

■ Tröpfchen für Tröpfchen

Bei Tintendruckern kommen zwei konkurrierende Verfahren zum Einsatz. Doch die Technologie eignet sich nicht nur für den Druck von Tinte.

Es ist nicht übertrieben zu sagen, dass heute fast jeder private Computerbesitzer einen Tintenstrahldrucker sein Eigen nennt. Selbst in Haushalten, wo ein Laserdrucker steht, ist oft auch noch ein „Inkjet“ zu finden – und sei es nur, um die Urlaubsbilder auf die Schnelle ausdrucken zu können. Geräte für den Massenmarkt gibt es seit rund 20 Jahren, inzwischen hat sich die Technologie zu einem Milliardengeschäft entwickelt, das vor allem mit Tinten und Druckmedien Gewinne einfährt, während die Hersteller die Hardware mit geringen oder gar verschwindenden Margen abgeben.

Nach wie vor gibt es bei Geräten für den Heimbereich zwei konkurrierende Technologien. Im einen Fall entstehen die winzigen Tintentropfen auf thermoelektrischem Wege – etwa bei Canon oder Hewlett-Packard –, im anderen Fall auf piezoelektrischem, wie bei Geräten von Epson. Die Tröpfchen entstehen bei beiden in einem Druckkopf, auf dem feine Düsen angeordnet sind und der mit einem oder mehreren Reservoirs – den „Tintenpatronen“ – verbunden ist. In diesem System herrscht ein Unterdruck, die Tinte tritt also erst aus der Düse, wenn sie gezielt hinausgeschossen wird.

Bei einem thermoelektrischen Druckkopf – der Begriff hat sich im Deutschen eingebürgert, obwohl die Thermoelektrizität dabei keine



Hewlett-Packard

Ob Dokumente oder Urlaubsfotos – häufig kommen Tintendruckern zum Einsatz,

um digitale Daten auf das Papier zu bannen.

Rolle spielt – erzeugt ein nur wenige hundert Quadratmikrometer großer Heizwiderstand in der Düse eine lokale Dampfblase: Durch einen Stromstoß am Heizwiderstand beginnt die Tinte in einer dünnen Schicht darüber innerhalb weniger Mikrosekunden zu siedeln, bevor sich rasch eine Dampfblase bildet (Abb. 1). Die expandierende Blase presst dann einen Tintentropfen durch die Düse. Nachdem die Temperatur am Heizwiderstand wieder gesunken ist, fällt die Dampfblase rasch in sich zusammen und das Gesamtsystem erreicht schnell wieder seinen Ausgangszustand. Da die Dampfblase über dem Heizwiderstand den Wärmefluss zur Tinte weitgehend unterbindet, arbeitet das System selbstregulierend. Abhängig vom konkreten Druckkopf lassen sich laut Herstellerangaben so mehr als 10 000 Tropfen pro Sekunde erzeugen.

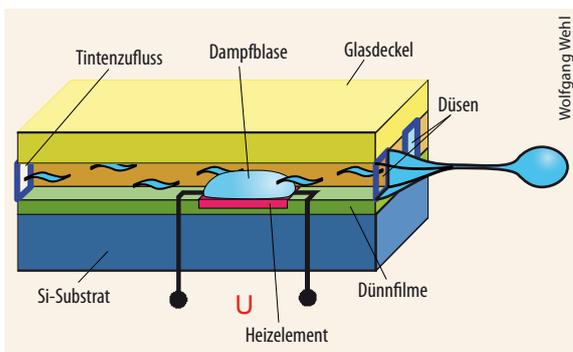
Der große Markterfolg dieser „Bubble-Jet“ oder „Thermal Inkjet“ genannten Technologie lässt sich aber vor allem durch die kostengünstige Herstellung der Druckköpfe erklären: Sie lassen sich mit den gängigen Verfahren zur Mikrochipproduktion fertigen. Ein Nachteil der Technologie sind dagegen die hohen Temperaturen von über 300 °C, die oberhalb des

Heizwiderstands während der Blasenenerzeugung herrschen. Tinte und Druckkopf müssen robust genug sein, um diese Hitze über viele Zyklen unbeschadet zu überstehen.

Beim konkurrierenden Verfahren steuert ein Piezoelement die Tropfenbildung (Abb. 2). Es befindet sich auf einer Seite der Düse und verformt den Tintenkanal beim Anlegen einer elektrischen Spannung. Im Kanal kommt es so zu einer Verdrängung der Tinte, durch die letztlich der Tropfen ausgestoßen wird.

Sowohl piezo- als auch thermoelektrische Druckköpfe lassen sich in verschiedenen Bauformen ausführen. Bei den Systemen für den Heimbereich sind Edge- oder Side-shooter am häufigsten: Sie stoßen die Tintentropfen tangential oder senkrecht zum Heizwiderstand bzw. Piezoelement aus.

Die Tropfen verlassen die Düse mit Geschwindigkeiten zwischen vier und zwölf Meter pro Sekunde und haben Volumina – je nach Modell und zu druckendem Motiv – von wenigen Pikolitern. Treffen sie auf gewöhnliches Papier, bildet sich zunächst ein Meniskus mit einem flachen Benetzungswinkel. Das Papier absorbiert die Tinte innerhalb von Millisekunden, das eigentliche Trocknen dauert deutlich länger.



