

Grundlagen der Rasterungstechnologien in der Printproduktion

Ein Skript für den Berufsschulunterricht
des Berufes »Mediengestalter Digital und Print«

Grundlagen der Rasterungstechnologien in der Printproduktion

Dieses Skript soll Ihnen als Mediengestalter Digital und Print ein Verständnis der grundlegenden Techniken bei der Aufrasterung von Daten für die Druckausgabe ermöglichen. Die komplexen und abstrakten Vorgänge sind dabei zum besseren Verständnis auf wesentliche Aspekte reduziert. Somit erhebt das Skript keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit bezüglich der Darstellung des Themas.

1. Was ist ein Raster?

Der Begriff »Raster« beschreibt im Allgemeinen ein regelmäßiges System von sich kreuzenden Linien bzw. das dadurch gebildete System aus Linien und eingeschlossenen Flächen.

2. Raster in der Drucktechnik

In der Drucktechnik werden solche Rastersysteme benötigt, um sogenannte »Halbtöne« reproduzieren zu können.

Was aber sind Halbtöne? Fotografien zum Beispiel sind »Halbtöner«. Der Halbtönercharakter entsteht dadurch, dass die fotografische Technik stufenlos ineinander übergehende Helligkeitsabstufungen erzeugt. Diese feinen Abstufungen sind vom menschlichen Auge ohne optische Hilfsmittel nicht zu erkennen.

Mit den industriellen Druckverfahren können diese feinen Abstufungen nicht auf die gleiche Weise wiedergegeben werden, da diese (bis auf das tiefenvariable Tiefdruck-Verfahren) je Druckfarbe lediglich zwei Tonwerte darstellen können, nämlich bedruckte und unbedruckte Bildstellen.

Eine Druckmaschine kann an den einzelnen Bildstellen nicht »viel Farbe« oder »wenig Farbe« drucken, sondern lediglich »Farbe« oder »keine Farbe«, entsprechend einer bedruckten oder nicht bedruckten Stelle – wie bei einer »Strichzeichnung« (siehe Abb. 2.1). Wenn man Halbtönerabstufungen, also Zwischenwerte zwischen Schwarz und Weiß reproduzieren will, bedarf es daher einer Manipulation/Simulation der Tonwerte des Ausgangsbildes. Diese Manipulation besteht im sogenannten »Rastern«.

3. Wie wird gerastert?

Ein Halbtönerbild »aufzurastern« bedeutet, dass man – bildlich gesprochen – ein Rastersystem über das zu reproduzierende Druckbild legt, um die kontinuierlichen Tonwerte der Vorlage in druckbare Einzelelemente (»Rasterpunkte«) zu zerlegen.

Dies geschieht heute üblicherweise mittels digitaler Verfahren. Dabei entstehen die Rasterpunkte durch Computerberechnungen in einem so genannten »RIP«¹. Eine solche RIP-Software erzeugt die Daten für die einzelnen Rasterpunkte. Diese Daten werden an das Ausgabegerät (z. B. ein CtP-Druckplattenbelichter) weitergeleitet. Das Ausgabegerät setzt dann die Rasterpunkte mit einem Laserstrahl aus vielen kleinen Belichterpunkten, so genannten »spots«, zusammen.

Die genauen Abläufe bei der digital-elektronischen

Erzeugung von Rasterpunkten im RIP werden ab Kapitel 5 dieses Skriptes noch ausführlich beschrieben.



▲ Abb. 2.1: Beispiel einer Strichzeichnung (mit nur zwei Tonwerten)



Industrielle Druckverfahren (bis auf das tiefenvariable Tiefdruckverfahren) können lediglich zwei Tonwerte darstellen, nämlich »Farbe« oder »keine Farbe« bzw. »bedruckte Bildstelle« oder »unbedruckte Bildstelle«.

◀ RIP = Raster Image Processor (»Rasterrechner«)

4. Welche Merkmale hat ein Raster?

Je nach Druckbedingung und Qualitätsanspruch muss ein Raster variabel zu gestalten sein. Druckbedingungen für eine Tageszeitung (gedruckt im Zeitungsoffset) verlangen z. B. andere Eigenschaften als solche für Bilder in Büchern oder für hochwertige Kunstdrucke. Um jedem möglichen Einsatzzweck gerecht zu werden, kann ein Raster unterschiedliche Strukturen und Geometrien aufweisen. Diese Merkmale lassen sich in den folgenden vier Grundeigenschaften zusammenfassen:

- Die Rasterpunktform
- Die Rasterweite (Rasterfrequenz)
- Die Rasterwinkelung
- Die Rasterpunktverteilung (Modulation)

In den nachfolgenden Abschnitten werden Sie diese vier Grundeigenschaften nun näher kennen lernen.

4.1 Die Rasterpunktform

Das Druckraster jeder einzelnen Druckfarbe ist immer aus vielen nebeneinander liegenden Rasterelementen, den »Rasterpunkten«, aufgebaut (siehe Abb. 3.1). Diese müssen aber nicht zwangsläufig eine runde Form haben (auch wenn sie Raster»punkte« heißen). Vielmehr haben Sie je nach Anforderung und Einsatzbereich des Rasters ganz unterschiedliche Formen. Neben der runden Punktform werden häufig auch elliptische Punktformen verwendet.

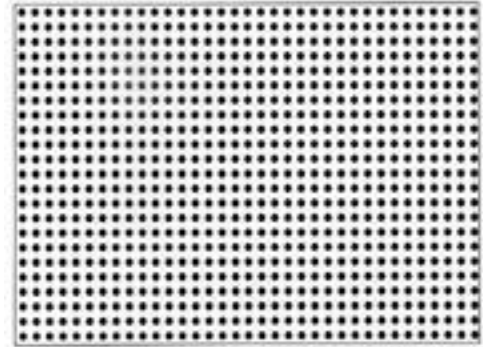
Desweiteren gibt es noch Linienraster und sogar völlig unregelmäßige geometrische Formen. Diese exotischen Varianten werden bei den industriellen Rasterungsverfahren aus technischen Gründen aber in der Regel nicht verwendet.

4.1.1 Die Problematik des Punktschlusses

Betrachtet man ein gerastertes Bild, dessen Rasterpunkte eine runde Form haben, so gibt es im Tonwertbereich um 50% (entsprechend einer Flächendeckung von 50%) oft einen recht ungleichmäßigen Tonwertverlauf (»Tonwertsprung«), da die Rasterpunkte dort ab einem bestimmten Wert an allen vier Seiten zugleich aneinander stoßen und sich somit optisch sichtbar miteinander verbinden. Dies nennt man »Punktschluss«.

