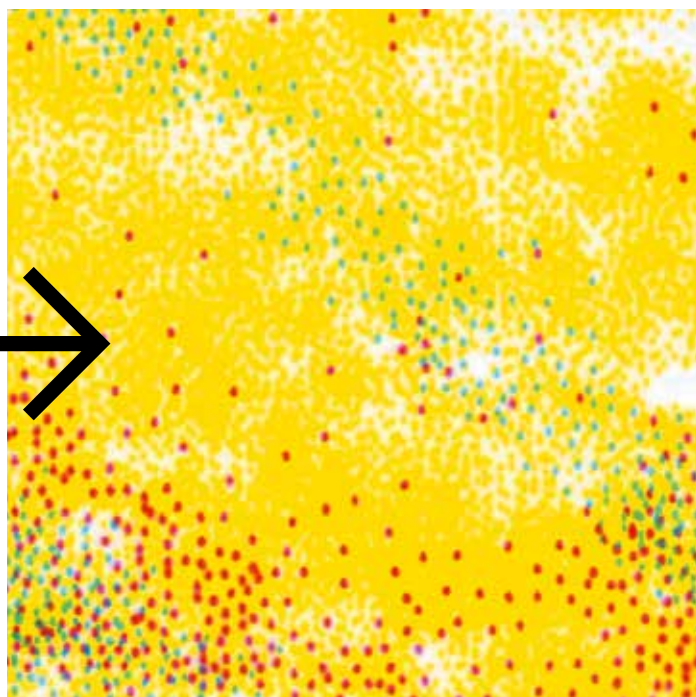


Die Farbbrillanz auf dem Monitor lässt sich im Druck nur unzureichend simulieren. In der Vergrößerung wird die Struktur des Monitors hingegen deutlich. Von den immer wieder genannten Pixeln ist nicht die Spur sichtbar. Pixel ist ein theoretisches Darstellungsmodell.



Auch im Druck greift man zu Tricks, wie Farben dargestellt werden können. Sie werden in kleinste Einheiten im Farbmodell CMYK zerlegt, die das Auge nicht mehr wahrnehmen kann. Im Gesamteindruck entsteht ein Mischfarbe.

Ausgabe

Bildauflösung und Druck Teil 2

Im ersten Teil ging es um Bildauflösungen, die mit ppi gemessen wird, nun wollen wir uns der Ausgabeseite zuwenden. Welche Bedeutung haben die beiden Begriffe lpi und dpi?

■ **RALF TURTSCHI** Bildauflösung wird mit der Pixelzahl gleichgesetzt, die eine Kamera auflösen kann. Je mehr Pixel vorhanden sind, desto feiner ist die Aufzeichnungsdichte. Diese ist nur ein einzelner Parameter der Bildqualität. Die generelle Aussage «je mehr Pixel, desto besser das Bild» ist unzureichend formuliert, weil beim Bild ja noch andere Faktoren zusammenkommen, die die Kameralistung beeinflussen: Schärfe, Farbsättigung, Unter-/Überbelichtung, JPG-Kompression, Raw usw.

Wir beschäftigen uns hier jedoch mit der Auflösungsproblematik und damit

Der Autor



Ralf Turttschi ist gelernter Schriftsetzer, Buchautor und Publizist. Er ist Inhaber von Agenturtschi und Marketingleiter bei Speck Print AG, Baar. Der Autor schreibt im Publisher seit Jahren praxisbezogene Beiträge zu Themen rund um Desktop-Publishing. E-Mail: turttschi@agenturtschi.ch

verbunden der Ausgabe im Druck. Ein einzelner Pixel ist das kleinste digital darstellbare Element. Pixel ist ein Akronym aus «picture» und «element».

Die Pixel entstehen, indem der CCD-Chip einer Kamera auf Fotozellen auftreffendes Licht in ein elektrisches Signal umwandelt. Die Fotozellen werden in einer bestimmte Packungsdichte zu Sensoren gebaut, die eine unterschiedliche Grösse haben können. Ein Kamera-Vollformatsensor ist heute etwa so gross wie früher ein Kleinbildformat war, nämlich 36 × 24 mm. Diese Sensorgrösse wird auch mit FX bezeichnet. Auf eine solche Fläche passen nun zum Beispiel 7360 × 4912 Fotozellen, die zusammen 36,3 Megapixel als Auflösungseinheit aufzeichnen.

