

E-PAPER IS TOMORROW

VON JOCHEN KOUBEK

I PAPIER

„Wir sind vom papierlosen Büro so weit entfernt wie von der papierlosen Toilette“, soll im Jahr 2001 der damalige Vorstandsvorsitzende von Siemens, Heinrich von Pierer, gesagt haben, um damit anzudeuten, dass Papier ein essentieller Bestandteil des Büros ist und auf lange Sicht auch bleiben wird.

Die Idee vom papierlosen Schreibtisch begleitet die Automatisierung der Büros seit dem Einzug der Personalcomputer in den Büroalltag. Elektronische Dokumente und Nachrichten sollen langfristig den Transport von papiergebundenen Informationen überflüssig machen. Die Idee klingt zunächst einleuchtend: Papier, Aktenordner, Lagerraum und Logistik könnten gespart werden, würden Geschäftskorrespondenz, Aktennotizen, Bestellzettel oder Memos elektronisch erstellt, verteilt und gelesen. Dennoch haben Bürocomputer den Papierverbrauch ansteigen lassen, anstatt ihn zu senken. Die Möglichkeit, Briefe auszudrucken, verleitet viele Sekretärinnen oder ihre Chefs dazu, mehrere Probeausdrucke von einem Brief anzufertigen, ehe das Resultat überzeugt – ‚die Überschrift bitte ein bisschen größer, dafür das Datum weiter rechts. Und hier könnten wir noch eine Clipart einfügen ...‘

Doch nicht nur bei der Produktion entsteht ein höherer Papierverbrauch. In einer umfangreichen Studie haben die englischen Wissenschaftler Abigail Sellen und Richard Harper den Mythos des papierlosen Büros untersucht.¹ Sie stellten fest, dass die Nutzung von E-Mail bis zu 40 % höheren Papierverbrauch nach sich ziehen kann. Neben den erwähnten Probeausdrucken sehen die Autoren den Grund darin, dass die Nutzer Papier dem Bildschirm als Leseschnittstelle vorziehen und Texte lieber ausdrucken. Harper verweist dabei auf die Vorzüge des Mediums Papier:

Looking closely at paper reveals why many existing digital technologies are inferior to paper for certain key tasks such as reading. Reading is not always conducted in a linear fashion. In reality, reading at work involves a variety of different disciplines including scanning, cross-referencing and in depth analysis. These disciplines in turn require different interactional functions from the reader. Current e-books show that designers have paid little attention to the need for people to navigate through, mark up and work across multiple documents as they

I Sellen, Abigail J./Harper, Richard H. R.: *The Myth of the Paperless Office*, Boston 2003.

read. Looking at paper use suggests innovative ways forward for digital reading as well as for other technologies.²

Papier ist gleichzeitig leicht verfügbar und tolerant im Umgang – eine Eigenschaft, die von den Autoren unter dem Begriff *affordance* zusammengefasst wird, einem Kunstwort, bestehend aus *affordable* (kostengünstig) und *allowance* (tolerant). Detlef Borchers resümiert die Ergebnisse der Studie über die Eigenschaften von Papier:

Papier ist billig und erlaubt es, mit allen möglichen Aktivitäten bearbeitet zu werden. Was wir mit einem Papier anstellen können, auch das Kritzeln, kann die Konzentration fördern. Computer lenken dagegen häufig ab. Was wir mit einem Tablet-PC anstellen können, dem am weitesten an den Schreibprozess angeglichener Computer, ist nur ein Bruchteil dessen, was das Papier gestattet.³

Hinzu kommt der Umstand, dass nur wenige Menschen bereitwillig am Computer lesen – die aktiv strahlenden Monitore ermüden die Augen, die lesende Sitzhaltung vor dem Rechner verspannt den Rücken. Die Stiftung Lesen hat im Jahr 2000 eine Repräsentativstudie zum Leseverhalten in Deutschland durchgeführt.⁴ Im quantitativen Teil wurden 2550 Personen ab 14 Jahren befragt, zusätzlich wurden 120 Personen ein- bis eineinhalb Stunden zu ihrem Lese- und Medienverhalten interviewt. Gesine Boeske fasst die von den Probanden geäußerten Nachteile des Lesens am Bildschirm zusammen:

Lesen am Bildschirm bedeutet für viele Computernutzer vor allem Umgewöhnung und Anstrengung. Das Sitzen vor dem Bildschirm ist auf Dauer unbequem, und auch die Augen ermüden schneller als bei herkömmlicher Lektüre. Dazu kommt, dass der Bildschirm für viele nicht die Qualitäten aufweist, die am Buch geschätzt werden. So erfolgt zum Beispiel das Blättern nicht mehr am Objekt direkt, sondern über Mittler wie zum Beispiel Maus oder Computertastatur. Anmerkungen oder Anstreichungen können auch nicht mehr in gewohnter Weise vorgenommen werden; und man ist in Bezug auf den Leseort

2 Harper, Richard H. R.: „The Paperless Office – Myth or Reality?“, 19.11.2001, <http://www.surrey.ac.uk/news/releases/01-1119paperless.html>, 10.07.2006.