Diesen unschönen Effekt kann man durch den Einsatz von elliptischen Rasterpunktformen vermeiden. Die elliptischen Punkte stoßen nämlich aufgrund ihrer etwas länglicheren Form und ihrer schiefen Lage zuerst nur mit ihren Enden aneinander (»erster Punktschluss«). Erst bei weiter ansteigenden Tonwerten stoßen dann, in einem zweiten Schritt, auch die Flanken der Punkte zusammen (»zweiter Punktschluss«). Man hat also insgesamt einen zweifachen Punktschluss. Im Druck wirkt sich der Einsatz der elliptischen Punkte sehr positiv aus und ergibt einen noch gleichmäßigeren Tonwertverlauf ohne sichtbare Sprünge in den Mitteltönen.

Bei der elektronischen Rasterung ist es zur Verbesserung der Tonwertverläufe heute sogar möglich, unterschiedliche Rasterpunktformen innerhalb eines Rasters (also innerhalb eines Farbauszuges) zu verwenden. So kann man z. B. speziell für die Mitteltönebereiche andere Punktformen einsetzen als für die Lichten oder die Tiefen. Die verschiedenen Punktformen werden dazu einfach in der RIP-Software als möglicher Rechenalgorithmus abgespeichert und können bei der Generierung der verschiedenen Tonwertstufen gezielt abgerufen werden.



▲ Abb. 3.1: Druckraster mit gleichgroßen punktförmigen Rasterelementen



▲ Abb. 3.2: verschiedene Rasterpunktformen:
obere Abb.: rund – quadratisch – rund
untere Abb.: elliptisch (»Kettenpunktraster«)
(Quelle: AGFA)

4.2 Die Rasterweite (Rasterfrequenz)

Als »Rasterweite« oder »Rasterfrequenz« wird die Anzahl der Rasterpunkte pro Längeneinheit bezeichnet. Die Angaben für Rasterweiten werden in der Einheit »Linien/cm« (L/cm) bzw. »lines per Inch« (lpi) gemacht. Mit diesen Angaben drückt man aus, wieviele Rasterpunkte nebeneinander auf einen cm bzw. auf einen Inch passen (der Ausdruck »Linien« bzw. »lines« geht von der Darstellung aus, dass die Punktreihen eines Rasters von oben nach unten als Linie aufgefasst werden).

Oft spricht man bei Druckrastern auch von z. B. einem »70er Raster«. Diese Maßangaben beziehen sich (im deutschsprachigen Raum) immer auf einen cm. Ein 70er Raster bedeutet also, dass bei dieser Rasterweite auf einem cm Länge 70 Rasterpunkte nebeneinander gedruckt werden können. Muss eine Rasterweite von cm in Inch umgerechnet werden, wird der Wert für »Linien/cm« einfach mit dem Faktor 2,54 multipliziert, da ein Inch = 2,54 cm lang ist. Ein 70er Raster entspricht demnach gerundet 178 lpi.

Je höher die Zahl für die Rasterweite ist, umso feiner ist das Raster. Und je feiner das Raster ist, umso detailreicher kann das gedruckte Bild sein. Welche Rasterweite für eine Reproduktion aber tatsächlich gewählt wird, hängt aber von den drucktechnischen Bedingungen ab. Vor allem das Druckverfahren, die eingesetzten Maschinen und die Eigenschaften der Bedruckstoffe (Geschlossenheit der Oberfläche) bestimmen, wie fein ein Raster sein darf.

Und auch wenn es heutzutage technisch kaum noch eine Rolle spielt: Theoretisch entscheidet auch die maximal mögliche Auflösung des Ausgabegerätes (z. B. des Offset-Plattenbelichters) über die maximal wählbare Rasterweite.

Folgende Rasterweiten sind in den einzelnen Druckverfahren üblich: Offsetdruck (gestrichenes Papier): 60–90 L/cm, Zeitungsdruck (Zeitungsoffset): 48–60 L/cm, Tiefdruck: 70 L/cm, Flexodruck: 40–60 L/cm, Siebdruck: 30–40 L/cm. ▶

Diese Angaben sind beispielhaft gewählte Standardwerte. Je nach gewünschter Qualität und den drucktechnischen Bedingungen werden auch höhere Rasterweiten gewählt. Für Feinstraster sind verfahrensabhängig sogar Werte von bis zu 120 L/cm möglich.

4.3 Die Rasterwinkelung

Beim Druck von gerasterten Bildern treten Probleme auf, die mit der menschlichen Wahrnehmung zusammenhängen. Diese Probleme machen sich beim Druck von nur einer Farbe (meistens Schwarz oder eine andere dunkle Farbe) und beim Mehrfarbendruck (in der Regel der »4C-Druck«, der Vierfarbendruck mit den Prozessfarben C, M, Y und K) ganz unterschiedlich bemerkbar.

4.3.1 Problematik beim einfarbigen Rasterdruck

Die Problematik beim einfarbigen Rasterdruck ist folgende: Werden beim Einfarbendruck die Rasterelemente genau horizontal (also in einem Winkel von 0°, siehe Abb. 4.1) angeordnet, wirkt das Raster für das menschliche Auge stark störend, da es von Natur aus auf das Erkennen solch regelmäßiger Strukturen ausgerichtet ist.



Die »Rasterweite« ist die Anzahl der Rasterpunkte pro Längeneinheit. Rasterweiten drückt man mit folgenden Einheiten aus:
im deutschsprachigen Raum
L/cm = Linien/cm, z. B. »70er Raster« (= 70L/cm)
international
lpi = Lines per Inch (Linien/Zoll)



Die zu wählende Rasterweite hängt vom gewählten Druckverfahren, dem verwendeten Bedruckstoff und von der maximal möglichen Auflösung des Ausgabegerätes (z. B. Plattenbelichter) ab.

◀ Für die verschiedenen Digitaldruckverfahren ist die Sache etwas komplizierter. Daher wird an dieser Stelle hierauf nicht eingegangen.

◀ Abb. 4.1: Winkelposition 0°. Das Muster des Rasters fällt stark auf.

◀ Abb. 4.2: Winkelposition 45°. Das Muster des Rasters fällt weniger auf.

Um diesen Effekt zu vermeiden, wird das Raster beim Einfarben-
druck, ausgehend von einer gedachten Senkrechten, um einen Betrag
von genau 45° gedreht (siehe Abb. 4.2 auf der vorigen Seite). Die
Punkte sind somit diagonal angeordnet und erschweren dem Auge die
Wahrnehmung der regelmäßigen Rasterstrukturen; das Auge nimmt
das Bild dann eher als ein Ganzes wahr.

4.3.2 Problematik beim vierfarbigen Rasterdruck

Beim Vierfarbendruck (»4C-Druck«) ist die Problematik ein wenig kom-
plexer. Neben der Notwendigkeit, die menschliche Wahrnehmung aus-
zutricksen, muss man hier eine unterschiedliche Winkelung der Raster
der einzelnen Farben einstellen.

