raster kaum angewendet. Jedes regelmäßig gesetzte Raster kann mit einem geometrisch geformten Bild in Konflikt kommen. Zufällig gesetzte Rasterpunkte („stochastic dithering“) vermeiden einerseits diesen Konflikt und verleihen dem Bild eine größere Natürlichkeit, auch bei größeren Rastern. Ein Beispiel für stochastisches Rastern ist der neue Stil des Visual-C++-Covers von Microsoft (Version 2.0)

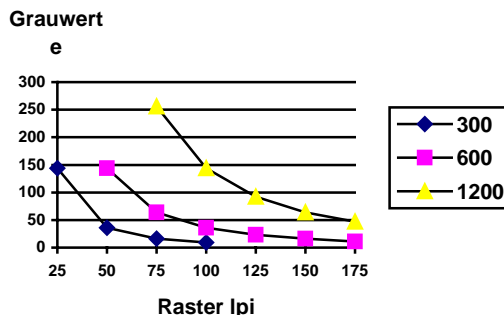
## Raster/Druckerauflösung

Zur Bestimmung der Anzahl der Graustufen verwendet man folgende Formel:

$$\text{Graustufen} = \frac{\text{dpiv} \times \text{dpih}}{\text{Raster}^2}$$

**Beispiel1:** Drucker mit 300 dpi (horizontal und vertikal) haben bei einem 100 lpi-Raster 9 Graustufen, man hat zwar ein fein gerastertes Bild, wird aber Grauverläufe in erkennbaren Schichtungen erkennen (Wie Zwiebelringe).

**Beispiel2:** Drucker mit 300 dpi (horizontal und vertikal) bei einem 30 lpi-Raster 100 Graustufen, also gute Bilddarstellung aber ein grobes Raster, das erst bei entsprechendem Augenabstand nicht mehr als solches sichtbar ist.



Zusammenhang zwischen Raster, Druckerauflösung und Grauwert

Man kann etwa davon ausgehen, daß man zumindest 50 Graustufen für ein akzeptables Aussehen von Grauwertbildern braucht. Daher sollte man den Raster bei 300 dpi-Druckern auf maximal 42 lpi einstellen und bei 600 dpi-Druckern auf maximal 92 lpi.

Da das Auge ein horizontal angeordnetes Raster besser als solches erkennt, wird das Raster nicht horizontal/vertikal angeordnet (Rasterwinkel 0), sondern in einem Winkel von 45°.

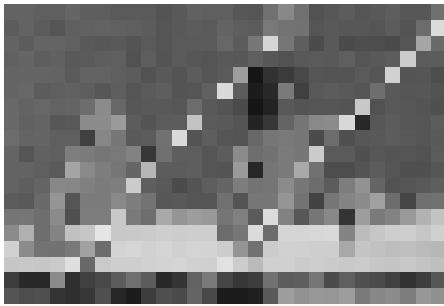
## Raster in Tageszeitungen

Der Raster bei Tageszeitungen ist keineswegs sehr groß. Die Bildqualität ist aber verglichen mit jener der PCNEWS *edit* aber sehr gut. Wieso? Die PCNEWS *edit* verwenden zur Erzeugung einer Rasterpunktes einen Laserdrucker mit 600 dpi, manchmal 1200 dpi. Dagegen verwenden Tageszeitungen Belichtungseinrichtungen mit einer sehr viel höheren Auflösung, z.B. 1000..3000 dpi, und daher werden die Rasterpunkte mit einer sehr guten Näherung rund und man kann sehr viel mehr Grauwerte darstellen.

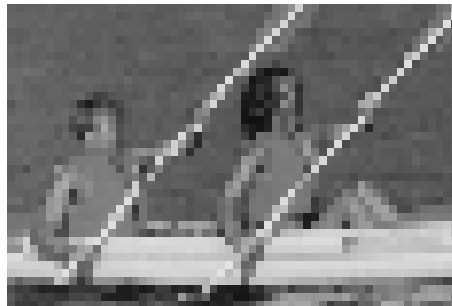
Bei fotografischen Spezialzeitschriften wird das Raster oft auf 100..300 lpi erhöht

### Scannerauflösung bei Grauwertbildern

Die Frage, wie groß die Auflösung des Scanners sein soll, kann folgende Bildfolge beantworten. Das Bild des Paddelbootes wurde mit jeweils doppelter Scannerauflösung als Grauwertbild beginnend bei 12 dpi gescannt. Die Bilder wurden in WinWord auf etwa dieselbe Darstellungsgröße wie das Original gebracht. Das Druckraster ist immer derselbe, d.h. immer etwa 40 L/cm = 100 lpi. Man sieht, daß zwischen 96 und 192 dpi keine wesentliche Verbesserung erzielbar ist und mit 384 dpi natürlich auch nicht. Für normalen Betrachtungsabstand und ohne nachträgliche Vergrößerung sind 150 dpi Scannerauflösung für Grauwertbilder ausreichend.



