

# E-Paper: Das Anzeigemedium der Zukunft?

Daniel Tunjic  
Hochschule für Technik Stuttgart

26. November 2007

## **Inhaltsverzeichnis**

### **1. Einleitung**

### **2. Technik**

#### **2.1 Grundlagen**

#### **2.2 Entwicklungsstand**

### **3. Empirische Untersuchung**

#### **3.1 Untersuchungsgegenstand**

#### **3.2 Vor- und Nachteile für Verbraucher**

#### **3.3 Praktische Nutzung**

### **4. Ökologische Effekte**

#### **4.1 Produktionsbedingte Umweltbelastungen**

#### **4.2 Lebensdauer**

#### **4.3 Stromverbrauch**

#### **4.4 Abfall und Recycling**

### **5. Fazit**

### **Literatur**

# 1 Einleitung

Der Papierverbrauch weltweit steigt kontinuierlich. Im Jahr 1850 lag er in Deutschland bei rund einem Kilogramm je Einwohner und Jahr. 100 Jahre später war der Verbrauch bereits 32 Mal höher. Von 1950 bis heute stieg der Papierverbrauch in Deutschland noch einmal um über 700 Prozent, auf heute rund 230 Kilogramm je Einwohner jährlich. In Osteuropa und Asien, vor allem in China, wird mit jährlichen Verbrauchssteigerungen von mindestens 5 Prozent gerechnet. Bis 2015 wird der globale Papierverbrauch von heute 320 Millionen Tonnen auf 440 Millionen Tonnen zunehmen [Initiative2000plus, 2007]. Es stellt sich zunehmend die Frage, woher die gewaltigen Rohstoffmengen für den globalen Papierkonsum der Zukunft kommen sollen.

Ein Großteil des Papierverbrauchs ist auf die Befriedigung der Grundbedürfnisse für Bildung und Kommunikation zurückzuführen. Besonders das 20. Jahrhundert hat die Entwicklung der Bildungs-, und Medienlandschaft und die Nutzung von Printmedien stark dynamisiert. Doch mit zunehmender Digitalisierung und der Entwicklung des elektronischen Papiers könnte es mittelfristig eine Alternative zu herkömmlichen Printmedien geben. Es ist davon auszugehen, dass der Zeitungs-, Zeitschriften- und wohl auch der Buch-, und Werbemarkt mittelfristig einer größeren Wandlung unterworfen sein werden. Aufgrund der ökologischen Belastung und des technischen Fortschritts könnten die Verlage künftig gezwungen sein, das Druckmedium Papier aufzugeben, und die Informationen ökonomisch effizienter und ökologisch verträglicher auf einem modernen, dauerhaft einsetzbaren Medium zu übermitteln [Zinnbauer/Thiem, 2002].

Diese Arbeit soll zunächst die technologischen Grundlagen und den Entwicklungsstand von E-Paper näher beleuchten. Weiterhin werden die Anwendungsfelder vorgestellt, sowie Ergebnisse von empirischen Studien analysiert um darauf aufbauend das Potenzial für E-Paper zu diskutieren.

## **2 Technik**

### **2.1 Grundlagen**

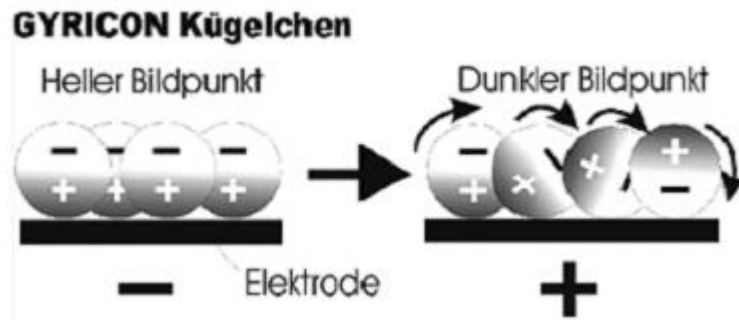
Der Begriff E-Paper bezeichnet hauptsächlich zwei unterschiedliche Dinge. Zum einen wird er von einigen Verlagen dafür benutzt, ihre Tageszeitungen im Internet anzubieten und sie als Dokumente zum Download anzubieten. Darauf soll in der folgenden Arbeit nicht weiter eingegangen werden. Zum anderen handelt es sich um eine alternative elektronische Anzeigetechnik ähnlich wie Röhrenbildschirm, LCD oder Plasmadisplay.