Abgesehen von den anderen Qualitätsfaktoren hat die Aufzeichnungsdichte einen entscheidenden Vorteil: Je mehr Feinheiten im Bild zu erkennen sind, desto mehr kann es vergrössert werden. Oder desto kleinere Ausschnitte sind möglich, ohne an Qualität zu verlieren. Andere Qualitätsfaktoren

wie Bildrauschen oder Dynamikumfang werden hier ausgeklammert.

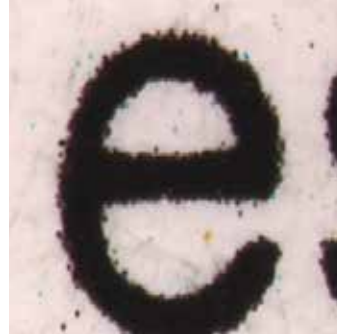
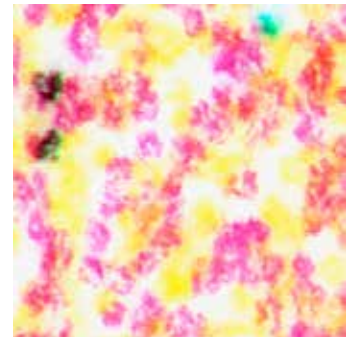
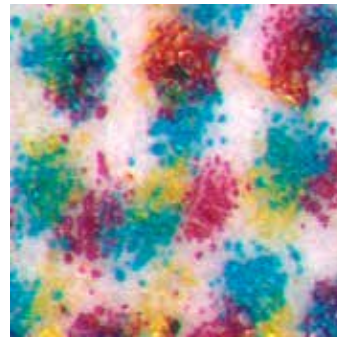
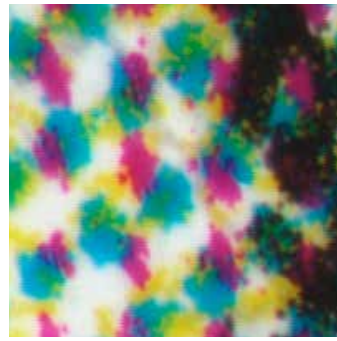
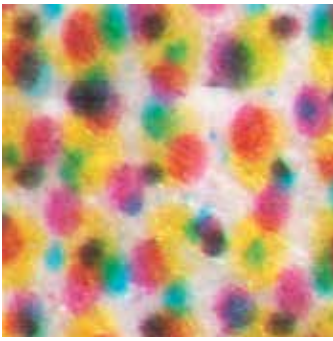
Bildschirm besser als Print

Die in der Kamera erzeugte Anhäufung von Pixeln wird bei vergrösserter Darstellung in Photoshop als Quadrate gezeigt, die eine Farbe zugewiesen bekommen. Natürlich ist dies nur eine Modellvorstellung, denn die Darstellung auf einem Monitor ist wesentlich komplizierter. Wer sich einen Monitor einmal mit der Lupe anschaut, wird keine Pixel entdecken, sondern ein längliches Gerüst aus den drei Farben RGB. Auch hier gibts unterschiedliche Monitor-Bauweisen mit unterschiedlichen Auflösungen. Eine Standardauflösung für Bürobildschirme war früher VGA mit 640 × 480 px, Full-HD umfasst 1920 × 1080 px, das neueste Format UHD (Ultra High Definition, 4K) zeigt sich mit 4096 × 3072 px. Das iPhone 6+ hat eine Auflösung von 1920 × 1080 px in einem 16:9-Format bei 14 cm Bilddiagonale. Dies entspricht einer Druckauflösung 401ppi.

Die neuesten Handys haben also die Standarddruckauflösung von 300 ppi bereits übertroffen.