Diese Notwendigkeit ergibt sich aus der Tatsache, dass es weder
sinnvoll noch möglich ist, die Raster aller vier Farbauszüge exakt im
gleichen Winkel übereinander zu drucken. Warum? Nun, was würde
passieren, wenn alle vier Raster deckungsgleich gedruckt werden
würden? Der Effekt wäre folgender: Durch die exakte Deckung der
Punkte würden sich gemäß der subtraktiven Farbmischung lauter fast
schwarze Rasterpunkte ergeben. Der Vierfarbendruck wäre ein Einfar-
bendruck, weil es keine Mischfarben durch notwendige Teilüberlappun-
gen der einzelnen Rasterpunkte geben würde. Das will man natürlich
nicht!

Was macht man also? Man dreht die Raster der einzelnen Farben
um einen bestimmten Betrag, so dass die Rasterpunkte leicht versetzt
zueinander liegen und sich teilweise überlappen. Dies gewährleistet
die farbrichtige Wiedergabe der Einzelfarben auch bei geringen Pas-
serabweichungen.

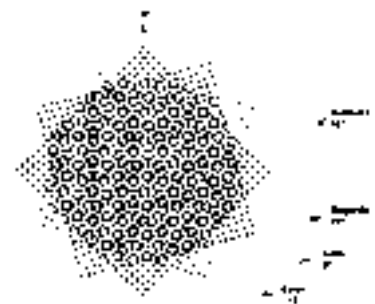
4.3.3 Genormte Rasterwinkel nach DIN

Für den Vierfarbendruck sind in der Norm DIN 16547 für verschiedene
Druckbedingungen ganz bestimmte Winkelgrade für die vier Pro-
zessfarben festgelegt. Eine sehr häufig vorzufindende Variante arbeitet
mit der folgenden Zuordnung (siehe Abb. 5.1):

Gelb wird als hellste Farbe auf die Position von 0° gelegt. Alle ande-
ren Farben würden auf der 0°-Position zu sehr auffallen (siehe Pro-
blematik beim Einfarben-Druck). Schwarz wird als dunkelste bzw. am
stärksten zeichnende Farbe auf 45° gelegt, Cyan liegt dazwischen auf
15° und Magenta schließlich auf 75°

Diese auf den ersten Blick erst einmal willkürlich erscheinenden
Werte folgen einer ganz bestimmten Systematik. Man versucht, die
einzelnen Farbauszüge mit Abständen von jeweils 30° zueinander zu
winkeln. Diese Winkelung gewährleistet am ehesten, dass es nicht zu
optisch auffälligen Überlagerungen zwischen den einzelnen Rastern
kommt. Da bei 30°-Schritten die vierte Farbe bei 90° aber wieder auf
der gleichen Winkelposition wie die erste liegen würde, winkelt man
eine der Farben in einem 15°-Abstand zu den anderen. Man geht wie
beim einfarbigen Druck wieder von Schwarz als dunkelster Farbe aus
und legt sie wieder auf 45°. Im optimalen 30°-Abstand zu Schwarz
liegen dann auf 75° Magenta und auf 15° Cyan. Gelb wird dann im
abweichenden 15°-Abstand zu Cyan gelegt, nämlich auf 0° bzw. 90°.
Da Gelb die hellste Farbe ist, fällt sie auf dieser ungünstigen Position
am wenigsten auf.

Die hier vorgestellte Winkelung mit den genannten DIN-Werten ist
für die meisten Motive optimal. Lediglich die Gefahr eines leichten
Gelb-Moirés besteht. Je nach den dominierenden Farbtönen im zu
druckenden Motiv kann aber auch mit anderen (ebenfalls genormten)
Winkelungen gearbeitet werden. So werden z. B. bei überwiegend



▲ Abb. 5.1: Eine nach DIN genormte Rasterwin-
kelung für den Vierfarbendruck ist:

- Gelb (Y) 0°
- Cyan (C) 15°
- Schwarz (K) 45°
- Magenta (M) 75°



Durch eine genormte Rasterwinkelung können
störende Überlagerungen (»Moirés«, siehe
Abschnitt 4.3.4) zwischen mehreren Rastern auf
ein Minimum verringert werden. Bei optimaler
Winkelung zeigen die vier Raster im Zusammen-
spiel eine Rosettenstruktur.



In der Praxis wird motivabhängig auch von der
hier beschriebenen Rasterwinkelung abgewi-
chen, um die im Bild dominanten Farbtöne auf
Positionen zu legen, an denen die geringsten
motivbedingten Moirés zu erwarten sind.

glatten grün-/graulastigen Motiven die Winkel von Cyan und Magenta getauscht. Somit kann einem motivbedingten »Moiré« (zum Begriff: siehe Abschnitt 4.3.4) gezielt entgegengewirkt werden. Innerhalb der DIN-Systematik sind also verschiedene Winkeltauschohmöglichkeiten gegeben, dennoch: Gelb sollte immer auf 0° verbleiben.

4.3.4 Rasterwinkelung und Moiré

Die hier beschriebene Systematik der Rasterwinkelung geschieht nicht ausschlieÙlich zur Gewährleistung des farbrichtigen Druckens der einzelnen Farbauszüge. Ganz entscheidend ist auch, dass durch die genormte Winkelung der vier Raster störende Überlagerungen auf ein Minimum verringert werden können. Ohne die exakt festgelegten Winkelungen würden sich die Einzelraster derart überlagern (»interferieren«), dass es zu störenden Mustern im Bild kommen würde. Man nennt solche störenden Muster »Moirés«. Solche Moirés treten immer dann auf, wenn sich zwei oder mehr gleichmäßige Strukturen unkontrolliert überlagern.

Wenn man einen Vierfarbendruck mit einem Fadenzähler oder einer Lupe betrachtet, kann man aber auch bei exakt eingehaltenen Rasterwinkelungen kreisförmige Muster, sogenannte »Rasterrosetten«, erkennen. Diese Rosetten sind im eigentlichen Sinne ebenfalls Moirés. Sie stellen aber eine weitestgehend berechenbare Störung dar, da man sie durch die Einhaltung der exakten Rasterwinkel festlegen kann. Gänzlich beseitigen lassen sich Überlagerungen der einzelnen Raster also nicht – man kann sie nur minimieren. Die am wenigsten auffällige Form von Moiréerscheinungen stellen dann die Rosetten dar.

4.4 Die Rasterpunktverteilung (Modulation)

Ein weiteres Merkmal eines Rasters ist die Art und Weise, wie seine einzelnen Rasterpunkte innerhalb der Rasterfläche verteilt sind. Man unterscheidet hierbei grundsätzlich zwei Arten, nämlich »amplitudenmodulierte« und »frequenzmodulierte« Raster.