Die Bezeichnung „E-Paper“ verdankt das neue Anzeigemedium den papieraffinen Eigenschaften die es besitzt. Es kann wie herkömmliches Papier gefaltet oder gerollt werden. Moderne Papiere bestehen im Wesentlichen aus Holzfasern, Altpapier, Füllstoffe zur Strukturverbesserung und Wasser [PBS-Akademie, 2007]. E-Paper hingegen besteht aus zwei Folien, einer durchsichtigen auf der Vorderseite, auf der die Informationen angezeigt werden, und einer Folie auf der Rückseite. Diese Folien schließen eine gelartige Trägerflüssigkeit ein. In der genannten Flüssigkeit schwimmen mikroskopisch kleine Kugeln. Die Kugeln können ihre Position innerhalb der Flüssigkeit nicht verändern, sie sind somit an ganz bestimmte Punkte gebunden. Auf der Rückseite des „Blattes“ befindet sich eine Vielzahl von winzigen Elektroden. Diese Elektroden können durch Anlegen von Spannung positiv oder negativ geladen werden. Diese magnetische Ladung hat wesentliche Auswirkungen auf die Kugeln oder deren Bestandteile innerhalb der Folien [E-Ink Corporation, 2007].

Aus der Entwicklung von E-Paper sind im Wesentlichen zwei verschiedene Herstellungsverfahren hervorgegangen. Zum einen das von Nick Sheridon entwickelte E-Paper und zum anderen eines von Joseph Jacobson.

#### **2.1.1 Nick Sheridons E-Paper**

In den 70er Jahren forschte Nickolas K. Sheridon an alternativen Anzeigetechniken. Er war damals Forscher bei Xerox in der Forschungseinrichtung Xerox PARC (Palo Alto Research Center), die schon für Entwicklungen wie z.B. Maus, die Programmiersprache Smalltalk, die grafische Benutzungsoberfläche, das Ethernet-Protokoll oder den Laserdrucker verantwortlich ist. Während dieser Arbeit entwickelte er das erste elektronische Papier. Bei diesem E-Paper befindet sich zwischen den Plastikfolien ein Öl, worin kleine Kugeln schwimmen, die ihre Position nicht verändern können. Diese Kugeln sind halbseitig schwarz und weiß. Außerdem haben diese unterschiedlich gefärbten Seiten auch noch verschiedene Ladung z.B. ist die weiße Seite negativ und die schwarze Seite positiv geladen, ähnlich einem Festmagneten. Wird die Elektrode auf der Unterseite des E-Paper beispielsweise positiv geladen, so zieht diese die negative (weiße) Seite an, wodurch sich die Kugeln so drehen, dass Ihre negative Seite nun in Richtung der positiv geladenen Elektrode zeigt und der entsprechende Punkt auf der Oberfläche schwarz wird. Bei Ausschalten der Elektroden verharren die einzelnen Kugeln solange in ihrer Position, bis kein anderes Spannungsfeld angelegt wird [Zinnbauer/Thiem, 2002].



**Abb. 2.1.1.1 Technik E-Paper Gyricon [Zinnbauer/Thiem, 2002]**

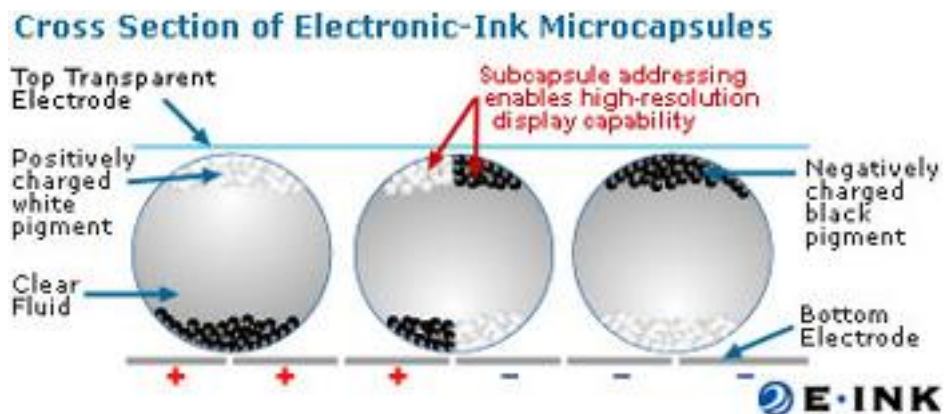
Diese Entwicklung geriet längere Jahre in Vergessenheit und wurde erst Anfang der 90er Jahre wieder aufgegriffen. Ziel war es diese Entwicklung zur Marktreife zu bringen. Dazu hat Xerox 1998 die Firma Gyricon Media gegründet, die sich mit der Weiterentwicklung und Vermarktung des E-Paper (genannt Gyricon) auseinandersetzt. Zu den ersten Prototypen, die Nick Sheridan mit seinen Entwicklern erstellte, gehört u.a. ein Drucker, der E-Paper einzieht und dieses wie normales Papier beschreiben kann. Außerdem haben die Entwickler einen Elektronischen Stift gefertigt, mit dem es möglich ist, E-Paper von Hand zu beschriften. Eine weitere prototypische Entwicklung ist eine Art Werbeschild, welches Gyricon Media unter dem Namen SmartPaper entwickelt hat. Dieses SmartPaper ist etwa 28x36 cm groß und basiert auf der Gyricon Technik. Es hat den Vorteil, dass es konstruktionsbedingt keine Schäden durch Handys, Magneten oder Blitzeinschläge erfährt [Gesellschaft für Informatik E.V., 2007].