3 Borchers, Detlef: „Das papierlose Büro, ein ewiger Zukunftstraum“, in: *Neue Zürcher Zeitung Online*, 19.12.2003.

4 Vgl. Stiftung Lesen (Hrsg.): *Leseverhalten in Deutschland im neuen Jahrtausend. Eine Studie der Stiftung Lesen*, Hamburg 2001.

sehr unflexibel, weil sich der Computer nicht kurz entschlossen mit in den Garten nehmen lässt.⁵

Hürden für das Lesen am Computer sind die geringe Auflösung von 72 dpi, ungünstige Schriftarten oder -größen, und auch die Tatsache, dass nur relativ wenig lesbarer Text auf einen Bildschirm passt und dadurch schnell die Übersicht im Gesamttext verloren geht. Falsche Sitzhaltung kann ernsthafte gesundheitliche Folgen haben, weswegen die Bildschirmarbeitsplatzverordnung die Rahmenbedingungen festlegt, unter denen ein Arbeitsplatz mit Computer gestaltet werden darf und wie die Höhe der Arbeitsfläche oder der Neigungswinkel des Bildschirms geregelt sein muss.⁶

Die Untersuchungen zu diesem einen Ausgabemedium zeigen bereits, dass in der Bedienung von Computern noch viel Verbesserungspotenzial steckt. Und sollte das Eingabeinterface eines Tages tatsächlich von dem Duo ‚Tastatur & Maus‘ auf Stimmerkennung wechseln, werden sich Betriebssysteme und Standardanwendungen derart wandeln, dass sie nur noch wenig an heutige Systeme erinnern dürften. Insofern erscheint es gewagt, den Umgang mit Computern bereits als vierte Kulturtechnik neben Lesen, Schreiben und Rechnen stellen zu wollen. Zu groß sind die Defizite und zu eng ist der Horizont, vor dem Computer betrachtet werden: Die heutigen Mensch-Maschine Schnittstellen gibt es erst seit 30 Jahren, kommerziell verfügbar sind sie seit 20 Jahren. Zu bewegt ist die technische Entwicklung, um bereits von einem kulturtechnischen Höhepunkt sprechen zu können.

Doch auch aus Sicht der Inhalte gibt es Argumente für eine Ablösung oder zumindest Ergänzung der heutigen Interfaces. Die Diskussion um digitale Inhalte ist geprägt von Begriffen wie ‚Urheberrecht‘, ‚Rechtmanagement‘ oder ‚Schutzfristen‘. Jede Äußerung oder Veröffentlichung erscheint in diesem Licht als schützenswertes Dokument, das es für die Ewigkeit zu bewahren gilt. Doch werden längst nicht alle Publikationen der Wissensgesellschaft mit Blick auf Verwertungsrechte und Archivierbarkeit produziert. Viele sollen einfach nur rasch informieren, sind für kurze Zeit aktuell und auf den Moment hin entworfen. Die visuelle Rezeption digitaler Informationen ist aber weiterhin an Computerbildschirme oder Papiausdrucke gebunden. Unabhängig von den jeweiligen Inhalten beeinflusst diese Rezeptionsform die Organisation von Arbeitsabläufen, von der technischen Infrastruktur über Informationsmanagement bis hin zu Entsorgungsproblemen.

5 Boesken, Gesine: „Lesen am Computer – Mehrwert oder mehr Verwirrung? Untersuchung zur ‚Konkurrenz‘ zwischen Buch und Hypertext“, 2002, <http://computerphilologie.uni-muenchen.de/jg02/boesken.html>, 10.07.2006.

6 Vgl. „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten“ (Bildschirmarbeitsverordnung – BildscharbV vom 4. Dezember 1996), in: *BGBI I*, S. 1843, zuletzt geändert am 25. November 2003, S. 2304.

II ELEKTRONISCHES PAPIER?

Elektronisches Papier verspricht Abhilfe, indem es sich in seiner Handhabung an herkömmlichem Papier orientiert. Die Diskussion um elektronisches Papier als unvermeidliche Zukunft der Printmedien kommt aus den 1990er Jahren, als von den Euphorikern des Hypertexts das Ende des Buchs ausgerufen wurde.⁷ Doch gab es und gibt es weiterhin wenig Hinweise für die Bestätigung dieser Hypothese, zu viele Vorteile bietet das Medium Buch. Und bislang auf dem Markt erhältliche eBooks, vom Tablet-PC, über *Adobes Glassbook* bis zum *Rocket eBook*, erwiesen sich auch durchgängig als Flop, nicht zuletzt deshalb, weil Kunden das häufig in jahrelanger Sozialisation erworbene sinnliche Gefühl des Lesens eines Buches vermissen. Es fehlt das Blättern, der Einband, das Gefühl viele Seiten in der Hand zu halten. So überrascht es wenig, dass viele Menschen längere Text lieber ausgedruckt auf Papier als vor den starren Glasdisplays der elektronischen Bücher lesen. Daher verschwand die Diskussion um elektronisches Papier zusammen mit dem Cyber-Hype und dem dot.com-Boom und der noch vor 10 Jahren propagierte Umzug der Gesellschaft in den Cyberspace fand (wieder einmal) nicht statt.