Die Auflösung, die in Pixel angegeben wird, hat immer zu tun mit einer Bildschirmgröße und der Betrachtungsdistanz. Die Auflösung allein ist keine Garantie für Bildschärfe. Betrachten Sie dazu einmal Ihr TV-Gerät (HD) von ganz nahe. Lesen Sie auf dem Fernseher Schrift. Die Bildpunkte sind sehr grob, gut zu erkennen, ein solches Gerät als Monitor zum Arbeiten oder als Handy – ausgeschlossen. Erst die Betrachtung aus 4–5 Metern lässt die Bildpunkte so fein werden, dass wir sie als scharfes Bild wahrnehmen. Trotz grober Bildschirmauflösung empfinden wir das Fernsehbild als «Full-HD» in exzellenter Bildauflösung.

Bildschirmmedien sind daran, der Ausgabequalität von Printmedien (300 ppi) den Rang abzulaufen. Bezüglich Darstellung von scharfer und leserlicher Schrift gibt es keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen einem hochstehenden Offset-



Jeweils oben und unten: Digitaldruck mit HP Indigo (Flüssigtoner).

Digitaldruck mit Xerox iGen 4 (Trockentoner)

Digitaldruck mit Xerox 980 (Trockentoner)

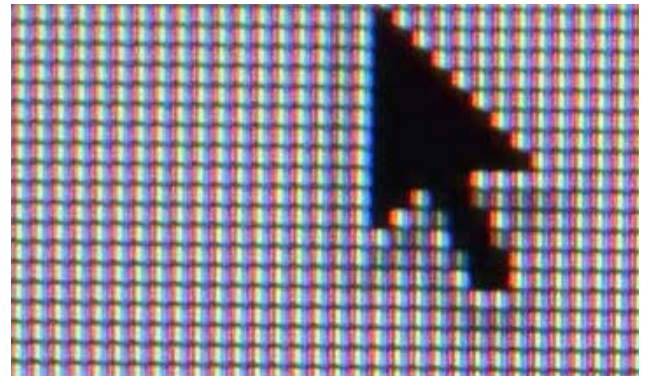
Digitaldruck mit IP5000 (Dye ink)



Full HD umfasst 1920 x 1080 px, in einer Breite von 88 cm ergibt sich 22 px/cm, was umgerechnet 55 pixel pro inch (ppi) ausmacht.



Das iPad Air 2 umfasst 2038 x 1534 px, mit einer Breite von 19,6 cm ergibt sich 104 px/cm, was umgerechnet 264 ppi ausmacht.



Dokumente werden in Bildschirmmedien mit den drei Grundfarben RGB dargestellt. Dabei kommen verschiedene Techniken zum Einsatz, hier die Darstellung eines iMacs, der auf LCD-Technologie (Liquid Cristal Display) basiert.

druck und einem iPad, welches unter idealen Lichtbedingungen gelesen wird. Die Vor- und Nachteile bezüglich Leserlichkeit haben mit der Spiegelung des Bildschirms und der Helligkeit der Hintergrundbeleuchtung zu tun. In der grellen Sonne ist auf einem Tablet oder Smartphone keine Website angenehm zu lesen. Im Schummerlicht hat dafür das Tablet gegenüber dem Buch Vorteile.

Korrigenda

Im letzten Publisher schrieb ich, der Publisher sei mit frequenzmoduliertem (FQM) Raster gedruckt. Ein aufmerksamer Lernender der RTK Medientechnik AG hat genauer hingeschaut und mich auf einen Fehler hingewiesen, der durch alle Instanzen hindurch unentdeckt blieb. Der Publisher wird mit einem 80er-Raster gedruckt, der von einem Heidelberg Suprasetter erzeugt wird. Entschuldigen Sie bitte das Versehen.

Einer der ungelösten Aufgaben von Crossmediaprodukten im Zusammenhang mit der Bildauflösung ist die Datenmenge, die im Quadrat zunimmt. Daher gilt im Internet noch immer die Auflösung von 72 ppi, die kleinstmögliche Informationsdichte, die auf dem Bildschirm noch gut aussieht und die Datei nicht zu gross werden lässt.

Diese Auflösung ist für den qualitativen Druck ungenügend, der 300 ppi erfordert. Die Herausforderung ist nun die, dass fürs Internet kleine Daten mit niedrigen Auflösungen bereitgestellt werden müssen, für den Druck hingegen hochaufgelöste Daten gewünscht werden.

