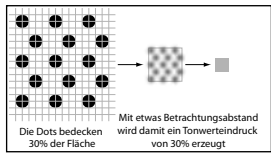


DITHERING

Tonwerte per Inkjet-Printer

Die Grundlagen der bildgebenden Verfahren zu verstehen, hilft auch, manche technische Probleme zu entschlüsseln. Wie entstehen im Tintenstrahldruck nun tatsächlich die verschiedenen Tonwerte und was soll man sich unter »Dots« eigentlich vorstellen? Andreas Jankowsky über Dithering



geditherte »Dots« (hier in einem geordneten Raster) werden mit einigem Betrachtungsabstand zum Farbeindruck des Pixels integriert

Die Perfektion moderner Tintenstrahldrucker ist beeindruckend. Vor allem überzeugt der digitale Prozess durch hohe Reproduzierbarkeit. Schaut man sich die digitalen Techniken genauer an, so wird deutlich, dass analoge und digitale Tonwerterzeugung im Ansatz und im Ergebnis gar nicht weit auseinander liegen. Zur Erinnerung: Während der Belichtung eines Positivpapiertes werden (wie beim Negativfilm auch) durch die Lichteinwirkung einige wenige der vorhandenen Silberionen in den Silberhalogenid-Kristallen der Fotoemulsion zu metallischen Silberatomen reduziert. Diese Silberkeime bilden das latente Bild, das wegen der geringen Menge und Größe der Silberkeime unsichtbar bleibt. Erst in der Entwicklung werden die an den belichteten Stellen vorhandenen kleinen Silberkristalle durch einen Katalyseprozess vergrößert – Silber-Ionen, die in unmittelbarer Nähe zu den Silberkeimen liegen, werden ebenfalls zu Silber reduziert. Das äußerst fein verteilte metallische Silber wirkt auf den Betrachter schwarz, die Tonwerte werden durch mehr oder weniger dichte „Silberwolken“ gebildet. Für Farbbilder ist der Entstehungsprozess ganz ähnlich, nur die Silberwolken werden im Laufe des Prozesses in mehrere Schichten „Farbstoffwolken“ verwandelt. Bei der digitalen Tonwerterzeugung übernehmen Mathematik und Physik die Rolle der Chemie in der klassischen Photographie. Der entscheidende Prozessschritt ist das „Dithering“, häufig auch als „Screening“ oder „Halftoning“ bezeichnet – ein komplexes mathematisches Verfahren, um aus einfarbigen Pünktchen scheinbar beliebige Tonwerte entstehen zu lassen.

DAS DITHERING

Die Bilder, die wir im digitalen Druckprozess zu Papier bringen wollen, bestehen grundsätzlich aus Pixeln, denen eine Farbinformation von mindestens 24bit (je 8bit der additiven Grundfarben R,G,B zugewiesen). Die Inkjet-Drucker, mit denen wir heute arbeiten, können jedoch keine Pixel drucken. Sie behelfen sich damit, die Farben der Pixel mit einem sehr fein verteilten Raster von "Dots" in den Grundfarben