Inzwischen ist es an der Zeit, die Vorzüge des elektronischen Papiers aus einer abgeklärteren Perspektive zu betrachten und nicht mehr den Streit mit der Gesamtheit der Printmedien zu suchen. Denn die Nische für e-Papier ist groß. Viele Druckerzeugnisse, werden keineswegs als sinnliche Bereicherung der Lebenswelt verstanden, sondern als reine Informationsträger: Bedienungsanleitungen, Programmzeitschriften, Broschüren, Lottozahlen, Kataloge, Stadtpläne, Telefonbücher, Kontoauszüge, Rechnungen, Sportergebnisse, Preisschilder, Flugblätter, Speisekarten, Fahrpläne etc. Gebrauchsdrucke aller Art umgeben den informierten Menschen, ganz zu schweigen von Dokumenten, die elektronisch geliefert werden: Emails, PDFs oder Webseiten. Die in diesen Dokumenten enthaltenen Informationen unterscheiden sich von aufbewahrungswürdigen Informationen in drei Punkten:

- a) Ihre Aktualität ist raumzeitlich begrenzt. Wettervorhersagen gelten für eine bestimmte Region zu einem bestimmten Zeitraum. Über den begrenzten Informationswert hinaus haben sie für den Rezipienten keine weitere Bedeutung.
- b) Ihr Trägermedium ist ohne sinnlichen Mehrwert. Gebrauchsinformationen werden nicht aufbewahrt wie Bücher oder handgeschriebene Briefe. Obwohl der Träger die oben beschriebenen Vorteile des Papiers hat, so könnte die Information auf einem beliebigen Träger stehen, sofern dieser für den Rezipienten lesbar ist.
- c) Sie werden nach Benutzung weggeworfen: Papiermülltonnen werden mit Zeitungen und Zeitschriften, Werbung und Katalogen gefüllt. Zwar gibt es

7 Z.B. von Bolz, Norbert: *Am Ende der Gutenberg Galaxis*, München 1995.

Menschen, die z.B. Fahrpläne sammeln, die Mehrheit der Gebrauchsinformationen aber wird nach Gebrauch entsorgt.

Bei näherer Betrachtung fallen viele der täglich aufgenommenen Informationen in die Kategorie der Gebrauchsinformation. Für diese, nicht für umfangreiche Werke, Romane oder Sachbücher, bietet sich ein flexibles und wieder verwertbares Medium an, das nachhaltige Nutzung verspricht. Denn nach dem Scheitern der eBooks wurde vergessen, dass die ausgelieferten Produkte mit starrem Plastikgehäuse und gläsernen Displays keineswegs das waren, was die Visionäre mit elektronischem Papier im Sinn hatten: ein elektronisches Medium, das sich wie Papier verhält und gerade nicht einen kleinen Flachbildschirm.

Elektronisches Papier in diesem Sinn ist inzwischen (fast) ein marktreifes Produkt, wobei verschiedene Ansätze miteinander konkurrieren. In Kombination mit Funknetzen und Online-Datenbanken ermöglichen sie den Zugang zu Wissensräumen, den Printmedien und Bildschirme nicht zu erschließen vermögen.

III MERKMALE VON ELEKTRONISCHEM PAPIER

Elektronisches Papier weist im Gegensatz zu Computermonitoren folgende Merkmale auf, wobei es unerheblich ist, ob es sich um einen Kathodenstrahlmonitor oder einen TFT-Flachbildschirm handelt:

1) BISTABILITÄT

Das Bild eines Monitors ohne Energieversorgung ist schwarz. Jede Änderung ist mit Energieverbrauch verbunden, sobald die Energiezufuhr unterbrochen wird, fällt der Monitor in seinen Ausgangszustand zurück. Doch nicht nur die Bildänderungen benötigen Energie, auch die Bildauffrischung erfolgt mehrmals pro Sekunde, um dem Auge ein stabiles Bild zu suggerieren. Die Bildfrequenz bei Monitoren liegt zwischen 60-90 Hertz, d.h. das Bild wird 60-90 Mal pro Sekunde aufgefrischt. Flimmernde Monitore mit geringer Bildfrequenz haben die Augen jahrelang extremen Belastungen ausgesetzt. Flachbildschirme bieten ein deutlich flimmerfreieres Bild, benötigen aber ebenfalls Energie zur Bildstabilisierung.

E-Paper hat (mindestens) zwei stabile Zustände, in der Regel Schwarz und Weiß. Eine Anzeige bleibt auch nach Abschalten der Energieversorgung erhalten. Energie wird lediglich für den Wechsel zwischen den Zuständen aufgewendet.

2) PASSIVE BELEUCHTUNG

Computerbildschirme geben Licht ab, während sie ihre Anzeige erzeugen. Sie strahlen somit aktiv. Beim Lesen von einem Aktivstrahler blinzelt das Auge seltener, trocknet schneller aus und ermüdet rascher als unter natürlichen, reflektierenden Lichtverhältnissen. Elektronisches Papier kommt aufgrund seiner Bistabi-

lität ohne eigene Lichtquelle aus. Die Beleuchtung erfolgt wie beim Papier durch Reflexion des Umgebungslichts, sie ist somit passiv.

3) GERINGER ENERGIEVERBRAUCH

Bistabilität und passive Beleuchtung sorgen dafür, dass elektronisches Papier einen sehr geringen Energieverbrauch im Vergleich zu monostabilen aktiv strahlenden Ausgabegeräten hat.

4) HOHER KONTRAST

Lag in den Anfangstagen des elektronischen Papiers der Kontrast zwischen Hell- und Dunkelgrau, ist es inzwischen möglich, scharfe Kontrastkanten zwischen Weiß und Schwarz zu erzeugen. Dies erleichtert das Lesen für die Augen und beugt Ermüdungserscheinungen vor.