### 2.1.2 Joseph Jacobsons E-Paper

Mitte der Neunziger Jahre forschte auch Joseph Jacobson am Massachusetts Institute of Technology nach Alternativen für die derzeitigen digitalen Anzeigen. Er verfolgte das Ziel von einem „Buch“, welches aus einer bestimmten Anzahl E-Paper besteht, und ein Interface besitzt, über welches Daten aufgenommen werden können. Zusätzlich sollte es einen Festspeicher haben. Nachdem ein „Buch“ gelesen wurde, sollte es mittels Interface an einen Computer angeschlossen werden, welcher neue Daten in den Festspeicher schreibt. Der zu erwartende Preis einer Seite E-Papers (ca. DIN A4) liegt laut seinem Artikel „The last Book“ zwischen 1\$ und 10\$. Die aktuellen Flash-Speicher können bereits einige Gigabyte an Daten aufnehmen. Damit wären sie in der Lage eine große Anzahl an Büchern auf solch einem Gerät zu speichern und diese bei Bedarf abzurufen [J.Jacobson, 1997].

Die Idee von Joseph Jacobson basiert auf einer Technik, die der von Nick Sheridan ähnelt. Auch bei seiner Entwicklung befindet sich zwischen zwei Plastikfolien eine gelartige Substanz in der mikroskopisch kleine Kugeln schwimmen, die wiederum ihre Position nicht ändern. Die Kugeln selbst sind transparent. Außerdem befinden sich in den Kugeln schwarze und weiße Partikel. Dabei sind es nun nicht die Kugeln, sondern die Partikel in den Kugeln, die auf elektrische Spannung reagieren. So sind z.B. weiße Partikel positiv geladen und schwarze Partikel negativ. Wird nun an eine Elektrode auf der Rückseite des Papiers z.B. negative Spannung angelegt, so zieht diese Elektrode die weißen Partikel an, und stößt die schwarzen in Richtung Oberfläche ab, wodurch sie

dann auch an der Oberseite liegen und als Bildpunkt erkennbar sind. Bei dieser Technologie ist es außerdem möglich, dass zu einer Kugel mehr als eine Elektrode existiert, so kann die Auflösung zusätzlich erhöht werden. Dies passiert, indem z.B. zwei Elektroden pro Kugel eingesetzt werden, die sich die Partikel der Kugel teilen und sie in unterschiedlicher Weise anziehen und abstoßen [E-Ink Corporation, 2007].



**Abb. 2.1.2.1 Technik E-Paper E-Ink [E-Ink Corporation, 2007]**

## 2.2 Entwicklungsstand

Die größten Probleme der E-Paper-Entwicklung bestehen momentan darin, flexibles E-Paper in Farbe mit akzeptabler Reaktionsgeschwindigkeit und Qualität herzustellen. Während Darstellungsqualität und Kontrast bei schwarz-weißen E-Paper-Displays bereits fast echtem Papier gleich kommen, lassen sich Farbbilder bislang nur schwer herstellen, weil jeder Bildpunkt auf eine Primärfarbe beschränkt ist. Um mehrere Farben zu zeigen, müssen die Primärfarben in Dreiergruppen zusammengefasst werden. Jedes Trio enthält also einen roten, grünen und einen blauen Bildpunkt. Variiert man nun die Intensität der verschiedenen Pixel innerhalb dieser Gruppen, erhält man verschiedene Farben. So ergibt sich jedoch nur eine eher blasse Darstellung. Um den ganzen Schirm rot zu färben, leuchteten dann eben nur ein Drittel aller Pixel.

Am 13.05.2007 stellte die Firma LG Phillips LCD ein neuartiges „flexibles“ E-Paper Display vor. Es lässt sich zwar deutlich biegen, aber nicht aufrollen und weist somit nur annähernd papieraffine Eigenschaften auf. Mit einer Diagonale von 14,1 Zoll hat das E-Paper etwa die Fläche eines A4-Blattes. Der Farbraum liegt derzeit bei 4.096 unterschiedlichen Farben, was also noch einiges an Verbesserungspotenzial lässt.

Die gängige Reaktions- und Verarbeitungszeit bei E-Paper liegt momentan noch bei zwei bis zehn Sekunden. Das macht E-Paper-Displays vorerst zu reinen Lesemonitoren. Für multimediale Anwendungen sind sie jedoch noch nicht geeignet.