Kommt hinzu, dass unterschiedliche Mobileformate und Proportionen existieren. Vollformatige Bilder werden entweder aufs Mobileformat hoch- oder runtergerechnet und/oder beschnitten. In einer Bilddatenbank (Asset Management) mehrere Bildgrößen und Auflösungen zu erzeugen und zu verwalten, ist nicht gerade beliebt. Und das computergenerierte Beschnei-

den von Bildern ist, vorsichtig ausgedrückt, etwas waghalsig.

Auflösung ist schwammig

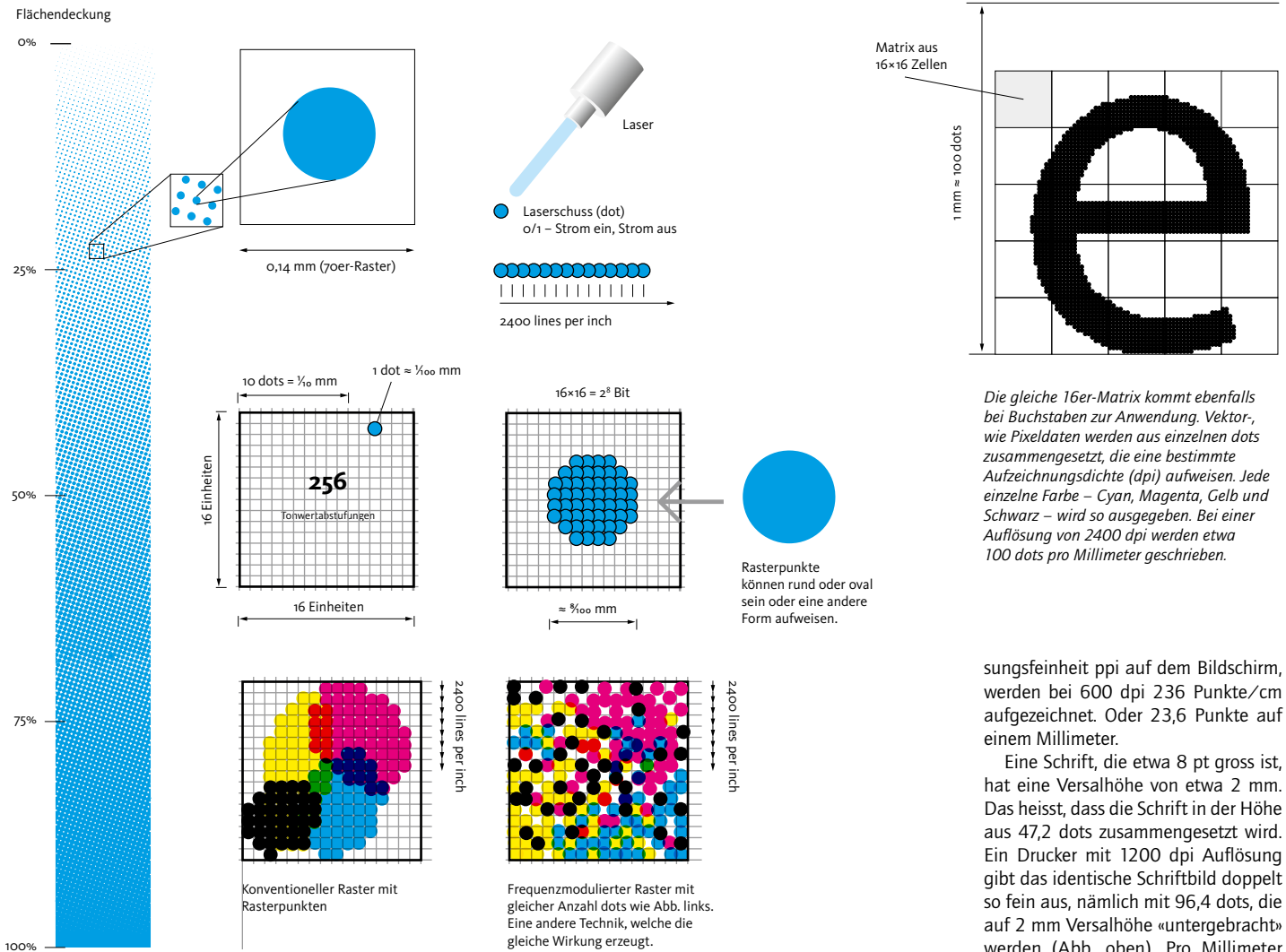
Die in der Kamera erzeugte Anhäufung von Pixeln hat die Ausdehnung, die der Sensor zur Verfügung stellt. Das DX-Format misst 23,7 x 15,6 mm, Eine DX-Kamera wird beispielsweise mit einer Auflösung 6000 x 4000 Pixeln (24 Megapixel) angeboten. Das macht horizontal 2531 Pixel, die auf 1 cm abgebildet werden, umgerechnet in Inch ergeben sich 6428 ppi. Ein stattdessen Haufen. Mit dem Umrechnungsfaktor 120 lässt sich daraus die ideale Abbildungsgröße im Druck errechnen: 53,6 cm.

