



So funktionieren Tintenstrahldrucker

***Dank höchst komplizierter Techniken können die Ausdrücke von modernen Tintenstrahl-
printern nunmehr mit denen von Laser-
druckern konkurrieren. Doch wie kommt die
Tinte eigentlich so präzise aufs Papier?***

Wenn Sie in Ihrem Anwendungsprogramm den Befehl „Drucken“ geben, ist das nur ein Klick auf einen Knopf. Kurz darauf kommt – meist – auch schon die Seite aus dem Drucker. Aber was zwischen dem Klick und dem Auswurf der fertigen Seite in den Geräten passiert, ist ein komplizierter Prozeß.

Zunächst rechnet der Druckertreiber die vorhandene Seite in eine dem Drucker passende Sprache um und schickt die Daten über den Druckerspöoler zum Drucker. Dort werden die Daten in einem Zwischenspeicher gehalten. Die Drucker-elektronik interpretiert die Druckbefehle: Papiervorschub-Kommandos werden per Motor umgesetzt und Druckbefehle zum Druckkopf weitergeleitet. Der bringt dann die Farbe auf's Papier, und Minuten später halten Sie das Ergebnis in den Händen.

Die Druckköpfe moderner Tintenstrahldrucker sind kleine Wunderwerke der Technik: Geringste Mengen hochgezüchteter Tinte werden für wenige Milli-

sekunden auf 300 Grad Celsius erhitzt oder durch ein Piezoelement beschleunigt. Dadurch entsteht ein Tropfen, der mit etwa 100 km/h aufs Papier geschleudert wird.

1977 tauchte der erste Tintenstrahldrucker auf, der nicht mit einem kontinuierlichen Tintenstrahl arbeitete. Der PT 80 von Siemens druckte mit nach heutigen Maßstäben mäßiger Qualität. Der Begriff „Tintenstrahldrucker“ ist übrigens nicht korrekt, denn dieser Drucker

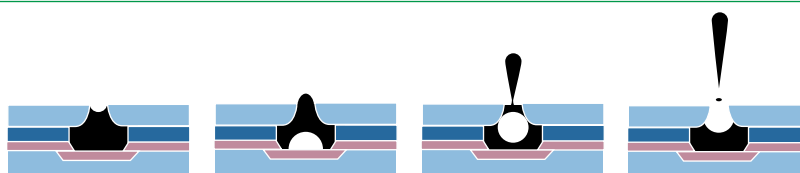
spritzte nicht wie eine Wasserpistole, sondern schickte mikroskopisch kleine Tintentröpfchen auf das Papier.

Canon-Drucker und die Thinkjets von Hewlett-Packard verwendeten später eine neue Technik: Bubble-Jet (siehe Basics-Kasten). Die Düsen sind mikrolithographisch auf Siliziumchips belichtet und anschließend geätzt. Die Druckköpfe hatten aber noch zu wenige Düsen, um das Ergebnis wesentlich besser ausfallen zu lassen als beim Siemens PT 80. Der Durchbruch kam dann mit den HP-Deskjet-Druckern. Hier wurde die Patrone verbessert und mit 50 Düsen versehen.

Piezotechnik: Ultraschall statt Hitze

Epson verwendet für seine Stylus- und SQ-Tintenstrahldrucker Piezoelemente. Auch diese werden mikrolithographisch geätzt.

Die Entstehung eines Tropfens beim Bubble-Jet-Verfahren



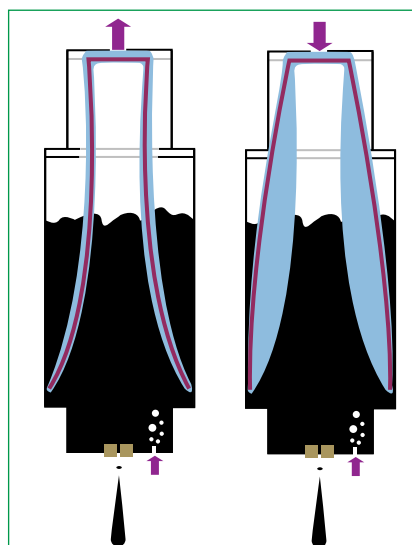
Quelle: HP

Die Düse eines Deskjet ist auf Silizium aufgebaut. Am Heizelement des Kammerbodens bildet sich eine Dampfblase, und ein Tropfen wird herausgeschleudert.