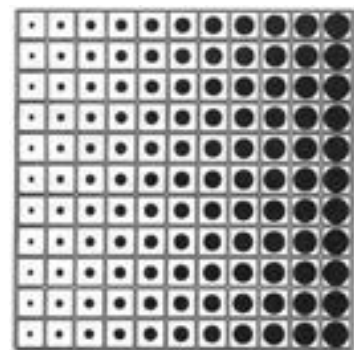
4.4.1 Amplitudenmodulierte Raster (»AM-Raster«)

Bei den früher üblichen fotografischen Rasterverfahren entstanden so genannte »amplitudenmodulierte« Raster. Durch die Verwendung real existierender, materieller Raster (dies waren Glasscheiben oder Kunststofffolien mit sich kreuzenden Linien gleicher Abstände) ergab sich zwangsläufig eine regelmäßige Verteilung der Rasterpunkte. Denn dadurch, dass die Raster bildenden Linien gleiche Abstände hatten, waren auch die zwischen Ihnen entstehenden Rasterpunkte immer gleich weit voneinander entfernt. Bei amplitudenmodulierten Rastern sind also die Abstände der Punkte immer gleich (siehe Abb. 6.1). Die verschiedenen Tonwerte ergeben sich nur durch die unterschiedlichen Durchmesser der Rasterpunkte. Auch bei der elektronischen Rasterung wird der überwiegende Teil der Reproduktionen amplitudenmoduliert gerastert.

Bedingt durch die Gleichabständigkeit der Rasterpunkte ergeben sich beim Druck eines amplitudenmoduliert gerasterten Drucks aber bestimmte Probleme. Da die Abstände der Punkte sich nicht verändern, stoßen die Ränder der Punkte ab einem bestimmten Durchmesser (entsprechend einem bestimmten Rastertonwert) zwangsläufig zusammen. Man nennt diesen Effekt »Punktschluss« (siehe Abschnitt 4.1.1). Die Rasterpunkte laufen ab diesem Tonwert optisch ineinander, die Wiedergabe feiner Details wird somit von diesen Rastertonwerten an eingeschränkt.



Die Begriffe »amplitudenmoduliert« und »frequenzmoduliert« sind aus der Rundfunktechnik abgeleitet. Dort spricht man von Amplitude und Frequenz in Verbindung mit elektromagnetischen Wellen. Dabei ist die Amplitude die Stärke einer Welle, und die Frequenz die Häufigkeit, in der sie pro Sekunde schwingt. Vergleichend dazu spricht man von einem amplitudenmodulierten Raster, wenn dessen Punktgröße variiert. Von einem frequenzmodulierten Raster spricht man, wenn die Abstände der Punkte voneinander variieren.



▲ Abb.6.1: Schema der Rasterpunktverteilung bei einem amplitudenmodulierten Raster.



Bei einem amplitudenmodulierten Raster haben die Rasterpunkte immer gleiche Abstände voneinander. Die Punkte selbst sind aber unterschiedlich groß bzw. haben unterschiedlich große Durchmesser.

4.4.2 Frequenzmodulierte Raster (»FM-Raster«)

Aufgrund von Beschränkungen in der Detailauflösung, der Problematik der notwendigen Rasterwinkelung und der daraus resultierenden Gefahr der Moirébildung hat man schon lange versucht Alternativen zur AM-Rasterung zu entwickeln und die Verteilung der Rasterpunkte sowie deren Punktgrößen anders zu gestalten.

Durch die elektronischen Rasterungsverfahren wurde es möglich, mit Hilfe von Computern eine genau berechnete Zufallsverteilung der Rasterpunkte zu erreichen. Die zufällig verteilten Punkte können dann immer gleich groß (bzw. gleich klein) gehalten werden. Sie haben Durchmesser von nur 10 bis 40 μm (je nach Verfahren und Software-Hersteller).

Rasterpunktgröße und Rasterpunktabstand sind hier also genau umgekehrt wie bei der AM-Rasterung. Die verschiedenen Tonwerte ergeben sich allein dadurch, dass die Rasterpunkte an den verschiedenen Bildstellen unterschiedlich weit voneinander entfernt sind. Dicht an dicht gesetzte Punkte ergeben einen dunklen Tonwert, und an Stellen, wo die Punkte nur vereinzelt über eine größere Fläche verstreut sind, ergeben sich hellere Tonwerte (siehe Abb. 7.1).

4.4.3 Vorteile frequenzmodulierter Raster

Da die Rasterpunkte sehr viel kleiner sind und sich durch die enge Anordnung der kleinen Punkte eine sehr feine Auflösung ermöglichen lässt, kann ein Bild sehr tonwertreich und detailgetreu wiedergegeben werden.

Des Weiteren ermöglicht die dichte Anordnung der kleinen Punkte in flächigen Bildbereichen eine sehr ruhige Wiedergabe von Flächen und Verläufen. Ein weiterer Vorteil der FM-Rasterung ist, dass durch die unregelmäßige Verteilung der Rasterpunkte prinzipbedingt keine Moirés mehr entstehen können. Somit entfällt die Notwendigkeit einer Winkelung komplett.

Dadurch, dass keine Winkelung mehr nötig ist, kann man auch problemlos mit mehr als nur vier Prozessfarben drucken (z. B. im Sechsbzw. Siebenfarbendruck, siehe »Einsatzgebiete« im übernächsten Abschnitt 4.4.6).

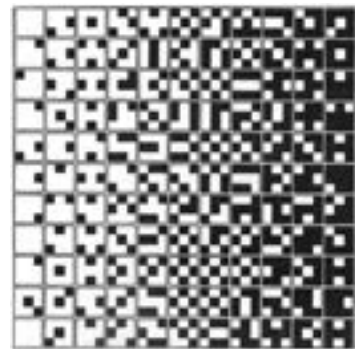
4.4.5 Nachteile frequenzmodulierter Raster

Trotz der vielen Vorteile wird die Technologie der FM-Rasterung nicht standardmäßig, sondern tendenziell für speziellere, oft hochwertigere Druckprodukte eingesetzt. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass bei der Umsetzung einige praktische Probleme zu bewältigen sind.

Diese Probleme entstehen in erster Linie dadurch, dass die zu übertragenden Rasterpunkte winzig klein sind (die FM-Punkte entsprechen in etwa den kleinsten Punkten bei der AM-Rasterung). Für eine exakte und vollständige Übertragung solch winziger Punkte müssen deshalb alle Verarbeitungsschritte sehr exakt und vor allem standardisiert ablaufen. Ansonsten kann es passieren, dass die Übertragung der Informationen unvollständig bzw. fehlerhaft ist und sich daraus fehlerhafte Bildstellen (»missing dots«) ergeben. Aus den speziellen Verfahrensabläufen ergeben sich unter Umständen höhere Kosten (z. B. für erweiterte RIP-Software oder für spezielle Druckplatten).

4.4.6 Einsatzgebiete

Bedingt durch eventuelle Mehrkosten und höheren Zeitaufwand für einen geänderten Verfahrensablauf lohnt sich die Verwendung der FM-Technologie vor Allem für sehr hochwertige Druckprodukte.



▲ Abb. 7.1: Schema der Rasterpunktverteilung bei einem frequenzmodulierten Raster

◀ Ein μm entspricht 1/1000 mm. Die Punkte sind also nur ca. 10 bis 40 Tausendstel mm groß!



FM-Raster können eine sehr tonwertreiche und detailgetreue Bildwiedergabe ermöglichen.