5) WEITER LESEWINKEL

Monitore strahlen bevorzugt in eine Richtung, senkrecht zur Bildschirmoberfläche. Abweichungen von diesem Winkel beeinträchtigen die Wiedergabequalität und die Lesbarkeit. Monitore nötigen dem Betrachter damit eine bestimmte Betrachtungshaltung auf. Diese Haltung fördert Verspannungen im Rücken-, Schulter- und Nackenbereich und verursacht die typischen muskulären Krankheiten des Bildschirmarbeiters.

Elektronisches Papier ermöglicht einen weiten Lesewinkel, ähnlich wie Papier. Änderungen der Rezeptionshaltung sind nicht mit Verminderung der Lesbarkeit verbunden. Der dadurch mögliche regelmäßige Wechsel der Leseposition beugt Haltungsschäden vor.

6) FLEXIBILITÄT

Eine wichtige Eigenschaft von Papier ist seine Formbarkeit, Papier kann gebogen, gerollt, geknickt oder gefaltet werden. Benötigt elektronisches Papier zurzeit noch einen starren Glasträger, so soll dieser zukünftig durch ein flexibles Material ersetzt werden, das zumindest rollbar ist. Damit wird zwar ‚E-Origami‘ auch in naher Zukunft nicht möglich, die Sperrigkeit und das Gewicht eines Bildschirms dürften aber überwunden sein, was bislang ein wesentlicher Hinderungsgrund für mobiles Lesen war.

7) BILLIGE PRODUKTION

E-Paper kann in großen Mengen produziert werden, wodurch die Herstellungskosten sehr gering gehalten werden können. Auch können die bestehenden Ver-

fahren für die Herstellung von LCD-Bildschirmen mit aktiver Matrix (s. u.) genutzt werden, wodurch der Aufbau neuer oder die Umgestaltungen bestehender Produktionsstätten entfällt. Insgesamt fallen weniger Prozessschritte an als bei der Produktion von Flachbildschirmen.

8) SCHICHTENAUFBAU

Jedes E-Paper-Display besteht aus einer Frontplane und einer Backplane. Die Frontplane enthält die für den Anwender sichtbaren Bildpunkte. Es gibt eine Reihe verschiedener Techniken, um elektronisches Papier mit den genannten Eigenschaften zu erstellen, die im nächsten Abschnitt vorgestellt werden.

Ebenso große technische Anforderungen stellt die Backplane, wo die Steuer elektronik untergebracht ist. Jeder Bildpunkt kann über eine Matrix angesprochen werden. Dabei wird unterschieden zwischen passiver und aktiver Matrix:

- a) Passive Matrix: Hier werden die Bildpunkte mittels überkreuzender Leiterbahnen angesprochen. Jede Leiterbahn ist mit einer Elektrode verbunden, so dass ein Bildpunkt über einen X- und einen Y-Wert geschaltet werden kann. Der Vorteil einer passiven Matrix liegt in einer verhältnismäßig einfachen und kostengünstigen Produktion. Die Nachteile sind eine lange Ansprechzeit und ein geringer Kontrast.
- b) Aktive Matrix: Bei dieser Technik wird jeder Bildpunkt mit Hilfe eines Transistors angesteuert. Die höhere Ansprechgeschwindigkeit und bessere Kontrolle über die Bildqualität wird durch einen deutlich aufwändigeren Produktionsaufwand erkauft.

Die Backplane aller derzeit erhältlichen E-Paper-Displays besteht ausschließlich aus Glas. Im Vergleich zu TFT-Monitoren ist das insoweit ein Fortschritt als das bei dieser Anzeigetechnik auch die Frontplane von einer Glasplatte bedeckt ist, elektronisches Papier hingegen mit einer flexiblen Folie aufwarten kann. Um aber papierähnliche Anzeigen zu erhalten, muss auch die Backplane flexibel werden.

IV FRONTPLANE-TECHNOLOGIEN

Gegenwärtig wird mit verschiedenen Verfahren experimentiert, um elektrisches Papier mit den aufgeführten Eigenschaften zu produzieren. Sie teilen sich ein in (1) elektrophoretische und (2) elektrochrome Verfahren sowie (3) Elektrowetting.

1) ELEKTROPHORETISCHE VERFAHREN

Bei elektrophoretischen Techniken (griechisch *phorèsis*: transportieren) werden winzige Partikel durch Anlegen einer elektrischen Spannung bewegt. Wie so viele IT-Technologien wurzelt auch diese im *Xerox Palo Alto Research Center* (PARC). PARC wurde 1970 von der Firma Xerox als Grundlagenforschungszentrum ge-

gründet mit dem Auftrag, Kopiertechniken zu verbessern. Mit einem Budget von 170 Mio. Dollar wurden die renommiertesten Computerspezialisten angestellt, deren Arbeit die Grundlagen des modernen PC legten, darunter Douglas Engelbarts Computermaus und das *Graphical User Interface* (GUI), Robert Metcalfs *Ethernet* oder Gary Starkweathers Laserdrucker. Der Physiker Nicholas Sheridan suchte nach einer möglichen Alternative zu den voluminösen Monitoren mit Kathodenstrahlröhren. Seine Idee war ein flexibles Display, in dem in einer Öllösung kleine polarisierte Kügelchen schwimmen, die auf einer Seite schwarz, auf der anderen Seite weiß sind. Durch Anlegen einer Spannung drehen sie sich und fügen sich zu einem Muster, ähnlich den Bildpunkten im Monitor. Aus technischen Gründen konnte Sheridan seine Idee nicht weiter verfolgen. Erst im Jahr 2000 gründete Xerox die Firma *Gyricon*, die ihr Produkt unter dem Namen ‚Smart Paper‘ zu vermarkten versuchte. Seit Ende 2005 konzentriert sich Xerox wieder auf seine Kerngeschäfte und beschränkt sich darauf, die Patente für Smartpaper an Interessenten zu lizenzieren.