Wolfgang Wehr

Abb. 1 Bei thermoelektrischen Druckköpfen (hier ein Edgeshooter) schießt eine expandierende Dampfblase die Tintentropfen aus der Düse.

Dies ist wichtig, wenn zwei Tropfen dicht nebeneinander auftreffen sollen: Ist der erste noch nicht absorbiert worden, wenn der zweite auftrifft, koagulieren die beiden, was ein verzerrtes Druckbild ergibt. Deshalb schreibt ein Tintendrucker eine Zeile nicht auf einmal, sondern in mehreren Durchläufen, damit die Tropfen in ausreichend langem zeitlichen Abstand ankommen. Dagegen landen die beim Tropfenabriss hinter dem eigentlichen Farball entstehenden Satelliten (Minitropfen und „Fäden“) idealer Weise an derselben Stelle wie der Tropfen.

Durch ein ausgeklügeltes Muster aus Vorschub für Druckkopf und Papier entsteht sukzessive ein Raster aus Punkten, deren Durchmesser variabel ist: Eine feine Linie etwa erfordert winzige Tintentropfen, während eine einfarbige Fläche mit größeren gedruckt wird, damit es nicht so lange dauert. Selbst relativ billige Modelle erreichen heutzutage hohe Seitengeschwindigkeit und enorme Auflösungen von 2400 Dots per Inch (dpi, umgerechnet fast 1000 Punkte pro cm) oder höher, wobei sich die Auflösung horizontal, durch die Bewegung des Druckkopfes, und vertikal, durch die Bewegung des Papiers, unterscheiden kann. Für optimale Ergebnisse spielt aber nicht mehr in erster Linie die Auflösung die entscheidende Rolle, sondern Tinten und das zu bedruckende Medium.

Für die beim Drucken relevante subtraktive Farbmischung muss ein Drucker ein Bild aus mindestens

drei Grundfarben zusammensetzen. Tintendrucker arbeiten im CMYK-Farbraum (Cyan, Magenta, Yellow, Key). Die schwarze Tinte („Key“) sorgt dafür, dass dunkle Flächen – und erst recht Schwarz-Weiß-Darstellungen – insgesamt weniger Tinte verbrauchen, als bei einer Mischung aller drei Farben. Außerdem ergibt sich ein sattes Schwarz im Gegensatz zu dem dunklen Braun aus CMY. Dass viele Geräte darüber hinaus noch weitere Tinten haben, liegt vor allem an den Besonderheiten der Rasterung heller, besonders der pastellenen Farbtöne: Der Drucker muss die Punkte in größeren Abständen zueinander setzen, was schnell zu einem verrauschten Bildeindruck führt. Zusatzfarben wie Hellcyan und Hellmagenta reduzieren diesen unerwünschten Effekt beträchtlich.

Druck statt Lithografie

Doch die Tintendrucktechnologie ist keineswegs auf Privat- und Büroanwendungen beschränkt. Schon lange haben Industrie und Wissenschaft erkannt, dass sich mit dem Prinzip auch weitere flüssige Materialien auftragen lassen. Anders als zum Beispiel bei lithografischen Verfahren, bei denen meist teures Material mühselig entfernt werden muss, ist der Tintendruck additiv, spart also Rohstoffe. Und so entstehen heute etwa organische Dünnschichttransistoren, Solarzellen, Sensoren oder leitende Strukturen mithilfe des Tintendruckverfahrens. An die Stelle der farbigen Flüssigkeit treten dabei leitfähige

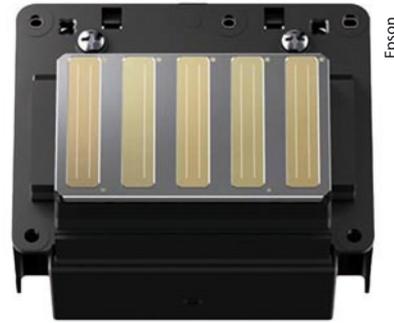


Abb. 2 Bei diesem Micro Piezo-TFP-Druckkopf der Firma Epson liegen rund 140 Düsen pro Zentimeter entlang der feinen weißen Linien. Jede davon steht für eine Farbe – dieser Druckkopf arbeitet also mit neun verschiedenen Tinten.

Polymere. Selbst in der Medizin und Pharmazie ergeben sich damit neue Anwendungen: So lassen sich beispielsweise Pflaster mit Wirkstoffen bedrucken, die von diesen über einen längeren Zeitraum wohldosiert abgegeben werden. Oft hat bei diesen neuen Anwendungsgebieten der Piezodruck die Nase vorn, weil viele Materialien sich nicht so gut verdampfen lassen wie wasserbasierte Tinte. Außerdem ist die Herstellung thermoelektrischer Druckköpfe in kleinen Stückzahlen relativ aufwändig und damit teuer.

Auch wenn man es angesichts des Milliardengeschäfts, das der Tintendruck heute schon ist, kaum glauben mag, könnte die Technologie also noch eine zweite Sternstunde erleben.^{*)}

Michael Vogel

^{*)} Wolfgang Wehl, Professor für das Fachgebiet Mikrosystemtechnik an der Hochschule Heilbronn, danke ich für wertvolle Hinweise.

Michael Vogel,
vogel_m@gmx.de