der subtraktiven Farbmischung – C, M, Y, K – nachzubilden. Dazu wird ein hochkomplexes mathematisches Fehlerstreuungsverfahren angewandt. Hinter dem „Dithering“ verbirgt sich eine Strategie, aus den wenigen vorhandenen Farben (bzw. Tinten) durch geschickte Anordnung einen Farb- und Tonwertindruck zu erzeugen, der dem gewünschten Pixelfarbtönen möglichst nahe kommt. Schauen wir uns diese Strategie der Einfachheit halber in einem Schwarz-Weiß Bild näher an: Es soll ein Tonwert von 30% Schwarz erzeugt werden, das entspricht einer Deckung von 30%. Als Ausgangsbasis hat der Druckertreiber zur Verfügung: 100% Schwarztinte, eine Positionierungsgenauigkeit von 1440 dpi (d.h. Tintentropfen können in einem Raster von 1/1440 Zoll = ca. 1/60 mm positioniert werden) und eine bestimmte minimale Tröpfchengröße, die etwas größer als das Positionsraster ist. Der erste Tropfen (dot) wird gesetzt. An dieser Stelle erhalten wir 100% Schwarz, also 70% zu viel Deckung gegenüber unserem gewünschten Tonwert. Die nächste Position bleibt weiß, wir erreichen damit einen Mittelwert von 50% – noch 20% zu viel Deckung gegenüber dem gewünschten Wert. Bleibt also die nächste Rasterposition ebenfalls weiß – Mittelwert 33% ($100\%+0\%+0\% / 3 = 33\%$) – schon recht nah. Dieses Verfahren wenden wir zweidimensional über das gesamte Bild an und beachten dabei, dass die gesetzten "dots" nicht in einer Reihe untereinander stehen sondern möglichst „zufällig“ verteilt sind. Das erlaubt unserem Drucker, fast beliebige Tonwerte zu erzeugen. Einige Probleme des Verfahrens werden aber auch deutlich: Zum Einem brauchen wir möglichst viele und kleine "dots", um einen Pixeltonwert auf begrenztem Raum erzeugen zu können, zum Anderen bedeuten sehr helle Tonwert sehr große Abstände zwischen den "Dots" – was zu sichtbaren, einzeln stehenden Pünktchen führen kann. Daher sind die Druckerhersteller vor einigen Jahren dazu übergegangen, neben den Vollfarbtinten auch noch „verdünnte“ Farben, die Light oder Light-Light Tinten einzuführen. In unserem Beispiel würde eine 50% Light-Schwarz Tinte nämlich erlauben, die "dots" dichter und damit unauffälliger zu setzen ($50\%+0\%+50\% / 3 = 33\%$).



Mikroskopaufnahme eines Inkjet-Drucks: »Dots« liegen sehr dicht übereinander um Tonwerte und Strukturen optimal wiederzugeben

Es wird deutlich, dass es kaum Stellen auf dem Druck gibt, an denen ein Tonwert exakt wiedergegeben wird – das Dithering erzeugt aus den verschiedenen Tinten-Farbtröpfchen einen Tonwerteindruck, der insgesamt der (Pixel-) Vorgabe entspricht, sie aber nie erreicht. Eine Eingabeauflösung von 300ppi entspricht etwa dem Maximum, das sich im Ditheringprozess an Detailauflösung auf dem Papier umsetzen lässt. Mehr ppi bringen nichts (teilweise arbeitet man jedoch mit ganzzahligen Vielfachen der Druckkopfauflösung, im Fall Epson also mit 180 oder 360 ppi). Während unser Beispiel mit Grautönen noch recht einfach erscheint, so wird das Dithering mit pigmentierten Farbtinten zum höchst komplexen Prozess. Tatsächlich erzeugen die Druckköpfe ja keine idealen Punkte im Auflösungsraaster des Druckers: „dots“ sind größer, sie verlaufen je nach Medium unterschiedlich groß und sie sind aufgrund der schnellen Bewegung des Druckkopfes nicht rund.

Pixel per Inch und Dot per Inch

Digitale Bilder bestehen aus „Pixeln“ – einem Kunstwort aus picture + element. Diese kleinste Einheit eines Digitalbildes liefert einen Zahlenwert zur Angabe seiner Farbe bzw. seines Tonwertes. Die Genauigkeit, mit der dieser Farbwert angegeben werden kann, ergibt sich aus der bit- bzw. Farbtiefe (z.B. 8- oder 16-bit). Ein Pixel repräsentiert einen kompletten Farbwert, bestehend aus Rot, Grün und Blau Anteilen. Je mehr Pixel ein Bild hat, desto mehr Details können beschrieben werden- die Betonung liegt auf „können“ – mehr Pixel bedeutet nicht automatisch, dass diese auch zusätzliche Details repräsentieren. Ein Pixel ist zunächst nur eine logische Einheit eines Bildes – erst zusammen mit der Größenangabe des Pixels (z.B. in „pixel per inch“) wird daraus ein reales Element und damit eine nutzbare Angabe der Auflösung.

„dots per inch“ – dpi – klingt sehr ähnlich, bezeichnet aber die Rasterpunkte, die ein Drucker oder Offsetraaster wiedergibt. Diese können nur wenige Farben annehmen (Anzahl der Tinten/Druckfarben im Drucker). Sie müssen mit den anderen Druckfarben im richtigen Flächenverhältnis zusammengestellt werden, um den beliebigen Farbwert eines Pixels wiederzugeben. Es braucht also viele „dots“ um ein „Pixel“ abzubilden – daher also der Unterschied zwischen der hohen dpi-Auflösung eines Druckers, die nötig ist, um ein Bild mit moderaten ppi perfekt wiederzugeben.

