

## Digitale Schmöker

In den vergangenen Monaten sind immer mehr E-Book-Lesegeräte auf den Markt gekommen. Meist funktionieren sie mit elektronischer Tinte.

Vor mehr als zwei Jahrtausenden haben Chinesen das Papier erfunden. Erste chinesische Drucke sind aus dem Jahr 1324 überliefert, aber erst Mitte des 15. Jahrhunderts entwickelte Johannes Gutenberg ein erschwingliches Buchdruckverfahren. Nun scheint sich die nächste tief schürfende Veränderung im Buchmarkt abzuzeichnen: E-Books machen Papier und Druckereien überflüssig. Bereits in den 1990er-Jahren gab es erste elektronische Bücher. Der Markterfolg blieb jedoch aus, weil geeignete Wiedergabegeräte fehlten – entweder war die Qualität ihrer Displays rudimentär, oder es handelte sich um Notebook-ähnliche Geräte, die viel zu unhandlich und in der Bedienung unkomfortabel waren. Seit rund drei Jahren sind die erforderlichen Technologien so weit entwickelt, dass sich E-Books einer steigenden Akzeptanz erfreuen. Verlage bringen immer mehr Bücher auch in digitaler Form auf den Markt, und große Buchhandlungen sowie Anbieter von Lesegeräten betreiben eigene Online-Shops für E-Books.

Bei den Lesegeräten für die elektronischen Bücher handelt es sich



Sony

Elektronik statt Buchdruck: E-Book-Lesegeräte nutzen elektronische Tinte, um Buchstaben darzustellen. Die Zahl der

darstellbaren Graustufen ist bislang stark beschränkt, was aber bei Romanen nicht stört.

um spezialisierte Computer, die so viel wiegen wie ein Taschenbuch: In einem weniger als einen Zentimeter dünnen Gehäuse stecken ein besonders energiesparender Prozessor, Flash-Speicherbausteine mit bis zu zwei Gigabyte Kapazität (ein typischer E-Book-Roman ist ca. 1,5 Megabyte groß), ein Akku sowie

ein USB-Anschluss. Einige Modelle besitzen einen Steckplatz für Speicherkarten wie sie bei Digitalkameras üblich sind. Die Bilddiagonale der manchmal sogar berührungsempfindlichen Displays beträgt meist fünf oder sechs Zoll. Einzelne Lesegeräte haben ein Display aus Flüssigkristallen, wie sie auch in Notebooks und Flachbildschirmen verwendet werden.

Die große Mehrheit der E-Book-Reader arbeitet jedoch mit elektronischer Tinte. Diese besteht aus winzigen Kapseln, die einen Durchmesser wie ein menschliches Haar haben und in einer öligen Substanz schwimmen. Der Substanz ist ein dunkler Farbstoff beigegeben sowie Zusatzstoffe, um Eigenschaften wie die Viskosität oder elektrische Leitfähigkeit gezielt einstellen zu können. In den Mikrokapseln befinden sich, ebenfalls in einer Flüssigkeit, winzige schwarze und weiße Partikel. Die schwarzen sind negativ geladen, die weißen positiv.

Diese elektronische Tinte füllt einen einige Dutzend Mikrometer schmalen Spalt zwischen zwei Elektroden, von denen die obere

### WEITERE ANSÄTZE FÜR ELEKTRONISCHES PAPIER

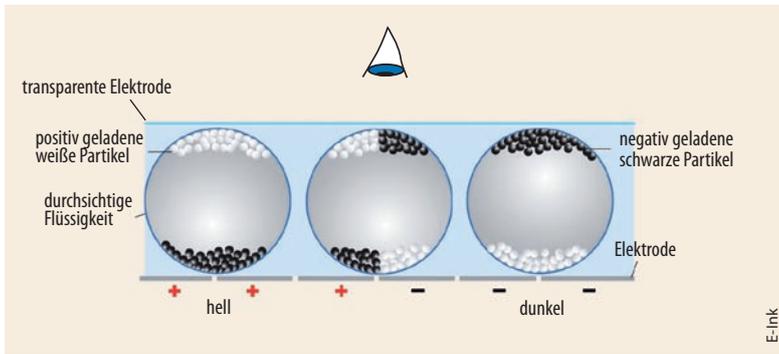
Neben der elektronischen Tinte gibt es zwei weitere Ansätze für elektronisches Papier – bislang nur als Prototypen. Sie dürften sich in absehbarer Zeit in Produkten wiederfinden, womöglich auch in E-Book-Lesegeräten.