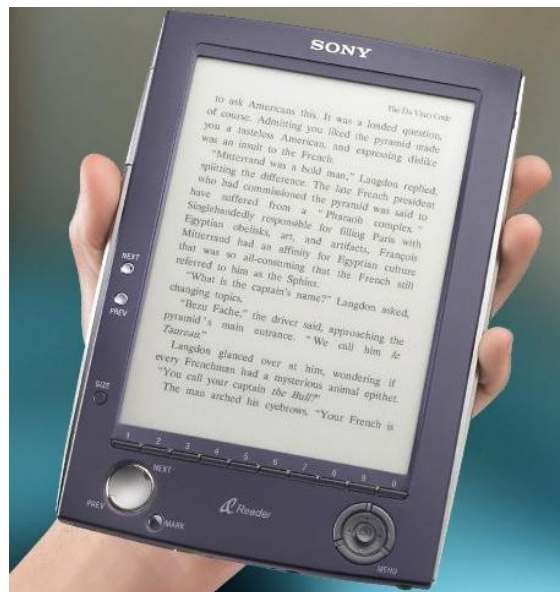


### 2.2.1 Farbiges E-Paper von LG.Philips [Spiegel, 2007]

Häufige Verwendung findet die E-Paper Technologie momentan im Bereich der eReader. Die Hauptaufgabe solcher Geräte ist es Text, häufig in Form von eBooks, anzuzeigen. eBooks sind Bücher, welche in elektronischer Form vorliegen und bisher meist nur am PC gelesen werden konnten.

Durch einen eReader ist es nun möglich, diese eBooks überall hin mitzunehmen und zu lesen, was eine gute Alternative zu einem herkömmlichen Buch darstellt. Die drei wohl bekanntesten eReader sind der Sony Reader, der iRex iLiad und der Hanlin eReader. Ein eReader ist ca. so groß und schwer wie ein normales Buch. Die Größe des Sony Readers beträgt 6.9" ~ 17,5 cm auf 4.9" ~ 12,5 cm, auf 1/2 Zoll" ~ 1,3 cm und wiegt ca. 250 – 300 Gramm. Mit einer Akkulaufzeit können ca. 7000 Seiten „umgeblättert“ werden. Neue eBooks sind im Internet erhältlich. Diese lassen sich direkt auf dem eReader speichern [Sony, 2007].

Sollte der interne Speicher, der in etwa die Speicherung von 80 eBooks umfasst, nicht reichen, kann die Kapazität durch weitere Speicherkarten erweitert werden. Als Zusatzfunktionen bieten viele eReader eine Zoomfunktion sowie die Anzeige von Audiofiles und Bildern an. Der Hanlin Reader und der iRex iLiad bieten zudem noch die Funktion, Dokumente mit einem Schreibstift per Hand zu beschriften. Der Preis solcher eReader beträgt im Moment zwischen 150€ und 650€ [Irex Technologies, 2007].



**Abb. 2.2.2 Sony E-Reader**

Eine etwas andere Variante eines eReaders hat die Firma Polymer Vision entwickelt. Bei ihrem Produkt, dem Readius, setzt die Firma ganz auf die Elastizität der E-Paper Technologie. Der Readius ist nur in etwa so groß wie ein handelsübliches Handy und lässt sich zweimal ausklappen um ein größeres Display zu erhalten [Polymer Vision, 2007].

Trotz stetiger technischer Fortschritte und der Tatsache dass die Forschung mit Hochdruck an der E-Paper-Technologie arbeitet, ist die Verbreitung von E-Paper, verglichen mit anderen Anzeigetechnologien, eher gering. Welche Hürden zu bewältigen sind um einen flächendeckenden Einsatz von E-Paper zu ermöglichen, darüber soll die folgende Empirische Untersuchung nähere Aufschlüsse geben.

### **3. Empirische Untersuchung**

#### **3.1 Untersuchungsgegenstand**

Ziel der Empirischen Untersuchung war es, die bisherigen Nutzungsgewohnheiten von Zeitungslesern zu erforschen. Besonders wichtig waren dabei die Gewohnheiten der Leser von Papierzeitungen und Papierzeitschriften in Zusammenhang mit deren Praktikabilität. Durch diesen Vergleich der konventionellen Printmedien zum E-Paper kann die generelle Akzeptanz der Produktidee am Markt abgeschätzt werden. Ebenso wichtig ist es zu erfahren, welche Unterschiede der traditionellen Printmedien zu den neuen Medien der Entwicklung von E-Paper möglicherweise entgegenstehen. Zusätzlich zu den Erkenntnissen zu den Pro- und Contra-Argumenten wurden die Nutzungsgewohnheiten und die Nutzungskette von traditionellen Zeitungen und Zeitschriften untersucht. In diesem Zusammenhang sind insbesondere Informationen über den Kauf, den Leseort und die Entsorgung oder anderweitige Verwendung der Zeitungen und Zeitschriften von Interesse, da dies maßgebliche Einflussfaktoren für eine Verwendung bzw. Akzeptanz der eZeitung sein



dürften. Von hohem Interesse ist es auch in Erfahrung zu bringen, wie ein Endanwendergerät gestaltet sein sollte, um eine breite Akzeptanz bei den Kunden zu erreichen. Um diese und noch weitere Fragen zu beantworten wurde eine Conjoint Analyse durchgeführt. Bei diesem Analyseverfahren werden fiktive technische Geräte beurteilt, dessen Merkmale noch weitestgehend unbekannt sind. Kern dieser Untersuchung waren Format und Haptik eines solchen Gerätes. In diesem Zusammenhang sollte auch untersucht werden, ob sich Gruppen von Befragten im Hinblick auf das Design des Geräts unterscheiden lassen, um zu klären, ob ein einheitliches Design sämtliche potenziellen Nutzer zufrieden stellt.