Die Auflösung auf dem Monitor habe ich bereits als «abhängig von der Betrachtungsdistanz» erwähnt. Das absolute Mass der Dinge ist die Fähig-

keit des Auge-Hirn-Systems, scharf zu sehen. Alles, was schärfer abgebildet wird, als wir es auflösen vermögen, ist unsinnig. Es sei denn, Bilder seien darauf ausgelegt, dass wir immer neu hineinzoomen können, um weitere Details zu entdecken (wie zum Beispiel bei Google Earth).

Bei einem Retina-Bildschirm (Smartphones, Tablets, Laptops) mit ungefähr 300 ppi ist das Soll erreicht. Ebenso beim hochwertigen Offsetdruck, der auch mit Armeslänge Distanz betrachtet wird.

Bei Grossmonitoren, Public Viewings oder auch bei Displays oder Megapostern kann die Auflösung ohne Probleme massiv nach unten angepasst werden. Am besten fragen Sie beim Hersteller nach, die Auflösung hängt stark von der eingesetzten Technik ab. Die beste Auflösung ist die, die wir



Die gleiche 16er-Matrix kommt ebenfalls bei Buchstaben zur Anwendung. Vektor-, wie Pixeldaten werden aus einzelnen dots zusammengesetzt, die eine bestimmte Aufzeichnungsdichte (dpi) aufweisen. Jede einzelne Farbe – Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz – wird so ausgegeben. Bei einer Auflösung von 2400 dpi werden etwa 100 dots pro Millimeter geschrieben.

sungsfeinheit ppi auf dem Bildschirm, werden bei 600 dpi 236 Punkte/cm aufgezeichnet. Oder 23,6 Punkte auf einem Millimeter.

Eine Schrift, die etwa 8 pt gross ist, hat eine Versalhöhe von etwa 2 mm. Das heisst, dass die Schrift in der Höhe aus 47,2 dots zusammengesetzt wird. Ein Drucker mit 1200 dpi Auflösung gibt das identische Schriftbild doppelt so fein aus, nämlich mit 96,4 dots, die auf 2 mm Versalhöhe «untergebracht» werden (Abb. oben). Pro Millimeter sind dies fast 50 dots! Da gibts von Auge keine Treppenstufen mehr zu sehen, zumal sich Tinten und Toner nicht exakt begrenzen lassen. Durch die Hitzeinwirkung oder das Eindringen der Tinte ins Papier verlaufen scharfe Grenzen.

Mit anderen Worten: Eine feinere Auflösung als 600 dpi ist bei Printern von Auge kaum wahrnehmbar. Im Gegenteil, sie kann sogar zu schlechteren Druckresultaten führen, indem Tonwerte bei Bildern zuschmieren.

Im Offsetdruck liegt die obere Grenze bei 2400 dpi. Ein Laserschuss hat eine Grösse von etwa 1/100 mm. Die viskose Druckfarbe lässt zum Schluss keinerlei Zackenränder mehr zu.