CHIP



40-ml-Deskjet-Patrone



Quelle: HP

CHIP

Entsprechend der Entleerung der Tintenpatrone dehnt sich ein von Stahlfedern gespannter Luftbeutel aus, um konstanten Druck zu gewährleisten. Gleichzeitig strömt eine kleine Menge Luft durch eine Öffnung am Boden der Patrone nach.

Der Epson-Druckkopf („Multilayer Actuator Head“) arbeitet mit einem Verbund Tausender feinsten Piezofädchen, die parallel nur wenige Hundertstel Millimeter zueinander laufen. Die Impulse sind kürzer als zehn Mikrosekunden, im Gegensatz zu den 250 Mikrosekunden eines Bubble-Jet-Druckers.

Farbe – mehr Ergonomie im Büro

Farbe macht Informationen leichter verständlich. Was lag also näher, als auch Heim- und Bürodrucker farbfähig zu ma-

chen? Thermotransferdrucker und Thermosublimationsdrucker sind aber genau wie Farblaserdrucker viel zu teuer für den Alltagsgebrauch. Tintenstrahler müssen dagegen nur mit zusätzlichen Druckköpfen ausgerüstet werden, die mit den drei Grundfarben Yellow (Gelb), Magenta (Purpur) und Cyan (Türkis) gefüllt sind (siehe auch Kasten „Tech-Talk“).

Beim ersten HP-Color-Deskjet wurde die vorhandene schwarze Patrone gegen eine Drei-Farben-Patrone ausgetauscht. Die Nachfolgegeräte verwendeten zur Kontraststeigerung Schwarz- und Farbpatrone gleichzeitig, was auch den lästigen Umbau des Gerätes erspart.

Höhere Auflösung beim Ausdruck von Fotos nötig

300 dpi (dots per inch, also Druckpunkte pro 2,54 cm) waren bei Laser- und Tinten Druckern lange Zeit Standard. Trotzdem bewegt sich der Markt bei Laser- und Tintenstrahldruckern zu 600 dpi und mehr. Der Grund: Ein Drucker hat auch bei Grautönen oder Farbfotos nur die Wahl zwischen Setzen oder Nichtsetzen eines Druckpunktes. Ein Grau muß er dem Auge per Rasterung („dithering“) vorspiegeln. Beispiel:

Ein Schachbrettmuster aus bedruckten und nicht bedruckten Punkten gibt 50 Prozent grau.

Das 2x2-Muster der Grundzelle bestimmt das Ergebnis. Die ist allerdings doppelt so groß wie ein einzelnes Pixel: Bei einem 600-dpi-Drucker stehen nun effektiv nur noch 300 dpi zur Verfügung!

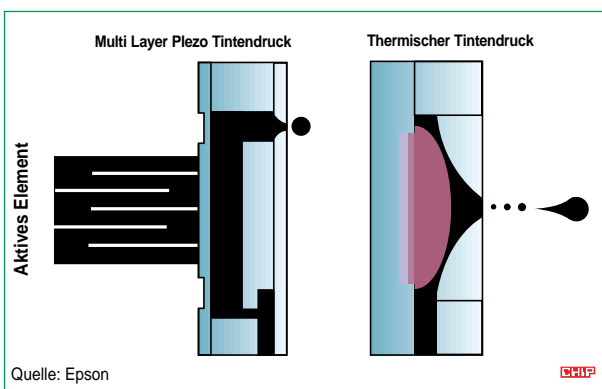
Insgesamt lassen sich mit der 2x2-Zelle nun fünf Helligkeitsstufen von weiß bis schwarz darstellen – 2x2 zuzüglich einer für „weiß“. Das menschliche Auge kann jedoch etwa 250 Grautöne unterscheiden, was einer 16x16-Dithermatrix entspräche. Damit hätte ein 600-dpi-Drucker nur noch eine effektive Auflösung von 40 dpi, was nicht akzeptabel ist.