In FM-Rastern gibt es prinzipbedingt keine Moirés.

Den Vorteil der Moiréfreiheit kann man insbesondere bei Druckprodukten ausnutzen, bei denen es motivbedingt zu Moirés kommt, wie z. B. bei Werbedrucksachen und Katalogen, in denen Motive mit Karo-, Pepitamustern o. ä. regelmäßigen Stoffstrukturen gedruckt werden müssen.

Des Weiteren ist die FM-Rasterung hervorragend geeignet für die Wiedergabe von Bildern mit mehr als vier Prozessfarben (z. B. beim Verpackungsdruck). Bei konventioneller AM-Rasterung ergibt sich hier die Schwierigkeit, für alle Farben geeignete Rasterwinkel einzustellen. Diese Problematik entfällt bei der FM-Rasterung schlicht.

4.4.7 Beispiele

Nebenstehend finden Sie in Vergrößerung jeweils ein Beispiel eines amplitudenmoduliert und eines frequenzmoduliert gerasterten Bildes (Abb. 8.1 und 8.2). Deutlich erkennbar sind hier die unterschiedlichen Punktgrößen sowie die unterschiedliche Verteilung der Punkte.

4.4.8 Praktische Umsetzung

Für die Erzeugung der Rasterpunkte ist in der Praxis (sowohl bei der AM- als auch bei der FM-Rasterung) der RIP bzw. die darauf laufende RIP-Software zuständig. Für die Umsetzung einer FM-Rasterung braucht man spezielle Softwarefunktionen, die die Verteilung bzw. Anordnung der Rasterpunkte mit Hilfe von Zufallsberechnungen (Zufalls-Algorithmen) steuert.

5. Wie wird ein Raster erzeugt?

In den heute gängigen Verfahrensabläufen der Medientechnik werden Daten für Bildreproduktionen (mit wenigen Ausnahmen) ausschließlich elektronisch bzw. digital verarbeitet. An dieser Stelle soll nun betrachtet werden, wie die Rasterinformation innerhalb solcher digitaler Workflows erzeugt wird und welche Verfahren benutzt werden, um sie auf die Druckform zu übertragen.

5.1 Einflussfaktoren auf die Rastererzeugung

Im Verfahrensablauf der Druckvorstufe kann an verschiedenen Stellen des Workflows Einfluss auf die Erzeugung und die Gestaltung eines Druckrasters genommen werden. Grundsätzlich sind es drei Bereiche, in denen solche Einstellungen vorgenommen werden können:

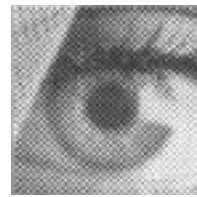
1. Bildbearbeitungs- und Layoutprogramme
2. RIP (»Raster Image Processor«) bzw. RIP-Software
3. Ausgabegerät (Film- oder Plattenbelichter) ▶

5.1.1 Einfluß von Bild- und Layoutprogrammen

Schon bei der Bildbearbeitung bzw. vor der Einbindung von Bilddateien in den Layoutprogrammen kann man die Rastereigenschaften einzelner Bilder bestimmen. So kann man z. B. in Adobe Photoshop® Veränderungen der Rasterwinkelung und der Rasterpunktform vornehmen, bevor man das Bild in ein Layoutprogramm importiert. Die Photoshop-Rasterinformationen überschreiben dann (je nach Einstellung) diejenigen des Layout-Dokumentes.

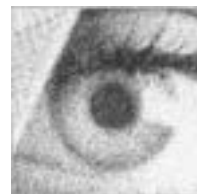
5.1.2 Einfluss der RIP-Software

Der »RIP« (Raster ▶ Image Processor) ist die zentrale Stelle für die Steuerung der Rastererzeugung. Das heisst, in der RIP-Software sind die Daten für die Erzeugung der möglichen Rastereigenschaften gespeichert und von hier werden sie für die Belichtung ausgegeben.



▲ Abb. 8.1: Erkennungsmerkmale eines amplitudenmoduliert gerasterten Bildes:

- regelmäßige Verteilung der Punkte
- relativ große Punkte
- unterschiedlich große Punkte



▲ Abb. 8.2: Erkennungsmerkmale eines frequenzmodulierten gerasterten Bildes:

- zufällige Verteilung der Punkte
- sehr kleine Punkte
- unterschiedliche Punktabstände

◀ Dieser Aspekt wird hier nicht ausführlicher betrachtet.

◀ Das Wort »Raster« in der Bezeichnung »Raster Image Processor« bezeichnet nicht das Druckraster, von dem hier seit acht Seiten die Rede ist, sondern die Ausgabe-Bitmap, in die die PostScript-Daten umgerechnet werden (diese stellt technisch gesehen ebenfalls ein Raster dar)

Dazu vorweg in aller Kürze Grundsätzliches zum RIP: Der RIP ist eine Art »Rasterrechner«, der heute in der Regel als spezifische RIP-Software daherkommt und auf einem ganz normalen PC residiert. Diese Software berechnet, in welcher Reihenfolge das Ausgabegerät (für den Offsetdruck z. B. ist dies der Plattenbelichter) die Daten zur Ausgabe einer kompletten Seite erhält.

Dies geschieht wie folgt: Die Daten einer ganzen Seite werden als PDF in den Arbeitsspeicher des RIP-Rechners geladen. Dort werden sie in »Pixel« einer Ausgabe-Bitmap umgerechnet, so dass sie von dem jeweiligen Ausgabegerät gelesen (»interpretiert«) werden können. Im Anschluss an die Pixelberechnung werden die Daten zwischengespeichert oder direkt an das Ausgabegerät übertragen.

Die RIP-Software wird entweder von den Herstellern der Ausgabegeräte (z. B. Heidelberg) speziell auf deren Workflows und Ausgabegeräte abgestimmt, oder sie werden als Standalone-Produkt für flexiblen Einsatz angeboten (z. B. »ColorGate Plategate«). Sie enthält alle Funktionen, die zur Erzeugung der Bitmapdaten und der verschiedenen Bildraster bei verschiedenen Rasterweiten auf den Ausgabegeräten notwendig sind (und noch viel mehr).

5.1.3 Funktion des RIP

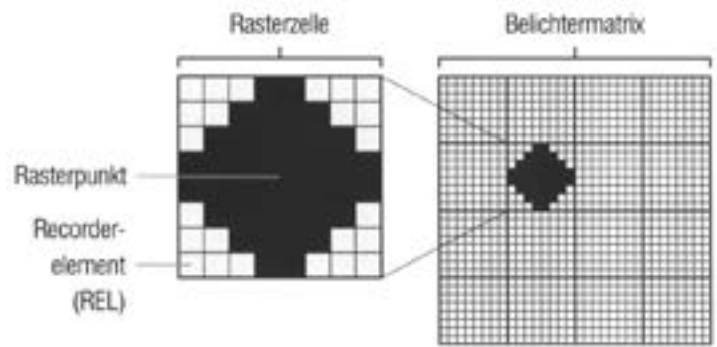
Was macht nun die RIP-Software ganz genau? Dazu muss man sich vorstellen, wie das Belichtungsergebnis auf der Druckform später aussehen soll. Die Druckform soll ein vollständiges Bild aller »gerippten« Seitendaten inklusive der in Bildern enthaltenen Druckraster enthalten. Der Belichter beschreibt hierzu mit einem Laserstrahl die Druckplatte. Hierbei wird die zu belichtende Fläche von der RIP-Software als »Bitmap« betrachtet, also in winzig kleine quadratische Bereiche unterteilt. Man nennt dies auch die »Belichtermatrix«.