Umrechnung von Pixeln zu Rasterpunkten

Die Bildschirmpixel werden für die Druckausgabe transferiert. Dabei wird nicht einfach ein Pixel in einen dot

Die Simulation von Farbtönen wird im Druck mittels Dots erreicht, die kleinsten darstellbaren Elemente im Druck. Mit Dots wird alles zusammengesetzt, Buchstaben und Farbtöne. Farbtöne werden von RGB nach CMYK umgerechnet – die Pixel auf dem Bildschirm werden in Rasterpunkt «umformatiert».

beim natürlichem Sehen als scharf empfinden. Gerade an der Grenze zum Unschaffen. Eine höhere Auflösung bringt ausser mehr Daten nichts. Diese Aussage ist unversell gültig – sowohl bei Monitoren als auch im Printbereich. Die Feinheit der Auflösung beim Auge-Hirn-System ist bei etwa einem 70er-Raster gegeben. Ab da wird ein Bild «fotorealistisch», das heisst mit einem kontinuierlichen Tonwertverlauf gesehen, ohne dass irgend eine Technik (Pixel oder Rasterpunkte) gesehen wird. Wir haben es also mit der Entsprechung von HD im Druckbereich zu tun. Im Gegensatz zum Bildschirm kann man in ein Druckbild nicht hineinzoomen, und so ist der Grenzwert der Druckauflösung gegeben. Und der ist jetzt nicht, wie vielleicht vermutet wird 300 ppi, sondern 2400 dpi – eine ganz andere Masseinheit.

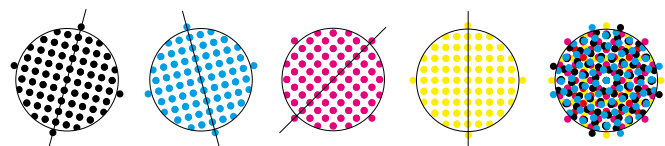
Print kennt keine ppi

Vorab ein kurze Klärung des weit verbreiteten Begriffs dpi, welcher immer wieder zu Missverständnissen führt.

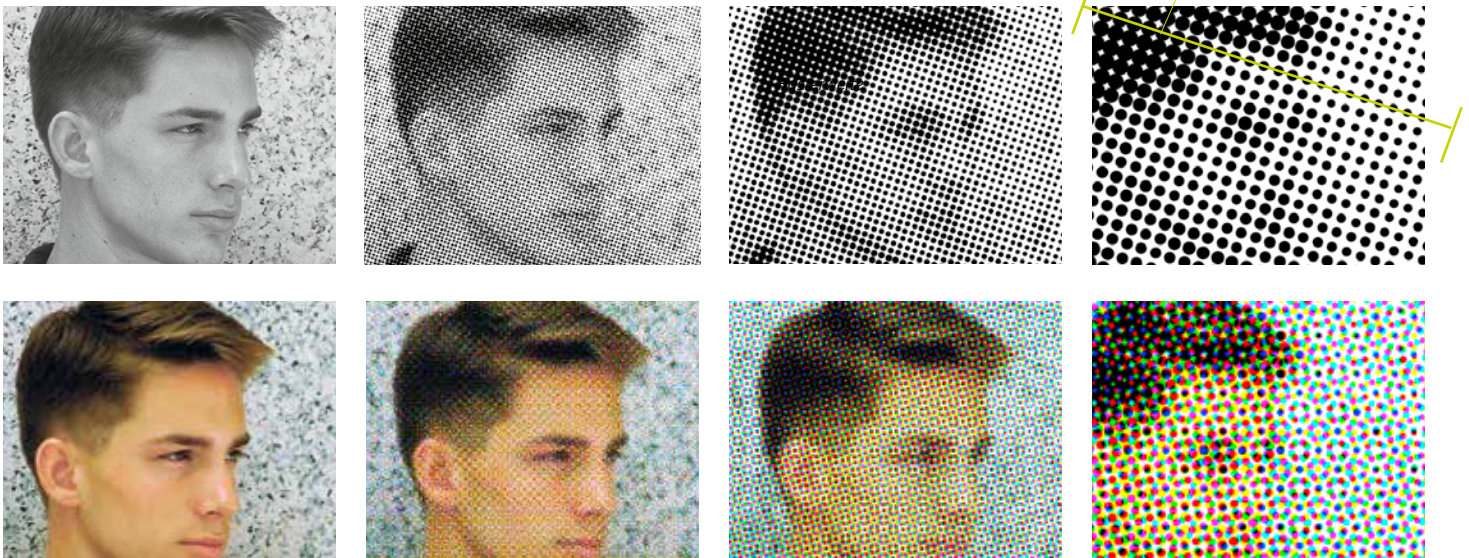
dpi heisst dots per inch, damit wird die Aufzeichnungsdichte auf der Ausgabeseite bezeichnet. Ein dot ist der kleinste darstellbare Punkt im Druck. Bei einem Plattenbelichter im Offset schießt der Laser ein winziges Lichttöpfelchen auf die Druckplatte. Das ist ein dot, der digital gesehen aus «Strom ein» besteht. Der Laser wird etwas weiter bewegt und setzt unentwegt aus den dots ganze Bilder oder auch Schriften zusammen. Am Ende einer Zeile macht der Laser «eine Zeilenschaltung» und belichtet eine neue Zeile (line). Englisch wird auch von lpi (lines per inch) gesprochen. «Dot» entspricht einem Laserschuss, eine ganze Zeile entspricht einer «Line».