In der Praxis hat sich eine 5x5-Matrix durchgesetzt, was 26 Grautöne und eine Auflösung von 120 dpi ergibt. Für eine Fotowiedergabe ist mehr nötig. Mehr als acht Farbtöne (die Grundfarben Gelb, Cyan, Magenta, die Mischfarben Rot, Grün, Blau, Schwarz und Weiß) können mit den drei zusätzlichen Farbtinten aber nicht direkt erzeugt werden.

Wege zu mehr Fotorealismus

Eine der Möglichkeiten, die Auflösung zu erhöhen, kann man im Buch- und im Zeitungsdruck besichtigen: Hier werden die Zwischentöne durch Rasterung erzeugt, aber je nach gewünschtem Schwärzungsgrad wird das Druckpixel in der Größe verändert. Damit entfällt die Notwendigkeit des „Ditherns“, und die volle Pixelauflösung bleibt erhalten. ►

Piezo- und Bubble-Jet-Technik im Vergleich



Quelle: Epson

CHIP

Bei den Laserdruckern hat Hewlett-Packard dies unter der Bezeichnung „RET“ (Resolution Enhancement Technology) umgesetzt. Dabei wird bei Bedarf die Position der Pixel versetzt, so daß sich nebeneinanderliegende Pixel mehr oder weniger überschneiden und dadurch verschieden große Zwischenräume zu den nächst angrenzenden Pixeln lassen. Außerdem werden Konturen (beispielsweise Buchstaben) vor dem Ausdruck so berechnet, daß möglichst keine Stufen sichtbar werden. Beim Tintenstrahldrucker ändert sich unter der Bezeichnung „Color-RET“ sogar tatsächlich die Größe und damit die Intensität des Farbpunkts, und zwar in vier Abstufungen: keine Farbe, leichte Tönung, starke Tönung, volle Intensität.

Umgesetzt wird dies nicht im Druckkopf selbst, sondern durch Überdrucken. Dabei stößt neue Tinte sofort auf den noch flüssigen Tropfen und vergrößert ihn. Deshalb ist für das gleiche Druckergebnis eine kleinere Dither-Zelle ausreichend; das Ergebnis entspricht einem



Tech-Talk

Yellow, Magenta, Cyan

Farbmonitore arbeiten mit Lichtquellen und deshalb mit additiver Farbmischung (Rot + Grün + Blau = Weiß) entsprechend den drei Farbrezeptoren im menschlichen Auge. Treffen die Strahlen einer Lichtquelle auf eine Fläche, werden sie reflektiert oder absorbiert. Die wahrgenommene Farbe der Fläche ist das auftreffende Licht subtrahiert um den absorbierten Teil. Deshalb findet beim Druck die Farbmischung subtraktiv statt; Druckfarbe fügt also nicht einen eigenen Farbton hinzu, sondern absorbiert

umgekehrt die Komplementärfarbe vom auftreffenden Licht.

Daher verwendet man im Druck Komplementärfarben zu den drei Grundfarben, die jeweils eine dieser genau absorbieren. Die Mischung aller drei Farben ergibt Schwarz. Zumindest in der Theorie – in der Praxis reicht die Farbkraft der Komponenten nicht, und es entsteht nur ein schmutziges Graubraun. Deshalb wird zusätzlich kontrasterhöhend mit der gewohnten schwarzen Farbe gedruckt.

Druck in Leuchtfarben – gut für Fälscher?