Die Belichtermatrix stellt sozusagen eine Landkarte mit Adresspunkten dar, an denen der Laser seinen Lichtstrahl ein- oder ausschalten kann (»Adressierung«). Ein einzelnes Feld dieser Matrix wird »Recorderelement«, kurz »REL«, genannt. Es entspricht der kleinstmöglichen vom Laserstrahl zu belichtenden Fläche, also einem gesetzten Licht-Spot des Laserstrahls (siehe Abb. 9.1).

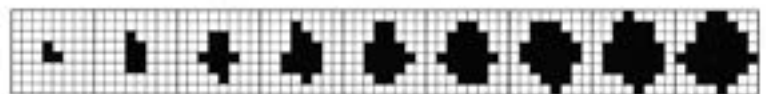
Ein Rasterpunkt des zu erzeugenden Druckrasters besteht nun aber je nach Tonwert aus einer unterschiedlichen Anzahl von RELs. Die maximal zum Schreiben eines Rasterpunktes gegebene Fläche wird als »Rasterzelle« definiert. Eine solche Rasterzelle besteht immer aus einer bestimmten, gleichen Anzahl horizontaler und vertikaler RELs, z. B. 12 x 12 oder 16 x 16 RELs (siehe Abb. 9.2). Die RIP-Software berechnet dann, welche RELs innerhalb einer Rasterzelle für die verschiedenen Rastertonwerte zu belichten sind. Dabei baut sich ein Rasterpunkt immer von der Mitte her auf. Für einen 10%igen Rasterpunkt werden z. B. nur wenige RELs in der Mitte der Zelle belichtet, für höhere Rastertonwerte (z. B. einen 80%igen Punkt) werden dann außen immer mehr RELs »angebaut«.

Die Zusammensetzung jedes einzelnen Tonwertes, mit einer bestimmten Punktform und bei einer bestimmten Auflösung des Ausgabegerätes ist als festgelegte Berechnung in der RIP-Software gespeichert.

Fazit: Die RIP-Software entscheidet über Art und Aufbau des Druckrasters. Sie enthält alle Einstellmöglichkeiten, alle Berechnungs-



▲ Abb. 9.1: Belichtermatrix und Aufbau eines Rasterpunktes in einer Rasterzelle



▲ Abb. 9.2: Aufbau verschiedener Tonwerte in einer 8 x 8-Rasterzelle

◀ »10%ig« bedeutet: mit einer Flächendeckung von 10% in der jeweiligen Rasterzelle

gorithmen, sie führt alle Rasterberechnungen durch und erzeugt die Daten zur Steuerung des Laserstrahls des Belichters.

5.1.4 Probleme bei der Winklung digitaler Raster

Bei der amplitudenmodulierten Rasterung ergibt sich eine spezielle Problematik aus der Tatsache, dass für das Raster jeder Prozessfarbe die genaue Einhaltung eines festgelegten Winkels erforderlich ist. Bei bestimmten Winkeln entstehen dabei auf der stets rechtwinklig angeordneten Belichtermatrix geometrische Verhältnisse, die zu uneinheitlichen Rasterzellen führen.

Sehen wir uns dazu einmal genau an, was geschieht, wenn man ein Raster auf der Belichtermatrix dreht, um die erforderlichen Winkel zu erhalten. Je nach gewähltem Winkel schneiden die Rasterzellen die Belichtermatrix unterschiedlich. Bei bestimmten Winkeln, z. B. bei 0° und bei 45° , schneiden die Ecken jeder Zelle die Matrix an den »Ecken« der RELs. Alle Zellen weisen somit eine identische Form und die gleiche Anzahl von RELs auf (siehe Abb. 10.1). Solche Winkel bezeichnet man als Winkel mit »rationalem Tangens«, denn sie können mathematisch als Funktion zweier ganzer Zahlen ausgedrückt werden. Hier ist es das Verhältnis der Anzahl von Recorderelementen in horizontaler Richtung und in vertikaler Richtung, um die gedreht wird.

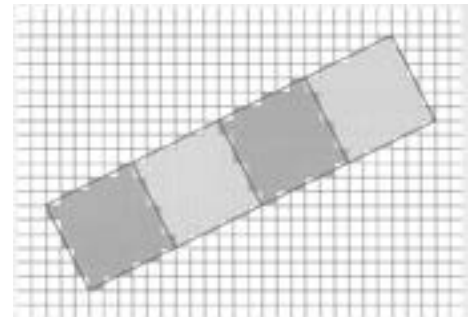
Weil bei Winkeln mit rationalem Tangens die Fläche aller Rasterzellen identisch ist, lassen sich auf Basis einer einzigen Rasterzelle alle weiteren Zellen des selben Tonwertes berechnen, z. B. wo Pixel für einen 10%igen Rasterpunkt, einen 20%igen Rasterpunkt usw. zu schreiben sind. Für die Erzeugung der Ausgabedaten muss der RIP je Tonwert nur eine Rasterzellenbeschreibung aufrufen und kann diese einfach duplizieren. Somit ist die Anzahl der erforderlichen Berechnungen für diese Rasterwinkel sehr gering, was eine entsprechende Zeitersparnis bzw. Leistungssteigerung bedeutet.

Bei anderen Winkeln, z. B. bei 15° und 75° , herrschen andere geometrische Verhältnisse. Hier schneiden die Ecken jeder Rasterzelle die Belichtermatrix *nicht* in einheitlicher Weise (siehe Abb. 10.2). Infolgedessen weisen die Rasterzellen unterschiedliche Formen auf und bestehen aus einer *ungleichen* Anzahl von RELs. Solche Winkel nennt man Winkel mit »irrationalem Tangens«, denn sie können nicht als Funktion zweier ganzer Zahlen ausgedrückt werden.