12 dpi



24 dpi



48 dpi



96 dpi



192 dpi



384 dpi

### Scannerauflösung bei Schwarz-Weiß-Bildern

Grauwertbilder können nicht als Strichgrafik gescannt werden. Tut man es doch, entsteht erst bei sehr hohen Scannerauflösungen ein Bild, das Grauwerte erahnen läßt.



24 dpi



48 dpi



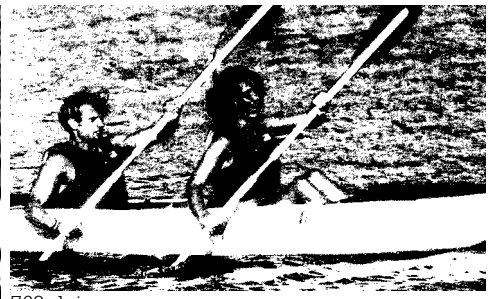
96 dpi



192 dpi



384 dpi



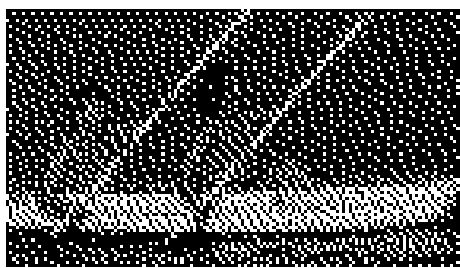
768 dpi

## Scannerauflösung bei Rasterbildern

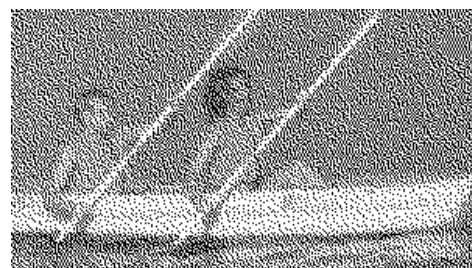
Man kann auch den Scanner beauftragen, das Bild zu rastern. Der hier verwendete HP-Scanner verwendet ein Diffusionsverfahren, das die Punkte unregelmäßig setzt.



24 dpi



48 dpi



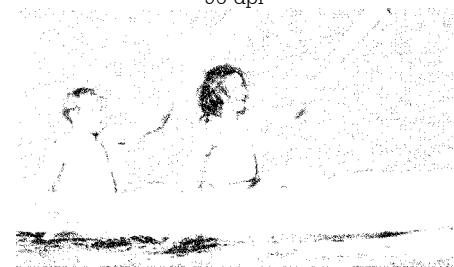
96 dpi



192 dpi



384 dpi



768 dpi

### Druckraster (nächste Seite)

Wir verwenden das letzte Bild der obigen Folge (384 dpi Scannerauflösung bei Grauwertbildern) und drucken es mit verschiedenem Druckerraster mit jeweils 45° Rasterwinkel bei 1200 dpi aus. (Diese Bilder können jetzt nicht mehr mit den oberen Bildern in einem Druckvorgang gedruckt werden, daher sind diese Bilder eingeklebt.) Gedruckt wird mit jeweils verdoppeltem Raster beginnend bei 10 lpi. Trotz der riesig anmutenden Punkte des 10 lpi-Rasters kann man bei vergrößertem Betrachtungsabstand ab etwa 1 m die beiden Paddler wieder erkennen.

Bei hohen Rasterwerten wird die Bildauflösung zwar immer feiner, man sieht die Rasterpunkte kaum noch, dafür wird das Bild immer mehr zu einer Schwarz/Weiß-Zeichnung. Außerdem kann man den Effekt beobachten, daß das Bild viel zu dunkel erscheint, daher muß man die Bilder bei hohen Rasterwerten vor dem Druck aufhellen.

Für das Bild mit 320 lpi wurde eine Aufhellung mit 60% eingestellt. Die Paddler sind wieder sichtbar, allerdings fehlen die Grauwerte, daher erscheint das Bild hart.