Stärkster Konkurrent von Smartpaper war jahrelang die elektronische Tinte, die bereits 1993 von Joseph Jacobson am MIT wurde erfunden und seit 1997 von der Firma *E-Ink* vermarktet. Auch bei dieser Technik werden kleine Partikel bewegt, allerdings sind diese einfarbig und schwimmen in kleinen mit einer klaren Flüssigkeit gefüllten Kügelchen. Die schwarzen Partikel sind negativ, die weißen positiv geladen und werden je nach angelegter Spannung an die Oberfläche der Kügelchen gezogen.

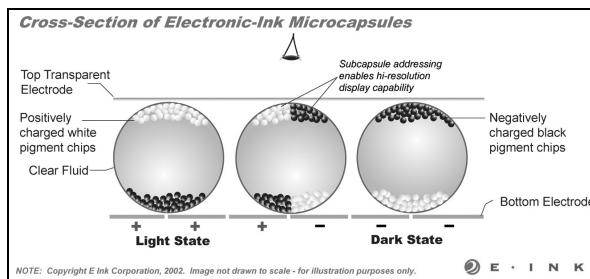


Abb. 1: *E-Ink Microcapsules*.⁸ *E-Ink* ist zurzeit der aussichtsreichste Kandidat, den Markt für elektronisches Papier zu erschließen.

Im Gegensatz zu *Gyricon* fand *E-Ink* finanzstarke Partner, darunter die *Sony Electronic Inc.*, die elektronische Tinte im *Librié* für den japanischen Markt und seit dem Frühjahr 2006 mit dem *eReader* ein elektronisches Buch für den amerikanischen und europäischen Markt anbietet. Während *Librié* nur ein proprietäres Format lesen konnte und an restriktiven Kopierschutzmaßnahmen scheiterte, kann der

8 http://www.e-ink.com/press/images/highres_downloads/how_eink_works_highres.jpg, 10.07.2006.

eReader normale PDF-Dokumente anzeigen. Seit September 2005 bietet *E-Ink* zusätzlich ein Developer Kit für E-Books an, um Entwickler für E-Paper-Anwendungen zu interessieren. Die Pressemitteilung verspricht: „A resolution of 170 pixels per inch (PPI) and the capability of displaying four gray levels give this 6" diagonal display text quality with the clarity of newsprint.“⁹ Die Zeitung wird als klares Vorbild für elektronisches Papier definiert, was uns in Abschnitt V noch beschäftigen wird.

Während Philips seine Produktionssparte für E-Paper-Displays im Mai 2005 an den taiwanesischen LCD-Hersteller *Prime View International* verkaufte, investieren Chip-Hersteller *Intel* und der Druckerproduzent *Epson* verstärkt in *E-Ink*. Elektronisches Papier verspricht Marktverschiebungen sowohl beim Computer, beim Bildschirm- als auch beim Druckermarkt.

Epsons Konkurrent *Canon* versuchte sich bereits im Jahr 2000 an elektrophoretischen Displays und stellte das *Paper-Like Display* vor. Bei dieser Technik bewegen sich die gefärbten Partikel seitwärts, wodurch ein schwarzes Raster das Display durchzieht. Die Firma *SiPix* versucht sich mit *Microcup*-Strukturen ebenfalls am Markt zu etablieren, im Juni 2006 stellte der Reifenhersteller *Bridgestone* ein E-Paper-Produkt vor. Doch wie bei jeder Erfindung wird auch hier die Technik alleine kein Garant für den kommerziellen Erfolg sein. Benötigt werden strategische Partnerschaften und verkaufbare Produkte. Unter diesen Aspekten erscheint *E-Ink* zurzeit als aussichtsreichster Kandidat, den Markt zumindest für Frontends von elektronischem Papier zu bestimmen.

2) ELEKTROCHROME VERFAHREN

Ein ganz anderes Vorgehen als das elektrische Bewegen aufgeladener Partikel hat *Siemens* im Jahr 2003 vorgestellt. Das *ePyrus* arbeitet elektrochrom, was im Wesentlichen eine umkehrbare Oxidation bzw. eine Reduktion darstellt, ähnlich wie in einem Lithium-Ionen-Akku. Durch eine angelegte Spannung fließen Ionen zu einer Polymerschicht. Diese wird chemisch reduziert, wodurch sich ihre Absorptionseigenschaft für rotes Licht erhöht und sie dunkelblau erscheint. Bei umgekehrter Spannung verschwindet die Färbung wieder. Das Verfahren wird z.B. bei elektrisch verdunkelbarem Fensterglas (sogenanntem *Smart Glass*) verwendet; dessen Eigenschaften setzten auch die Grenzen des *ePyrus*-Prototyps. So waren einzelne Bildpunkte nicht gezielt ansteuerbar, Matrix-Displays sollen aber in Vorbereitung sein. Auch lag die Ansprechgeschwindigkeit noch deutlich über einer Sekunde, hier versprach *Siemens*, den Wert auf unter 100 ms senken zu können. Da aber auf der *Siemens*-Website keine Hinweise mehr für die Entwicklung von *ePyrus* zu finden sind, darf vermutet werden, dass dieser Bereich nicht weiter verfolgt wird. Derzeit forschen verschiedene Universitäten sowie die schwedi-