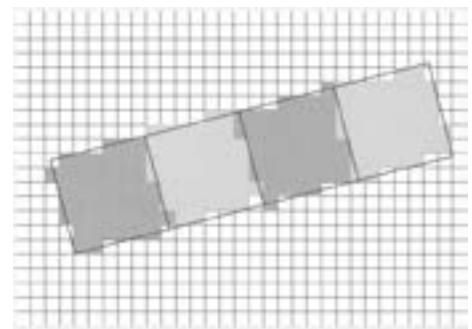
Weil die Rasterzellen, die auf einen Winkel mit irrationalem Tangens gesetzt werden, *nicht* identisch sind, stehen die Hersteller der RIP-Software vor einem Dilemma: Verwenden sie die exakten, aber »irrationalen« Winkel, muss die Software jeden Rasterpunkt individuell aufbauen, z. B. eine 10%ige Zelle, die aus 23 RELs besteht, eine andere 10%ige Zelle, die aus 25 RELs besteht usw. Dieses Verfahren, das etwas unpräzise auch als »irrationale Rasterung« bezeichnet wird, erfordert sehr viel mehr Berechnungsschritte und dauert bei gleicher Rechnerleistung logischerweise sehr viel länger.

Die Alternative besteht darin, »irrationale Rasterwinkel« auf den nächsten »rationalen Winkel« auf- oder abzurunden. Dadurch wird der Winkel zwar ein wenig ungenau, aber alle Rasterzellen sind identisch und brauchen nur einmal berechnet zu werden. Dieses Verfahren wird, ebenso unpräzise, als »rationale Rasterung« bezeichnet.

Die »rationale Rasterung« bzw. Varianten davon finden in der RIP-Software der meisten Hersteller zum Einsatz. Dennoch: Das Verfahren ist zwar relativ schnell, aber das Runden der irrationalen Tangentenwinkel von 15° und 75° auf den nächsten rationalen Winkel wirkt sich nicht nur negativ auf die Winkelgenauigkeit, sondern auch veränderlich auf die Rasterweite aus.



▲ Abb. 10.1: Rechtwinklige Belichtermatrix und Winkel mit »rationalem Tangentenwinkel«



▲ Abb. 10.2: Rechtwinklige Belichtermatrix und Winkel mit »irrationalem Tangentenwinkel«



Die »rationale Rasterung« ist zwar relativ schnell, aber das Runden der irrationalen Tangentenwinkel auf den nächsten rationalen Winkel wirkt sich auf die Winkelgenauigkeit und die Rasterweite aus!

5.1.5 Die Technik der Superzellen

Um höhere Winkelgenauigkeit bei den problematischen irrationalen Winkelgraden zu erzielen, hat man daher ein Verfahren entwickelt, bei dem so genannte »Superzellen« definiert werden und das Superzellen-Raster auf einen rationalen Tangentenwinkel gedreht wird.

Eine »Superzelle« ist eine größer definierte Rasterzelle, in der mehrere einzelne Rasterzellen liegen. So besteht z. B. eine 3x3-Superzelle (siehe Abb. 11.1) aus neun einzelnen Rasterzellen. Anders ausgedrückt ist eine Superzelle eine überdimensionale Rasterzelle, die ebenfalls Tonwerte von 0% auf 100% annehmen kann – nur wächst sie nicht nur von einem Mittelpunkt aus, wie bei normalen Rasterzellen, sondern von mehreren Mittelpunkten.

Für die Superzelle gilt: Sofern alle vier Ecken die Belichtermatrix an den Ecken der RELs schneiden (wenn sie also rationale Tangentenwinkel haben), haben alle darin enthaltenen Einzelzellen eine identische Form. Zudem enthalten dann auch alle Superzellen die gleiche Anzahl von Rasterzellen und RELs.

Wieso kann die Superzelle nun genauer sein? Da sie in Bezug auf die Belichtermatrix wesentlich größer ist als eine normale Rasterzelle, gibt es beim Drehen deutlich mehr Positionen, an denen die Ecke der Superzelle die Belichtermatrix schneiden kann. Man kann also das Raster auf einen Winkelgrad einstellen, der dem moiré-unkritischen, idealen Winkel noch näher ist.

Der Nachteil an der Geschichte: Superzellen erlauben zwar eine höhere Winkelgenauigkeit – zur Beschreibung einer aus mehreren Einzelzellen bestehenden Superzelle ist aber natürlich immer noch ein Vielfaches mehr an Berechnungen erforderlich als für eine einzelne Rasterzelle. Aber bei der digitalen Rasterung geht es praktisch nie ohne diesen Kompromiss zwischen Winkelgenauigkeit und Berechnungsdauer. Und bei der Leistungsfähigkeit heutiger Rechner und RIP-Systeme relativiert sich dieses Dilemma ohnehin ganz erheblich.

5.1.6 Einfluss der Ausgabegeräte auf die Rastererzeugung

Nachdem die RIP-Software die Bitmap für die gesamte Belichtermatrix für eine der vier Prozessfarben berechnet bzw. »gerippt« hat, können diese Bitmapdaten an das Ausgabegerät weitergegeben werden, für das die Daten berechnet wurden. Für den Offsetdruck ist dies ein CtP-Druckplattenbelichter; es können aber natürlich auch Drucker, Proofgeräte oder Digitaldruckmaschinen als Ausgabegeräte angesteuert werden.

Wichtig zu wissen: Ein RIP berechnet die Daten immer speziell für die Ausgabe auf einem ganz bestimmten Ausgabegerät. Ein anderes Ausgabegerät kann solche gerätespezifischen Informationen nicht »interpretieren«, kann also damit nichts anfangen.

5.1.7 Die Ausgabeauflösung (»Belichterauflösung«)

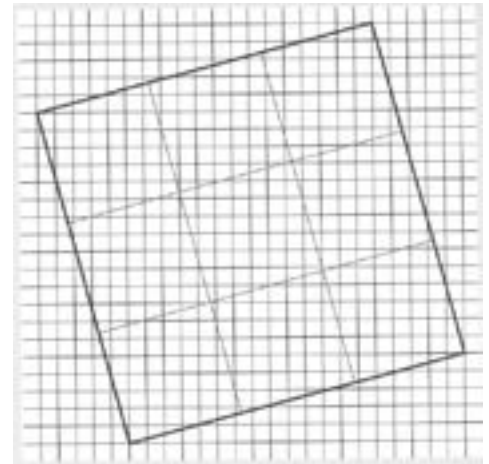
Entscheidenden Einfluss auf die Wiedergabe von Bildrastern hat vor allem die gewählte Auflösung des Ausgabegerätes. In der Regel realisieren die Ausgabegeräte die Ausgabe der Bitmap-Daten mit einem Laserstrahl.

Dieser bewegt sich zeilenweise und in festgelegten Einzelschritten über die zu belichtende Fläche (z. B. die Druckplatte). Die Größe der Einzelschritte, die der Laser nach dem Setzen eines Belichterpunktes (»Spots«) macht, und die Abstände mit denen der Laser von Zeile zu Zeile wandert, bestimmen die sogenannte »Spurweite«.

Die kleinstmögliche Spurweite eines Gerätes wiederum hängt vom kleinsten einstellbaren Durchmesser des Laserstrahls ab. Diese



Um eine höhere Winkelgenauigkeit zu erzielen, fasst man mehrere Rasterzellen zu Superzellen zusammen, so dass sich für die größeren Zellen rationale Tangentenwinkel ergeben.