### **3.2 Vor- und Nachteile für Verbraucher**

Zur Durchführung der Befragung wurden den Probanden verschiedene Statements vorgelegt. Diese sollten auf einer Bewertungsskala von 1 bis 5 bewertet werden. Im Wesentlichen ging es um Vor- und Nachteile von eZeitung im Vergleich zu traditionellen Papierzeitungen. Das Augenmerk lag dabei besonders auf der Bewertung der fehlenden Eigenschaften der eZeitung gegenüber konventionellen bedruckten Zeitungen. Dies sollte Aufschluss darüber geben, inwiefern sich die Nachteile auf die Akzeptanz der neuen Medien auswirken. Weniger von Interesse waren die Vorteile solcher Geräte, denn diese wirken sich eher positiv auf die Verbreitung dieser Technologie aus. Die Statements bezogen sich auf Eigenschaften konventioneller Printmedien, die entweder als vorteilhaft oder als nachteilig aufgefasst werden konnten. Verschiedene Punkte wurden dabei berücksichtigt:

- Die unterschiedliche Handhabung der eZeitung im Vergleich zur Papierlektüre
- Der emotionale Aspekt des Lesens einer Papierzeitung oder Papierzeitschrift

Im Folgenden werden zuerst unwesentliche Nachteile bzw. fehlende Eigenschaften, dann wechselhemmende Nachteile und schließlich Vorteile der eZeitung vorgestellt. Die meisten technischen und emotionalen Punkte der eZeitung, welche im Vorfeld als mögliche Nachteile herausgearbeitet wurden, beurteilten die Befragten zumeist als unwesentlich (vgl. Tabelle 3.2.1). Für 76% der Befragten ist es beispielsweise weniger von Bedeutung, anhand der Zeitungs- oder Zeitschriftenstärke auf deren inhaltlichen Umfang schließen zu können. Die gleiche Anzahl der Befragten legt zudem keinen Wert auf papiertypische Eigenschaften wie z.B. das Aufklappen einer Zeitung oder das Zeitungsrascheln. Auch die Umstellung auf die neue Handhabung der Lektüre wurde von rund der Hälfte der Befragten als unproblematisch empfunden. Die Tatsache, dass es sich bei einem Lesegerät um ein vergleichsweise kostspieliges Gerät handelt, das dementsprechend behandelt werden muss, wird von ca. 35% der Befragten als unproblematisch erachtet. Die fehlende physische Teilbarkeit einer eZeitung hingegen wird von den Befragten als Hauptnachteil gesehen. Für 42% der Befragten ist es wichtig, dass eine eZeitung nicht nur aus einer Folie, sondern aus mehreren Seiten bestehen soll. Ein Vorteil, der aus der Befragung hervorgeht, ist der anonymisierte Kaufprozess. Für 48% der befragten war dies wichtig, was sich vor allem beim Kauf von Lifestyle- und Erotiklektüre widerspiegelt. Als einen weiteren Vorteil bestätigten die Probanden das Wegfallen der Beschaffung und Entsorgung der Papierlektüre, welches von 40% der Befragten als störend empfunden wird. Diesbezüglich empfinden 62% die Entsorgung von Altpapier in

Containern als besonders unpraktisch. Auch der damit zusammenhängende ökologische Effekt, der später näher beleuchtet wird, wird als positiv bewertet. Insgesamt überwiegen bei der Befragung die Vorteile für das neue Medium.

	$\bar{x}$	$\sigma$
>> Ich glaube, dass die eZeitung im Vergleich zur Papierzeitung eine Entlastung für die Umwelt ist.<<	1,99	1,25
>> Mir wäre es wichtig, dass die eZeitung auch Farben abbilden kann und nicht nur schwarz/weiss ist.<<	2,24	1,33
>> Es stört mich, dass die eZeitung als technisches Produkt anfällig sein könnte.<<	2,74	1,26
>> Mir ist es wichtig, dass man die Zeitung teilen kann, so dass mehrere Personen verschiedene Rubriken gleichzeitig lesen können.<<	2,81	1,48
>> Es stört mich, dass ich auf die eZeitung Acht geben müsste, da sie einen Wert darstellt.<<	2,84	1,21
>> Ich finde es unpraktisch, eine Zeitung erst irgendwo besorgen zu müssen.<< (Einzelkauf)	3,02	1,52
>> Ich finde es unpraktisch, angesammelte Zeitungen im Papiercontainer entsorgen zu müssen.<<	3,11	1,61
>> Für viele Menschen wäre die Anonymität beim Bezug einer Zeitung/Zeitschrift auf elektronischem Wege ein wesentlicher Vorteil.<<	3,29	1,39
>> Mir wäre es wichtig, dass die eZeitung nicht nur eines sondern mehrere Blätter umfasst.<<	3,39	1,68
>> Mir ist es wichtig, dass ich an der "Dicke" der Zeitung erkennen kann, wie umfangreich sie ist.<<	4,09	1,16
>> Ich finde es unpraktisch, die Zeitung aus dem Briefkasten holen zu müssen.<< (Abonnement)	4,13	1,34
>> Das gewohnte Rascheln und der eigene Geruch einer gedruckten Papierzeitung würden mir bei der eZeitung fehlen.<<	4,26	1,15
>> Es stört mich, dass ich bei der eZeitung nicht wie gewohnt umblättern kann sondern per Knopfdruck weiter blättern oder scrollen muss.<<	4,29	1,14