9 E Ink Corporation: „E Ink Launches Electronic Paper Prototype Kits“, 27.09.2005, <http://lxer.com/module/newswire/view/44102/index.html>, 10.07.2006.

sche Firma Acreo an elektrochromen Anzeigeformen – letztere insbesondere an einem Druckprozess, um derartige Displays auf Papier bzw. auf flexible Folien auftragen zu können.

Als Alternative können organische LEDs (*Light Emitting Diodes*) dienen, die zwar nicht bistabil sind, ihren Zustand aber mit extrem niedrigem Energieverbrauch stabilisieren können. Darüber hinaus sind sie leuchtstark und haben Ansprechzeiten, die schnell genug für Bewegtbilder sind. Flexible Mehrfarbanzeigen werden bereits in Mobiltelefonen verbaut. Da es sich aber um monostabile Aktivstrahler handelt, werden sie in der Regel nicht zu elektronischen Papieren gezählt.

3) ELECTROWETTING

Ein letztes hier vorgestelltes Verfahren ist das sogenannte ‚Electrowetting‘. Dabei wird ausgenutzt, dass bestimmte Öle sich bei Anlegen einer Spannung zusammenziehen. Ein Display mit Electrowetting-Technik besteht aus kleinen Rasterzellen, die mit Öl und Wasser gefüllt sind, wobei ein Ölfilm gleichmäßig den Boden bedeckt. Wird ein Bildpunkt durch ein elektrisches Feld angesteuert, kontrahiert das Öl und gibt den Boden der Zelle frei. Auf diese Weise können Abstufungen zwischen zwei Farben erreicht werden. Der große Vorteil dieses Verfahrens ist die schnelle Ansprechzeit, die unter 10 ms liegt, womit Bildwechsel im Videobereich möglich wären (25 Bilder/Sekunde benötigen 40 ms/Bild). Electrowetting-Displays sind nicht bistabil und benötigen Energie zur Kontraktion des Öls. Die Leistungsaufnahme soll aber unterhalb eines LCD-Bildschirms liegen, womit batteriegetriebene flexible Displays für Bewegtbilder den Visionen einer mobilen Videozeitung durchaus entsprechen würden. Electrowetting ist aber noch lange nicht produktions- geschweige denn serienreif und dürfte eher die Weiterentwicklung der elektronischen Papiere der ersten Generation werden.

4) ENTWICKLUNG

Ausgehend vom Stand der technischen Entwicklung hat *E-Ink* eine Roadmap veröffentlicht, welche die Entwicklung von elektronischem Papier skizziert. Demnach gibt es drei Generationen mit verschiedenen Anwendungen:

- a) Segmente mit geringer Auflösung:
Hierbei werden nicht einzelne Pixel, sondern größere Segmente angesteuert, die z.B. Buchstaben formen. Dies ähnelt den 7-Segment-Ziffern von LCD-Anzeigen, weist allerdings nicht deren Energieverbrauch auf. Sie werden bereits zur Stationsanzeige in Bussen, für Kalender oder für Preisauszeichnungen verwendet.
- b) Hochauflösende aktive Matrix-Anzeigen:
Durch das Ansteuern einzelner Bildpunkte können deutlich feinere Auflösungen erzielt werden als bei der Segmentanzeige. Diese Displays werden in

eBooks wie Librié oder eReader eingesetzt, oder sie sollen die Anzeigemöglichkeiten von Mobiltelefonen erweitern.

Aktive Matrix-Anzeigen können bereits verschiedene Farben anzeigen, indem die Auflösung klein genug gewählt und somit aus mehreren Bildpunkten eine Mischfarbe generiert wird – ein Verfahren, das beim Fernsehen oder bei der Digitalfotografie angewendet wird. Die aktive Matrix benötigt jedoch noch eine starre Backplane, wodurch sie sich wesentlich vom Papier unterscheidet.

c) Flexible Displays:

Der nächste Schritt ist die Einführung eines biege- oder rollbaren Trägers, mit dem auch die haptischen Eigenschaften von Papier nachgeahmt werden sollen. Auf flexiblen Bildschirmen basieren die Visionen und Firmenstudien für elektronische Zeitungen. Als weiteren Schritt in diese Richtung kündigte der Philips-Ableger *Polymer Vision* im Januar 2007 ein ausrollbares Display mit 16 Graustufen auf Basis der E-Ink-Technik an, das in den kommenden Jahren in Mobiltelefone, PDAs oder GPS-Geräten Platz finden soll.