Die Anzahl der dots, die auf einen Inch aufgebracht werden können, wird mit dpi «dots per inch» bezeichnet. ppi bezeichnet also die Auflösung in Pixeln auf der Kamera- und Bildschirmseite, mit dpi ist Auflösung gemeint, die «hinten als Printprodukt herauskommt». Eine Kamera oder ein Bildschirm kann keine dots aufweisen,

die richtige Einheit hier ist ppi. Bei einem Laserdrucker wird mit dem Laser ein elektrostatisches Feld aufgebaut, an dem der Toner haftet. Auch hier spielt der dot eine Rolle. Tintenstrahldrucker schießen kleinste Tröpfchen aufs Papier, die eine Grösse von 15–20 Mikrometer aufweisen, Tausendstel-millimeter. Die Technologien sind so unterschiedlich, dass nicht überall der Begriff dpi angebracht ist, doch er hält sich nun einmal für die Auflösung auf dem Markt. Man findet also Fax, Kopierer, Laser- oder Tintenstrahldrucker, die arbeiten mit 600, 800 oder 1200 dpi. Im Vergleich von dpi mit der Auflö-



Farbtöne werden im klassischen Druck durch Rasterpunkte erzeugt, die eine andere Winkelung aufweisen, damit sie nicht aufeinanderliegen. So entsteht die typische Rosettenstruktur, die allerdings nur bei größeren Rastern zu sehen sind.



Ein konventioneller Raster, wie er im Offsetdruck zur Anwendung gelangt. Der Punktabstand wird mit Rasterweite bezeichnet. Ein 70er Raster hat 70 Rasterpunkte pro cm. Heute sind (abhängig von der Papieroberfläche) 70er- bis 100er-Raster üblich. Dies ist so fein, dass die einzelnen Punkte nicht mehr von Auge sichtbar sind.

umgewandelt, dies geschieht «integral». Integral heisst, eine Anzahl Pixel repräsentiert eine bestimmte Fläche. Rasterpunkte haben die gleiche Aufgabe. Es geht nicht um den einzelnen Punkt, sondern um eine Fläche, die Verläufe oder Kanten aufweisen kann.

Auf dem Bildschirm haben wir es mit RGB-Werten und Pixeln zu tun, auf der Ausgabeseite muss das Bild in CMYK-Werte und dots umgerechnet werden. Die Software, die dafür eingesetzt wird heisst Raster Image Processor (RIP). Mit dieser Software wird festgelegt, wie fein die Rasterpunkte sind, welche Form sie haben und welche Winkelung sie aufweisen. Die Art und Weise, wie Farbe von RGB nach CMYK umgerechnet wird, bezeichnet man als «rendering intent». Wer will, kann diese Parameter verändern. Es ist sogar möglich, eine Logofarbe gezielt anzusteuern und sie von Rot zu Grün umzufärben. Hier sind Standards gefragt, die in Farbprofilen hinterlegt sind, die dann etwa so heissen können: ISO coated v2 300% (ECI). In InDesign sind diese Profile ersichtlich im Menü Bearbeiten > Profile zuweisen.