Ratingskala: 1 (volle Zustimmung) - 5 (volle Ablehnung)

**Tabelle 3.2.1: Bewertung möglicher Vor- und Nachteile der eZeitung [Zinnbauer/Thiem]**

Trotz der überwiegend positiven Resonanz aus der Untersuchung im Jahr 2002 blieb die verbreitete kommerzielle Nutzung von E-Paper bis heute aus. Dass die Technologie für die Industrie jedoch nachwievor attraktiv ist beweisen immer mehr Feldversuche von herstellenden Unternehmen aus diesem Sektor.

### 3.3 Praktische Nutzung

Seit 2006 setzt die Eisenbahngesellschaft JR-East auf der Tokioer Ymanote Strecke eine 8 farbige Variante von E-Paper ein. Hitachi, ein Technologieunternehmen aus Japan, hat diesen Feldversuch mit einer ähnlichen Technik des Reifenherstellers Bridgestone eingeleitet. Anders als bei den von Nick Sheridan und Joseph Jacobson entwickelten E-Paper-Technologien, hat

Bridgestone die Flüssigkristalle durch ein spezielles, elektrisch reaktives Pulver auf Keramikbasis ersetzt. Durch die kostengünstige Herstellung eignet sich diese Form von E-Paper insbesondere für größere Werbeflächen [Golem, 2006].

Ziel dieses Versuchs ist das Einsparpotenzial zur herkömmlichen Plakatwerbung zu ermitteln. Vorteilhaft wirkt sich in erster Linie das Wegfallen des Auf- und Abhängens der Plakate aus. Energiekosten können auch durch das Ersetzen der LC-Displays durch E-Paper gespart werden. Allerdings gibt es bei diesem Produkt auch einige Nachteile. Zum einen ist aufgrund der eingesetzten Farbdisplays der Kontrast von 7:1 (bei Schwarz-Weiß) auf 5:1 gesunken. Außerdem sind die 13,1 Zoll Displays sehr klein und daher nur bedingt für Werbung geeignet und auch die Anzahl der Farben ist sehr gering.

Trotz eher ernüchterndem Erfolg dieses Feldversuches ist das Unternehmen davon überzeugt, dass E-Paper in Zukunft in solchen Bereichen eine gute Alternative zu gewöhnlichen Werbeplakaten darstellt. Man müsse nur weiter hart daran arbeiten betonte ein Sprecher von Hitachi aber man sieht sich dieser Aufgabe gewachsen [Heise, 2007].

Neben den ökonomischen Aspekten spielen jedoch auch ökologische Faktoren eine große Rolle bei der Einführung neuer Technologien. Für herstellende Unternehmen gilt es durch Wirtschaftlichkeitsanalysen herauszufinden, inwieweit Umweltschutzmaßnahmen Herstellungs- und Entsorgungskosten beeinflussen. In Zeiten von Klimaerwärmung und steigenden Energiekosten rücken auch Umweltaspekte wie z.B. Stromverbrauch oder Lebensdauer verstärkt in das Bewusstsein der Verbraucher.

## **4 Ökologische Effekte**

### **4.1 Produktionsbedingte Umweltbelastungen**

Hierbei sind insbesondere zwei Aspekte zu beachten, zum einen der produktionsbedingte Ausschuss, und zum anderen der Ausstoß gesundheitsschädlicher Substanzen. Zur Emission von gesundheitsbedenklichen Stoffen bei der Produktion können heute noch keine konkreten Aussagen getroffen werden. Was die Effizienz bei der Produktion angeht, kann bei der Herstellung von E-Paper, verglichen mit der LCD Technik, mit einer wesentlich höheren Materialausbeute gerechnet werden, da sich die Produktion von E-Paper-Folien deutlich einfacher gestaltet. Durch den geringeren Materialverbrauch stellt sich ein ökologisch positiver Effekt ein. Bei der Produktion von E-Paper werden Organische Leuchtdioden, kurz OLED (Kurzform für engl.: „organic light-emitting diode“), verwendet. Hierdurch kann eine komplette Anzeige aus einer einzigen Glas- oder Kunststoffplatte hergestellt werden. Zusätzlich zu einer möglichst hohen Materialausbeute ist die hermetische Verkapselung der Bauelemente zum Schutz vor Sauerstoff und Luftfeuchtigkeit eine technologische Herausforderung, da diese Substanzen chemisch mit OLEDs reagieren und zu einem Abbau der OLEDs beitragen [Siegfried Behrendt, 2004].