- d) Die nächste Stufe, die allerdings nicht in E-Inks Roadmap auftaucht, bestünde darin, die Ansprechzeit entsprechend zu verkürzen, um farbige und bewegte Bilder auf flexiblen Displays darstellen zu können wie es bspw. in Steven Spielbergs Film *MINORITY REPORT* gezeigt wird (Abb. 2). Dadurch würde zwar der Energieverbrauch des elektronischen Papiers wieder steigen, die Entwicklung wäre aber insoweit an einem Höhepunkt, als dass alle Anwendungen, die mit einem Computermonitor möglich sind, auf das elektronische Papier übertragen werden könnten.



Abb. 2: Bilder aus *MINORITY REPORT*. In einblättrigen elektronischen Zeitungen können dringende Nachrichten kurzfristig und mobil angezeigt werden.

V E-ZEITUNG – DIE ZUKUNFT

E-Paper ist ein bistabiles und damit energiesparendes, passiv beleuchtetes Ausgabemedium, das hohen Kontrast und weiten Lesewinkel ermöglicht. Insgesamt gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, diese Eigenschaften umzusetzen. Einige Hersteller stehen kurz vor der Vermarktung ihrer Lösung, andere warten noch auf ihre Chance.

Doch wie bei jedem Medium ist nicht nur die zugrunde liegende Technik für den Erfolg am Markt entscheidend, sondern auch die übrigen Schritte in der Wertungskette. So müssen neben den Displays auch Gerätehersteller gefunden werden, die sie in Medien einbauen. Inhalte müssen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen und letztlich müssen die Kunden davon überzeugt werden, dass es sich lohnt, ein neues Gerät zu kaufen und sich neue Rezeptionsformen anzueignen. So fehlt weiterhin die vielfach beschworene ‚Killer-Applikation‘, die Anwendung, die Kunden zum Kauf eines elektronischen Papiers bewegen könnte. Ganz oben auf der Liste potenzieller Kandidaten steht die elektronische Zeitung. Diese soll sich vor allem in zwei Punkten von der papiergebundenen Tageszeitung unterscheiden:

- a) Ihre Inhalte können von den Kunden individuell zusammengestellt werden. Wer den Sportteil nicht liest, bestellt diese Rubrik nicht, wer sich besonders für Fußball interessiert, bekommt besonders viele Neuigkeiten aus diesem Bereich. Der große Vorteil für den Inhabeanbieter, über die Interessen und Wünsche der Kunden derart informiert zu sein, besteht in der Möglichkeit, ihnen neben den Artikeln auch individualisierte Werbung mitsenden zu können.
- b) Ihre Aktualität bestimmt der Kunde. Während eine Zeitung produktionsgebunden einmal täglich erscheint, kann eine elektronische Zeitung ihre Nachrichten verteilen, sobald sie redaktionell bearbeitet wurden – ähnlich wie bei Online-Newstickern. Der Kunde kann mehrmals täglich neue Nachrichten erhalten.

Beide Eigenschaften sind mit analogen Printmedien nicht umsetzbar. Zeitungen sind identische Kopien, die in einem vom Verleger vorgegebenen Rhythmus erscheinen. In diesem Sinne wird die elektronische Zeitung kein Massenmedium mehr sein, sondern teilt mit den Printzeitungen nur noch die Eigenschaft, das redaktionell bearbeitete Produkt eines bestimmten Verlags zu sein. Ob sich aber Kunden finden, die bereit sind, für elektronische Inhalte zu bezahlen, wenn sie auf einer neuartigen Display-Technik angezeigt werden, ist gegenwärtig noch unklar. Oder wie Helmut Merschmann es ausdrückt: „Gemäß Gottfried Wilhelm Leibniz strebt zwar alles Mögliche nach Existenz, doch der Konsument will nicht für alles Mögliche Geld ausgeben.“¹⁰ Versuche einer bezahlbaren Netz-Zeitung jedenfalls

¹⁰ Merschmann, Helmut: „Elektronische Papiertiger“, 2005, <http://www.heise.de/tp/r4/artikel/20/20083/1.html>, 10.07.2006.

scheiterten bislang u.a. an der fehlenden Bereitschaft zur Online-Lektüre sowie an dem breiten Alternativangebot kostenfreier Informationsquellen.

Zu vermeiden ist darüber hinaus der Fehler, den viele Hersteller von E-Büchern, zuletzt *Sony* mit seinem *Librié*, gemacht haben: Die Inhalte in einem proprietären Format anzubieten und damit zu versuchen, die Kunden an den Hardware-Hersteller zu binden. Das Lesegerät einer elektronischen Zeitung sollte zumindest die Standardtextformate anzeigen können, allen voran PDF. Damit können Gerätehersteller von den Inhalteanbietern getrennt werden und ein breiter Markt entstehen, der evtl. auch Platz für die abonnierbare elektronische Zeitung bietet.

1) VERTEILUNG

Die Verteilung der Nachrichten erfolgt bei der elektronischen Zeitung natürlich via Internet. Als physikalische Schicht kommt dabei nicht nur der heimische PC in Frage. Vielmehr können die bestehenden bzw. die im Aufbau befindlichen Funknetze genutzt werden. Zu nennen wären die zunehmenden Wireless LAN-Knoten auf Grundlage der IEEE-Normen 802.11.a-g, die in verschiedenen Städten zu City-Netzen ausgebaut werden, darunter New York, Düsseldorf oder Paris.¹¹ Alternativen sind die Mobilfunknetze, allen voran das kommende UTMN-Netz, in dem detaillierte Abrechnungsmodalität für Inhalte möglich sind.