Ein Pixel wird in jeder der drei Farben in 256 Stufen von 0 bis 255 definiert. 0, 0, 0 heisst Schwarz und 255, 255, 255 heisst Weiss. Zusammen ergeben sich $256 \times 256 \times 256$ Farbtöne, total 16,7 Mio.

Bei der Ausgabe ist es nur möglich, ganze Punkte auszugeben. Die Punkte sind flächig und haben keine Graustufen oder Farbtöne. Integral gesprochen wird eine Fläche mit einem Prozentwert bezeichnet, der die Flächenbedeckung meint. Ein Schachbrett weist 50% Schwarz- und Weissanteil auf. 0% ist Weiss und 100% ist Schwarz. Man nimmt nun als Basiselement für die Belichtung eines Rasterpunktes eine Matrix, die aus 16×16 Zellen besteht. Digital gesprochen entspricht

dies 2^8 Bit oder 256 Möglichkeiten, die Matrix mit Laserdots auszufüllen, um einen Tonwert in Punktform darzustellen (s. Abb.). Es ist wie beim Schachbrett: Wenn 50% aller Felder Schwarz sind, entsteht aus der Ferne gesehen ein mittleres Grau. Ein Schachbrett aus 256 Zellen bietet 256 Abstufungsmöglichkeiten.

Mit welcher Technik diese Abstufung geschieht, ob mit Rasterpunkten gearbeitet wird oder mit Tintenstrahltröpfchen, spielt fürs Verständnis keine Rolle. Die Rasterpunkte sind unterschiedlich gross, aber gleichabständig.

Im heutigen Offsetstandard werden je nach Papier Rasterweiten von 70er bis 100er eingesetzt. Das heisst, ein Bild weist pro cm 70–100 Rasterpunkte auf und jeder Rasterpunkt (=Farbton) wird aus Werten von 0–255 dots zusammengesetzt. Im Farbdruck werden die vier Grundfarben CMYK benutzt, also benötigt man 4 Rasterpunkte, um einen RGB-Farbton darzustellen.

Gewaltige Rechenleistung

Die Druckplattenbelichtung oder generell die Datenausgabe ist mit einer gewaltigen Rechenleistung verbunden.

Nehmen wir an, ein CMYK-Bild in der Grösse A4 soll mit 2400 dpi belichtet werden. Ich habs für Sie ausgerechnet. Es sind 2,2 Milliarden dots im Spiel, die digital gesehen «Strom ein/aus» bedeuten. Für ein einziges A4-Bild! Das Hochrechnen auf ein Fotobuch mit 120 A4-Seiten überlasse ich gerne Ihnen. Welche Rechenleistung und Datenmenge in einem Handy steckt, welches so selbstverständlich einen Youtube-Film mit 25 Bildern pro Sekunde streamt, kann man sich kaum vorstellen – und das Ende der Fahnenstange ist noch nicht erreicht. ■

Ein Logo aus dem Internet drucken?

Wenn Pixeldaten mit wenig Auflösung auf einem hochauflösenden System ausgegeben werden, wird es zu unschönen Erscheinungen führen. 150 ppi Auflösung gilt als Untergrenze für den hochstehenden Druck. Wenn das Bild weniger Auflösung aufweist, wird es zuerst etwas unscharf und schwammig scheinen, bis hin zum störenden Pixeleffekt. Typisch ist das Phänomen zu beobachten, wenn Logos direkt aus dem Browser (72 ppi) kopiert und in Druckdaten, InDesign oder Word eingebunden werden.

Meist weisen solche Logos ausser der Auflösungsprobleme auch noch Artefakte auf, die beim Speichern als JPG-Datei entstehen, ausserdem ist die Farbgebung nicht sichergestellt. Solche Logos sollte man weder in der Officeumgebung noch im Druck verwenden.