### **4.2 Lebensdauer**

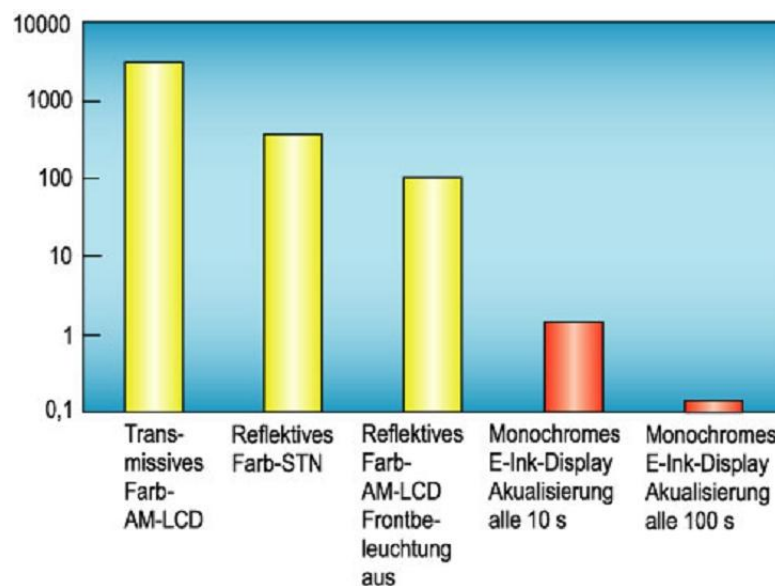
Die technisch empfindlichsten Teile eines E-Paper sind die Organischen Leuchtdioden. Nach ca. 7.000 Stunden ist die Leuchtkraft der Dioden auf ca.

50% reduziert. Laut Herstellerangaben (Gyricon) liegt die Lebensdauer eines E-Paper bei geschätzten 10.000 Stunden, und ist somit nicht identisch mit der von OLEDs. Da es sich bei E-Paper um eine sehr junge Technologie der Informations- und Kommunikationsbranche handelt, ist davon auszugehen, dass es durch eine hohe Innovationsdynamik zu kurzen Innovations- und Produktionszyklen kommen wird, was sich wiederum auch in längeren Lebenszeiten der Endgeräte niederschlagen wird. Ähnlich wie bei Mobilfunkgeräten könnte es dann dazu kommen, dass E-Paper-Produkte ausgetauscht werden, bevor diese ihr Lebensende erreicht haben. Der Effekt auf die Umwelt ist zum einen durch die höhere Lebensdauer positiv geprägt. Zum anderen stellt sich durch die kurzen Austauschperioden und den daraus resultierenden Elektroschrott ein negativer Umwelteffekt ein [Siegfried Behrendt, 2004].

### 4.3 Stromverbrauch

Im Vergleich zu herkömmlichen Anzeigetechnologien sind bei der Nutzung von E-Paper als Display Energieeinsparungen bis zu einem Faktor 3 bis 5 möglich. Damit wäre es möglich, die Akkulaufzeit der mit E-Paper Technologie ausgestatteten Anzeigegeräte deutlich länger zu erhalten. Die Leistungsaufnahme eines 20" großen OLED-Displays liegt bei 25Watt. Die E-Paper Technologie verbraucht noch deutlich weniger Strom. Der Bildschirminhalt bleibt, wie in Kapitel 2 besprochen, auch ohne Versorgungsspannung erhalten. Eine Zusammenstellung der Leistungsaufnahme verschiedener Flachdisplays findet sich in Abbildung 4.3.1.

Diese Aussage kann nur getroffen werden, solange kein häufiger Bildaufbau erfolgt, wie es beispielsweise bei multimedialen Darstellungen der Fall wäre. Der Energieverbrauch steigt dabei proportional zu der Anzahl der angezeigten Seiten [Siegfried Behrendt, 2004].



**Abb. 4.3.1 Leistungsaufnahme (in mW) von E-Ink im Vergleich zu herkömmlichen LC-Displays [E-Ink Corporation, 2007]**

#### 4.4 Abfall und Recycling

Das größte Recyclingproblem besteht bei E-Paper-Displays wohl in der Verschmelzung von Anzeige und Steuerelektronik. Eine sortenreine Trennung der verarbeiteten Materialien scheint daher eher unwahrscheinlich. Eine Lösung dieses Problems wäre der Einsatz von möglichst recycelbaren Materialien in der Steuerelektronik. Dies wird momentan bei der OLED-Technologie erprobt. Auch eine Trennung der Displaywerkstoffe scheint weniger realistisch, da Verschiedene Kunststoffsorten miteinander laminiert werden (e-Ink 2002, Gelinck 2004). Die Entsorgung solcher Geräte scheint sich jedoch im Vergleich zu herkömmlichen Anzeigegeräten einfacher zu gestalten. Zum einen spielt der geringere Materialeinsatz bei der Herstellung solcher Geräte eine wichtige Rolle und zum anderen kommen, nach heutigen Erkenntnissen, E-Paper-Geräte im Gegensatz zu CRT- bzw. LCD-Bildschirmen ohne umweltgefährdende Stoffe wie Blei oder Quecksilber aus [Siegfried Behrendt, 2004].