Darüber hinaus bieten sich die digitalen Rundfunknetze an: *Digital Audio Broadcasting* (DAB) bzw. *Digital Video Broadcasting* (DVB). Das Problem von Rundfunknetzen liegt in ihrer Natur, Inhalte an beliebig viele Anwender zu senden. Individuelle Anforderung von Inhalten und – was vermutlich wichtiger ist – individuelle Abrechnung wird dadurch wesentlich erschwert.

Neben Bandbreiten-, Verteilungs- und Abrechnungsmodalitäten gibt es bei diesen Netzen aber auch ökologische Faktoren zu berücksichtigen, wengleich zu befürchten ist, dass derartige Fragen auch bei diesem Medium nur eine untergeordnete Rolle spielen werden.

2) ÖKOLOGISCHE FRAGEN

Noch gibt es keine vollständige Ökobilanz von E-Paper-Produkten. Erste Abschätzungen der Umweltauswirkungen weisen allerdings überraschende Ergebnisse auf:¹² So schätzt das Berliner Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) den kumulierten Energieaufwand (KEA) bei elektronischen Zeitungen zwischen zehn- bis vierzigmal höher als bei Papierzeitungen. Der KEA eines Produkts setzt sich aus der Energiemenge der gesamten Produktions- und

11 http://www.prais.fr/portai/Economie/Portal.lut?page_id=7799.1

12 Kamburow, Christian: *E-Paper – Erste Abschätzung der Umweltauswirkungen. Eine ökobilanzielle Betrachtung am Beispiel des Nachrichtenmediums Zeitung*. (IZT Werkstatt-Bericht, Nr. 67), Berlin 2004.

Verteilungskette zusammen. Bei der Printzeitung berechnet er sich aus Papierherstellung, Druckprozess, Vertrieb und Entsorgung. Der anteilige KEA für das Lesen einer Print-Zeitung beträgt 1,5 MJ pro Leser, wobei 87% der Energie bei der Herstellung anfallen.

Das Lesen der Online-Zeitung berechnet sich mit Datenübertragung, anteiliger PC-Herstellung und Gebrauch zu 2 MJ für das Lesen der Online-Zeitung, also bereits mehr als für die Papiervariante. Der Datenübertragung kommen dabei 50% der Gesamtenergie zu.

Bei der elektronischen Zeitung auf elektronischem Papier addiert sich der KEA aus der anteiligen Energie für die Herstellung des Lesegeräts, die Datenübertragung sowie die Energie, die beim Lesen aufgewandt wird. Bei der teilmobilen Variante mit Übertragung durch das Internet fallen 10 MJ, bei der mobilen Übertragung via UMTS als physikalischer Schicht fallen sogar 50 MJ an. Den mit Abstand größten Energieaufwand erfordert die Übertragung der Daten über Internet bzw. über das Mobilfunknetz. Die Energieaufwendungen für anteilige Herstellung und Gebrauch können angesichts dieser Menge sogar vernachlässigt werden.¹³

Die Übertragung von Informationen durch das UMTS-Netz dürfte die wahrscheinlichste Distributionsform der elektronischen Zeitung sein, nicht zuletzt angesichts der enormen Investitionen der Mobilfunkbetreiber in diesem Bereich. Da der KEA bei dieser Variante bis zu vierzigmal höher im Vergleich ist als beim Lesen einer Printzeitung, gerät der Vorteil des elektronischen Papiers als wieder verwendbarem Träger für Gebrauchsinformationen zum ökologischen Nachteil. Ubiquitäre und individuelle Verfügbarkeit von Informationen hat ihren Preis in Form von höherer Energieaufwendung.

Als Alternative zu UMTS empfiehlt das ITZ die Nutzung der Rundfunknetze DAB bzw. DVB-Terrestrial (DVB-T). Bei Nutzung dieser Infrastrukturen würde der kumulative Energieaufwand von 50 MJ auf 0,1 MJ sinken, womit elektronische Zeitungen, per DVB-T an E-Paper-Lesegeräte verschickt, zur ökologisch günstigsten Form des Zeitungslesens würden.

IV FAZIT

Elektronisches Papier ist das ewige Produkt von morgen. Seit den ersten Prototypen werden die Möglichkeiten des flexiblen Displays und seine Vorteile gegenüber normalem Papier gepriesen. Serienreife Produkte sind immer wenige Jahre entfernt und wenn es welche gibt, wie *Sonys Librié* oder den *eReader*, dann erinnern sie mehr an Handheld-PCs als an Papier. Das Potenzial ist so gewaltig wie die Erwartungen, aber der letzte Schritt zum flexiblen und tragbaren Display fehlt weiterhin. Nur die wachsende Zahl vorführungsreifer Prototypen gibt Anlass zu der Vermutung, dass elektronisches Papier der dritten Generation tatsächlich

¹³ Kamburow (wie Anm. 12), S. 57.

kurz vor der Markteinführung steht. Die flexiblen Lesegeräte bräuchten dann nur noch eine Software und ein Portal, das ähnlich wie *Apples iTunes* den gesamten Lebenszyklus einer Nachricht oder eines Romans begleitet. Dann könnte E-Paper tatsächlich zu der lange versprochenen Erfolgsgeschichte werden. Das aber wird erst morgen abzusehen sein.