### Empfehlung

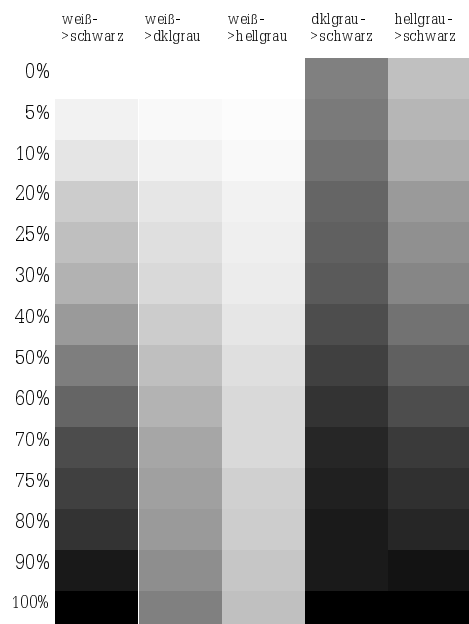
Drucker- auflösung	Raster	Grauwerte	Bemerkung
1200 dpi	80..100 lpi	150..200	Optimal
600 dpi	50..60 lpi	100..150	etwas größerer Eindruck
300 dpi	40..50 lpi	50..60	grobes Raster

### Vergleich verschiedener Druckerraster

Ein Druckwerk, das mit einem einzigen Programm gefertigt wird, weist einen einheitlichen Druckerraster auf. Filme auf Werbeflächen stammen oft aus einer anderen Fertigung, können daher auch einen abweichenden Raster haben. Die **PCNEWS** werden mit 600 dpi gedruckt, der Raster beträgt 40 L/cm (=100 lpi), der Rasterwinkel ist 40°, das ergibt 36 Graustufen. Nicht optimal, wie man der vorigen Tabelle entnehmen kann. In WinWord können viele verschiedene Grauwerte eingestellt werden. Wie die Abbildung an einem Drucker erfolgt, können Sie der umseitigen Abbildung (**PCNEWS**-Standard-Ausgabequalität) und den Abbildungen der nächsten Seite (PostScript-Ausgabe mit jeweils verändertem Raster) entnehmen.

### PCNEWS-Standard-Druckertreiber: 600 dpi, 95 lpi, 45°

Die Angaben im Kopf der folgenden Tabelle beziehen sich auf die jeweils eingestellte Vordergrund/Hintergrundfarbe, die Prozentzahl ist der jeweilige Anteil der Hintergrundfarbe.



**Druckerraster bei PostScript-Druckertreibern**

1200 dpi, 10 lpi, 45°

1200 dpi, 20 lpi, 45°

1200 dpi, 40 lpi, 45°

---

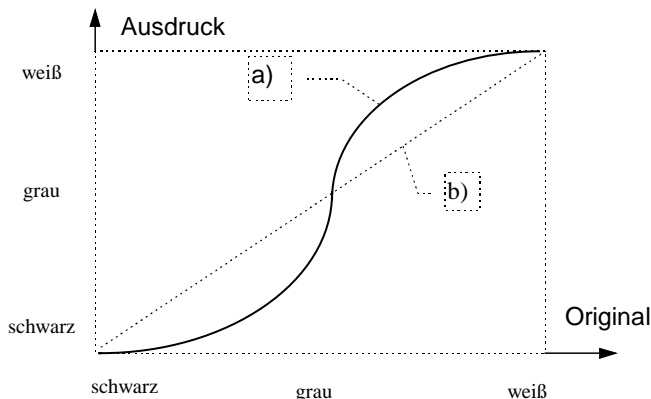
1200 dpi, 80 lpi, 45°

1200 dpi, 160 lpi, 45°

1200 dpi, 320 lpi, 45°

## Optimierung bildmäßiger Vorlagen (Fotos)

Die Scanner-Software läßt nicht nur die Möglichkeit zu, die Helligkeit zu variieren, sondern auch die Gradation (Steilheit des Übergangs der Zwischentöne von schwarz bis weiß) und deren Verlauf. Gerade für Abbildungen von Personen eignet sich eine versteilerte Gradation besser als eine lineare.



Das menschliche Auge erkennt Unregelmäßigkeiten auf dem Ausdruck am ehesten in gleichmäßigen Flächen von mittlerem bis dunklem Grau: Heikle Partien (Gesichter) kann man durch geeignete Wahl von Helligkeit und Gradation aus diesem Bereich heraushalten (*Achtung: Wirkung der Einstellungen ändern sich mit Wahl der Auflösung.*)