Alle diese Eigenschaften sind jedoch entscheidend für die Deckung, den Tonwerteindruck und die Kantenschärfe. Die hohe Positionierungsauflösung des Druckers erlaubt es außerdem, verschiedenfarbige „dots“ zur Farbmischung übereinander bzw. teilweise aneinandergrenzend zu setzen. Der Druckkopf fährt dabei bis zu 8 mal über eine Zeile – er kann damit unterschiedliche Farben und Tröpfchengrößen in verschiedenen Schichten übereinander auftragen – mit dieser Technik ist es heute möglich, eine unglaublich exakte Farbproduktion bei höchster Detailtreue zu erreichen. Und selbst auf diesem hohen Niveau werden bei RIP- und Drucker-Herstellern bis heute noch weitere Verbesserungen erzielt.

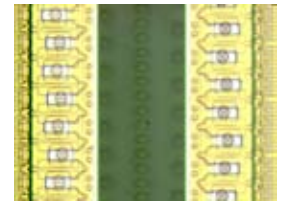
Mit den neuen 12-Farb Druckern werden die Möglichkeiten der perfekten Farbumsetzung noch weiter verbessert, jedoch der Prozess noch schwieriger zu beherrschen. Gegenüber den Farbstofftinten haben die Pigmenttinten unserer Fine Art Printer nämlich die Eigenart, beim Übereinanderdrucken nicht wie ideale Farbfilter zu wirken, sondern wegen der geringen Transparenz mitunter störende Mischfarben zu erzeugen. Eine genaue Kenntnis der Tinteneigenarten wird damit Teil der Farbmischstrategie. Wenngleich ich kein Freund der hohen Original-Tintenpreise bin, ist dies ein Grund, weshalb ich bei Pigmenttinten Fremdfabrikate ausschließe: Der NoName-Tintenhersteller muss nicht nur Druckkopf-Kompatibilität, Farbort und Haltbarkeits sicherstellen, er muss für eine konsistente Farbwiedergabe auch die unterschiedlichen Mischeigenschaften nachbilden – eine fast aussichtslose Aufgabe.

Vergleich zur Dunkelkammer

Betrachtet man aktuelle Inkjet-Prints unter dem Mikroskop und vergleicht diese mit klassischen Fotoabzügen, so wird deutlich, dass beide Verfahren überraschend viele Parallelen haben: Die hochfeinen Tintentröpfchen, im stochastischen (Zufalls-) Raster in bis zu 8 Lagen übereinander positioniert entsprechen in erstaunlichem Maße den ebenfalls zufallsgesteuerten „Farbwolken“ des analogen Prozesses. Der bildgebende chemische Prozess wird durch einen physikalischen „Ablagerungsprozess“ ersetzt, die zufällige Anordnung von Silberkeimen durch einen mathematischen Verteilungsprozess im Druckertreiber – eine sehr vergleichbare Methodik mit anderen Mitteln.

Unsere Ergebnisse aus dem Inkjetdrucker entsprechen dann auch dieser Erkenntnis: Vergleichbare Qualität auf höchstem Niveau allerdings bei perfekter Prozesskonstanz und Reproduktionssicherheit.

Andreas Jankowsky



▲ HP- Z3100 Druckkopf: Ein Wunderwerk aus Halbleitertechnik und Klempnerei. Zu jeder Düse existieren mehrere Tintenkanäle, die einzelnen untereinander liegenden Düsen liegen nicht auf einer Linie, damit bei gleichzeitigem Feuern in jedem Fall genügend Tinte im Tintenkanal verfügbar ist.



Autor

Andreas Jankowsky arbeitet in Berlin als Dienstleister für FineArt-Prints.

Neben der Dunkelkammerarbeit in SW- und Farbe führte ihn sein beruflicher Werdegang über viele Jahre in die Computereentwicklung, wo er sich mit digitaler Bildverarbeitung und Colormangement beschäftigte.

aj@jam-fineartprint.de