■ **Mikromechanisch gesteuerte Interferenzmodulation:** Bei diesem Verfahren macht man sich die Interferenz des einfallenden Lichts zunutze. Der Abstand zwischen zwei reflektierenden Schichten wird dazu mikromechanisch so verändert, dass das reflektierte Licht konstruktiv oder destruktiv interferiert. Im Prinzip arbeiten solche Displays also wie ein Fabry-Pérot-Interferometer, bei dem zwei planparallele Spiegel einen optischen Resonator bilden. Die Displayelemente sind wie bei der elektronischen Tinte bistabil und benötigen daher keine ständige Energiezufuhr.<sup>1)</sup>

■ **Elektrobenetzung:** Bei dieser Technik liegen eine gefärbte Öl- und Wasserschicht übereinander. Über eine elektrische Spannung an den Steuerelektroden lässt sich die Oberflächenspannung der einzelnen Bildpunkte und damit deren Lichtdurchlässigkeit verändern. Bei der typischen Größe der Displaypixel ist die Kraft infolge der Oberflächenspannung rund tausendmal größer als die Schwerkraft. Deshalb ist der Ölfilm zunächst stabil und bedeckt das ganze Pixel. Liegt jedoch eine elektrische Spannung an, kann das System seine Energie senken, indem die Wasserschicht in Kontakt mit einer hydrophoben Schicht unter dem Ölfilm gelangt: Der Ölfilm zieht sich daher in einer Ecke des Pixels zu einem winzigen Tropfen zusammen und gibt die unter dem Pixel liegende weiße Fläche frei.<sup>2)</sup>

1) [www.mirasoldisplays.com](http://www.mirasoldisplays.com)

2) [www.liquavista.com](http://www.liquavista.com)



**Abb. 1** Elektronische Tinte beruht auf dem Prinzip der Elektrophorese. Die Tinte besteht aus Millionen von Mikrokapselformen, die in einer Flüssigkeit eingelagert sind. In den Mikrokapselformen befinden sich weiße und schwarze Pigmente, die

transparent ist (Abb. 1). Die vom Betrachter abgewandte Elektrode ist so strukturiert, dass die Tinte sich in entsprechenden Pixeln sammelt. Liegt eine Spannung an den Elektroden an, wandern die geladenen Partikel in den Mikrokapselformen zur jeweils entgegengesetzten Elektrode. Kommen die dunklen Partikel an der oberen Elektrode zu liegen, wird das einfallende Licht absorbiert, und das betreffende Pixel erscheint schwarz. Wandern hingegen die weißen nach oben zur transparenten Elektrode, reflektieren sie das Licht, sodass das Pixel weiß erscheint. Um eine bessere Auflösung zu erreichen, ist es möglich, die Pigmente innerhalb des Pixels genauer zu adressieren. Hierzu muss die untere Elektrode feiner strukturiert sein (mittleres Pixel in Abb. 1).

Der große Vorteil der E-Book-Displays, die mit elektronischer

sich in einem elektrischen Feld aufgrund ihrer Polarisation ausrichten. Befindet sich eine Schicht elektronische Tinte zwischen zwei Elektroden, von denen eine strukturiert ist, lassen sich damit helle und dunkle Pixel erzeugen.

Tinte arbeiten, ist ihr geringer Energiebedarf. Anders als ein Flüssigkristallbildschirm, der eine Hintergrundbeleuchtung benötigt, kommt elektronische Tinte ohne ständige Energiezufuhr aus: Nur beim „Umblättern“, also beim Aufbau einer neuen Seite, ist elektrische Energie erforderlich. Erst nach rund 8000 Mal umblättern ist der Akku leer. Flüssigkristallbildschirme müssen dagegen permanent wie ein Dia von hinten durchleuchtet werden, damit die dargestellte Information erkennbar ist. Daher sind Lesegeräte mit elektronischer Tinte auch weniger empfindlich gegenüber extremen Blickwinkeln oder direktem Sonnenlicht als Flüssigkristalldisplays.

Doch es gibt auch Nachteile: Die derzeit in Deutschland erhältlichen Geräte können nur 8 oder 16 Graustufen darstellen. Bilder sind also

nicht die Sache der E-Book-Reader. Auch bei schnell veränderlichen Bildschirminhalten können sie nicht mithalten, da die Partikel zu lange benötigen, um sich im elektrischen Feld auszurichten: Je nach Technologie liegen ihre Schaltzeiten zwischen 200 und 1200 Millisekunden. Bevor eine neue Seite auf dem Display erscheint, dauert es somit bisweilen über eine Sekunde. Moderne Flüssigkristalle trumpfen dagegen mit Schaltzeiten zwischen einer und fünf Millisekunden auf.

Die Technologie der elektronischen Tinte steht erst am Anfang (vgl. Kasten). In den nächsten Jahren dürfte es daher einige Fortschritte bei Schaltzeiten, Graustufen und Farbwiedergabe für E-Book-Lesegeräte geben. Die alten Chinesen hätten zweifellos schon über heutige E-Books gestaunt. Für einen Abgesang auf das gedruckte Buch scheint es aber zu früh zu sein. Die Liebe der Deutschen zum haptischen Leseerlebnis ist nach wie vor sehr groß: Im Jahr 2008 – aktuellere Zahlen liegen noch nicht vor – hat die deutsche Buchbranche mehr als eine Milliarde Bücher und Druckerzeugnisse produziert. Doch ist es ein verlockender Gedanke, mit einem E-Book-Reader gleich seine gesamte Privatbibliothek dabei zu haben...

Michael Vogel

Michael Vogel,  
vogel\_m@gmx.de