### Das Positionieren der Vorlage im Scanner

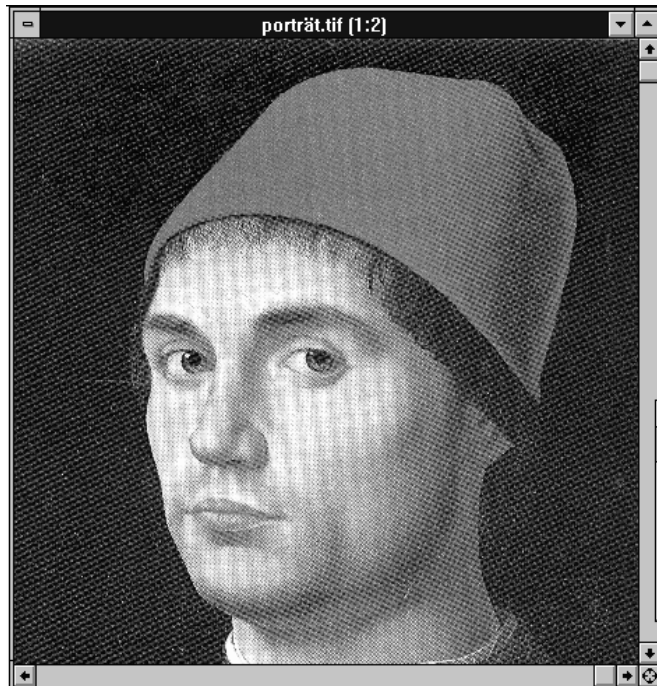
Vertikale Richtung der Vorlage, quer zur Fortbewegungsrichtung der Scaneinheit hat den Vorteil, daß eventuelle Unregelmäßigkeiten als vertikale Streifigkeit erscheinen, und das stört weniger als horizontale, unerwünschte Muster. (Ausdruck im „Landscape-Format“ oder Drehung um 90° im Photostyler.)

Obwohl vor allem bei Rasterbildern eine hohe Scannerauflösung wünschenswert ist, sei davor gewarnt, wenn schon die Vorlage einen Raster aufweist (Format der Vorlage nicht zu klein wählen). Es entstehen dann unansehnliche Muster oder grobe Strukturen, wie sie auch am Fernsehschirm bei einem Linienbüschel vorkommen (Moiré).

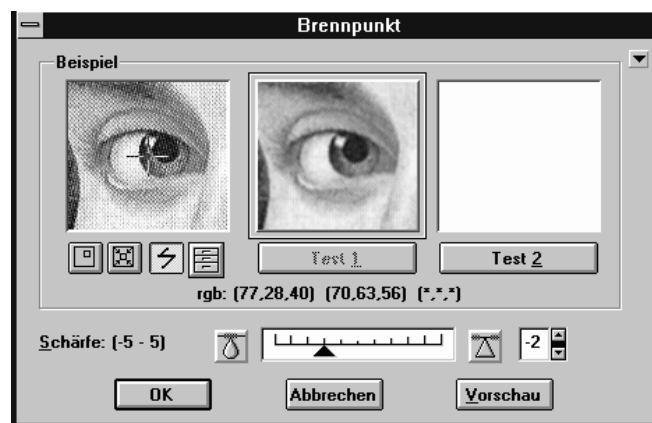
Es ist auch klar, daß die hohe Auflösung die Größe der Grafikdateien und deren Verarbeitungszeit (besonders im Postscript-Mode) erhöht, also: Timeout des Druckers auch „Maximum“ stellen, genügend Druckermemory bereitstellen und den virtuellen Speicher in Windows anpassen (und Kaffee kochen!), Generell wirken bildmäßige Darstellungen (Fotos) besser im Halbtönenverfahren (Grauwertbilder), ausgenommen Bilder mit viel Haut, bei denen die Körnigkeit der Wiedergabe des Rasterverfahrens den Eindruck der Rauigkeit der Hautoberfläche gut unterstreicht (Portrait); solche Ausdrücke lassen sich zum Unterschied von Halbtönenverarbeitungen auch gut mit dem Kopierer vervielfältigen. Wer die Unregelmäßigkeiten des Druckers kaschieren will, kann das ausgedruckte Bild mit Fixativ oder Mattlack (z.B. Marabu Art.Nr. 2303 12 000) besprühen.

### Entfernen von Moiré-Mustern

Um dem Problem der Moiré-Bildstörung zu begegnen, bieten viele Bildbearbeitungsprogramme spezielle Filter an, die den beschriebenen Effekt (**Abb. Moiré-Störung**) beseitigen oder zumindest abmildern. Photostyler 2.0 schafft Abhilfe unter dem Menüpunkt "Bild/Feineinstellung/Brennpunkt" bzw. unter "Effekte/Scharfzeichnen/Unschärfmaskieren", wo Moiré verwischt, aber Kanten nicht angetastet werden (**Abb. Brennpunkt**); ähnliche Wirkung erzielt auch Photoshop 3.0 mit "Störungen entfernen" (**Abb. Moiré entfernt**). □



Moiré-Störung



Brennpunkt



Moiré entfernt