Über den Druck von Leuchtfarben hat man sich bei Canon Gedanken gemacht. Mit den Druckköpfen BC-29F und BC-09 können Canon-Geräte für den Druck von Businessgrafiken mit Textmarker-Leuchtkraft umgestellt werden. Laut Canon geht das auch auf Overheadfolien; der Projektor muß aber mit einer HQL-(Quecksilberdampf)-Lampe ausgerüstet sein. Die Lichtbeständigkeit der fluoreszierenden Farben ist geringer als die normaler.

Für Bildbearbeitung hat Canon eine Color Image Processing Software entwickelt, bei der in Verbindung mit speziell verdünnten Fototinte bis zu dreimal übereinander gedruckt wird. Das gilt für Cyan, Magenta und Schwarz – Gelb wird immer mit voller Intensität verwendet. Beim kleinen BJC-240 wird nur bis zu zweimal übereinander gespritzt, Grau und Schwarztöne entfallen – hier hat man wie bei den ersten Deskjets nur drei Grundfarben ohne Schwarz vorgesehen.

Angelo Setzer (jk) ☐



Basics

Bubble-Jet

Die Düsenkammern eines Bubble-Jet-Druckkopfes füllen sich automatisch durch Kapillarkräfte mit einem Zehnmilliardenstel Liter Tinte. Soll gedruckt werden, schaltet sich für zwei Mikrosekunden ein Heizelement ein, das die Tinte am Boden der Kammer auf 300°C überhitzt. Die entstehende Dampfblase dehnt sich aus und reißt Tinte mit in den Düschsack. Die Tinte verläßt schließlich als kleiner Tintentropfen mit 100 km/h die Düse in Richtung Papier.

Piezo

Die Piezo-Technik setzt elektrische Spannung direkt in mechanische Bewegung um und erzeugt so noch kürzere Impulse. Der Verschleiß ist so gering, daß die Druckköpfe normal im Laufe des Druckerlebens nicht gewechselt werden müssen.

Drucker mit höherer Auflösung. Laut Hewlett-Packard erspart dies die Verwendung von Spezialpapier.

HP-Druckertreiber benutzen außerdem das „Color-Smart“-Verfahren, das automatisch unterscheidet, ob es sich bei den zu druckenden Daten um Text und Grafik handelt oder um Fotos, bei denen Zwischentöne wichtig sind. Bei den neuen Modellen Deskjet 820 Cxi und 870 Cxi ist zusätzlich die schwarze Tinte auf Pigmentbasis hergestellt. Diese zieht nicht so tief ins Papier ein wie die übliche farbstoffbasierte Tinte und erreicht daher eine höhere Sättigung.

Bei den allerneuesten Modellen Deskjet 690 C und 694 C wurde schließlich mit der Photo-RE-Technik noch eins draufgesetzt: Dabei wird statt der Schwarzpatrone eine spezielle Foto-Tintenpatrone eingesetzt, die neben dem besonders intensiven Farbstoff-Schwarz noch hell abgetönte Cyan- und Magenta-Tinte enthält. Damit wird die (ohne Dithering) wählbare Anzahl von Farbabstufungen weiter erhöht, was in Kombination mit Fotodruckpapier auch Pastell- und Neonfarben möglich machen soll.

Da man bei diesen Modellen für den Privatanwender nur zweimal statt viermal überdruckt, ergibt sich keine höhere Auflösung als mit Color-RET, sondern nur eine andere Farbabstimmung, die etwas bunter und weicher wirkt, da der Schwarzanteil geringer ist. Die Kosten eines Fotoausdrucks im Format 10 x 15 liegen mit rund 30 Pfennig nicht höher als bei einem Abzug aus dem Fotolabor.



Herstelleradressen:

Canon Deutschland GmbH, Europapark Fichtenhain A10, 47807 Krefeld, Tel. (02 15 19) 345-0

Epson Deutschland GmbH, Zülpicher Str. 6, 40549 Düsseldorf, Tel. (0211) 56 03-0, Fax (0211) 504 77 87

Hewlett-Packard GmbH, Hewlett-Packard-Straße, 61352 Bad Homburg, Tel. (018 05) 32 62 22, Fax (018 05) 31 61 22