Umweltfelder	Umweltbelastung	Erläuterungen
Ressourcenverbrauch	↘	30% geringerer Materialeinsatz bei e-Ink gegenüber heutigen vergleichbaren LC-Displays
Produktionsbedingte Umweltbelastungen	↘	höhere Materialausbeute gegenüber LCD-Produktion
Schadstoffgehalt	↘	Quecksilberfrei, Zusammensetzung teilweise nicht bekannt
Lebensdauer	→	7.000 (OLED) bis 10.000 (e-Paper) Betriebsstunden; Nutzungsdauer kann auf 2 a geschätzt werden
Stromverbrauch	↘	1/10 bis 1/10.000 geringerer Stromverbrauch als herkömmliche LC-Displays; abhängig von Displaytechnologie und Häufigkeit der Neubeschreibung bzw. des Bildaufbaus
Abfall/Recycling	→	Verschmelzung von Display und Elektronik erschwert Stoff-Recycling

↘ abnehmende Umweltbelastung → wenig veränderte Umweltbelastung ↗ höhere Umweltbelastung

**Tabelle 4.4.1 Grobabschätzung der Umwelteffekte von Foliendisplay-Technologien gegenüber vergleichbaren LC-Displays [Siegfried Behrendt, 2004]**

## **5 Fazit**

Was den momentanen Entwicklungsstand von E-Paper angeht, befindet sich die Technik auf einem Niveau, das vor einigen Jahren noch deutlich optimistischer gesehen wurde. Prognosen, welche das baldige Ende von gedruckten Zeitungen vorhersagten, müssen revidiert werden. Eine annähernde Praktikabilität von herkömmlichen Printmedien kann in diesem Jahrzehnt voraussichtlich nicht mehr erreicht werden. Jedoch nicht nur die technischen Herausforderungen stellen Hürden für die verbreitete Nutzung von E-Paper dar. Entscheidend wird sicherlich auch sein, wie die Verbraucher zu den neuen Medien stehen und welche ökologischen Auswirkungen die neue Technologie mit sich bringt. Aktuelle Umfrageergebnisse jedoch rechnen der jungen Technologie aussichtsreiche Marktchancen zu. Nahezu sämtliche potenziellen Nachteile wurden von den Befragten nicht als problematisch erachtet. Falls die prognostizierten Auswirkungen auf die Umwelt auch im Falle der Massenproduktion gelten, dürfte einem Wechsel zu E-Paper nicht mehr viel im Wege stehen.

## Literatur

- [1] [Initiative2000plus, 2007]  
<http://www.initiative2000plus-berlin.de/verbrauch.html>  
Zuletzt abgerufen am 07.10.07
- [2] [Zinnbauer/Thiem, 2002]  
[http://www.imm.bwl.unimuenchen.de/forschung/schriftenefo/ap\\_efoplan\\_13.pdf](http://www.imm.bwl.unimuenchen.de/forschung/schriftenefo/ap_efoplan_13.pdf)  
Zuletzt abgerufen am 16.10.07
- [3] [E-Ink Corporation, 2007].  
<http://www.eink.com/>  
Zuletzt abgerufen am 16.10.07
- [4] [Gesellschaft für Informatik E.V., 2007]  
<http://www.giev.de/service/informatiklexikon/informatiklexikondetailansicht/meldung/37/>  
Zuletzt abgerufen am 16.10.07
- [5] [Spiegel, 2007]  
<http://www.spiegel.de/netzwelt/tech/0,1518,482710,00.html>  
Zuletzt abgerufen am 16.10.07
- [6] [Heise, 2007]  
<http://www.heise.de/tr/artikel/82583>  
Zuletzt abgerufen am 17.10.07
- [7] [Sony, 2007]  
<http://www.learningcenter.sony.us/assets/itpd/reader/>  
Zuletzt abgerufen am 17.10.07
- [8] [Irex Technologies, 2007]  
<http://www.irextechnologies.com/products/iliad>  
Zuletzt abgerufen am 19.10.07
- [9] [Polymer Vision, 2007]  
<http://www.polymervision.com/ProductsApplications/Index.html>  
Zuletzt abgerufen am 19.10.07
- [10] [Siegfried Behrendt, 2004]  
[www.izt.de/pdfs/IZT\\_WB66\\_Dematerialisierung\\_e-paper.pdf](http://www.izt.de/pdfs/IZT_WB66_Dematerialisierung_e-paper.pdf)  
Zuletzt abgerufen am 20.10.07
- [11] [Golem, 2006]  
<http://www.golem.de/0606/45672.html>  
Zuletzt abgerufen am 23.11.07