▲ Abb. 11.1: Belichtermatrix mit 3 x 3-Superzelle

◀ »gerippt« bedeutet hier: Die Seitendaten haben den RIP durchlaufen, sind also berechnet worden.



Die »minimale Spurweite« eines Ausgabegerätes bestimmt seine maximal mögliche Rasterfeinheit bzw. maximale Auflösung.

»minimale Spurweite« bestimmt somit die Feinheit bzw. die maximale Auflösung, mit der ein Gerät die Daten ausgeben kann. Wenn nicht mit der Maximalauflösung geschrieben werden soll, kann der Spotdurchmesser erhöht werden.

Durch die verschiedenen große Spotdurchmesser ergeben sich unterschiedliche Auflösungen von Ausgabegeräten. Typische Auflösungen sind u. a. 1200 dpi bzw. 2540 dpi. Diese Werte ergeben sich aus den Anforderungen für bestimmte gewünschte Feinheiten bei der Wiedergabe von Rasterbildern im Druck.

Mit einer Auflösung von rund 2400 dpi lassen sich z. B. bei einem 60er Raster genau 256 Tonwertstufen wiedergeben. Dies lässt sich auch wie folgt berechnen:

Berechnung der Ausgabe- bzw. der Belichterauflösung

1. Vorgaben:

Es soll mit einem 60er Raster gedruckt werden (= 60 L/cm).

Ein Rasterpunkt soll 256 mögliche Tonwerte annehmen können.

2. Ziel:

Es soll die Anzahl der Belichterpunkte je Inch (= 2,54 cm) berechnet werden.

3. Rechnung: Belichterauflösung (in dpi): $60 \times 16 \times 2,54 = 2438,4$ dpi

Die maximal erreichbaren Auflösungen aktueller Ausgabegeräte beträgt ca. 4000 dpi bei CtP-Plattenbelichtern. Mit diesen hohen Auflösungen können sogar Feinstraster über 100 L/cm realisiert werden.

6. Begriffs-Wirrwarr

Zum Abschluss dieses kleinen Grundlagenskriptes möchte ich Ihren Blick noch einmal auf eine korrekte und einheitliche Verwendung der im Zusammenhang mit Rastern gebräuchlichen Begriffe, Bezeichnungen und Einheiten lenken. Denn hierbei kommt es erfahrungsgemäß immer wieder zu Verwechslungen:

Pixel

Kürzel aus den beiden Worten »picture« und »element«. Der Begriff *Pixel* bezeichnet das kleinste Element der Matrix eines digitalen Bildes.

Spot bzw. Spotgröße

Ein *Spot* ist eigentlich der Strahl des Lasers bei der Belichtung. Ein Spot ist begrifflich aber auch die vom Laserstrahl geschwärzte Fläche in der Belichtermatrix. Die Spotgröße entspricht somit dem Durchmesser des Laserstrahls.

REL (Recorderelement)

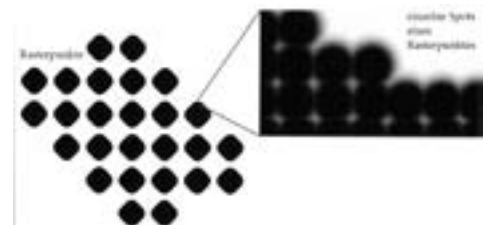
Ein *REL* (Recorderelement) ist das kleinste Element einer Belichtermatrix. Jedes REL entspricht im Prinzip einem Spot, oder: Je *REL* wird immer ein *Spot* gesetzt. Da die Spots rund sind (siehe Abb. 12.1), gehen sie bei hohen Raster-Prozentwerten immer ein wenig über die Begrenzungen der eckigen REL-Fläche hinaus. Das wirkt sich aber bei den gegebenen Feinheiten der Elemente optisch nicht negativ aus (siehe hierzu die nebenstehende Abb. 12.1).

Rasterzelle

Eine »Rasterzelle« ist die Teilfläche einer Belichtermatrix, aus dem sich ein Rasterpunkt maximal zusammensetzen kann. Eine Rasterzelle besteht immer aus einer bestimmten Anzahl noch kleinerer Recorderelemente (RELS).



◀ Warum werden gerade 256 Tonwertstufen gewählt? Nun, eine Anzahl von 256 Tonwertstufen sind für gedruckte Bilder bei normalem Betrachtungsabstand völlig ausreichend, um der menschlichen Wahrnehmung zu genügen. Mehr Feinheit lösen unsere Augen also im Normalfall ohnehin nicht auf!



▲ Abb. 12.1: Rasterpunkte setzen sich aus den viel kleineren Spots des Laserstrahls zusammen.

Rasterpunkt

Ein *Rasterpunkt* bezeichnet ein Element des gedruckten Rasterbildes. Ein Rasterpunkt setzt sich (entsprechend seines Tonwertes bzw. seines Flächendeckungsgrades/Raster-Prozentwertes) aus unterschiedlich vielen geschwärtzten RELs seiner Rasterzelle zusammen (siehe hierzu die Abb. 8.1, 8.2 und 12).

Superzelle

Eine *Superzelle* ist ein aus mehreren einzelnen Rasterzellen bestehender Bereich einer Belichtermatrix, der zur Berechnung einer günstigen rationalen Rasterwinkelung festgelegt wird.

Einheiten zur Geräteauflösung

Geräteauflösungen werden bei Scannern in *dpi* (dots per Inch) angegeben. Dabei wird zwischen »optischer« (physikalischer) und »interpolierter« (berechneter) Auflösung unterschieden. Die optische Auflösung gibt die vom Gerät tatsächlich eingelesene Anzahl von Farbwerten an, die interpolierte Auflösung gibt die Anzahl der Farbwerte an, die erst durch eine anschließende Neuberechnung physikalisch eingelesener Pixel entstehen.

Bei Belichtern werden Geräteauflösungen in der Regel ebenfalls in *dpi* (dots per Inch) angegeben. Die »dots« beziehen sich hier aber nicht auf Bildpixel, sondern auf die möglichen RELs je Inch (siehe auch die Rechnung zur Belichterauflösung auf Seite 12).

7. Bildquellen/Literaturhinweise

- »Einführung in die Rastertechnologie«, Heidelberg 2007, als PDF zum Download erhältlich unter www.heidelberg.com
- »AGFA Balanced Screening«, Broschüre der Firma AGFA, Mortsel/Belgien, 1991 (leider vergriffen)
- »Handbuch der Printmedien«, Helmut Kipphan (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 2000

8. Info/Kontakt

Dieses Skript ist in der hier vorliegenden Version (2015) inhaltlich überarbeitet und aktualisiert worden. Sollten Sie dennoch Fehler gefunden haben, Fragen haben, Anregungen geben wollen oder mir einfach »Danke!« sagen wollen, schreiben Sie mir gern eine E-Mail an oliverlepen@lepen.de.

Wenn Sie dieses Skript nicht über meine Website bekommen haben, hier der Original-Fundort: www.lepen.de.