

PROSA E-Book-Reader

Entwicklung der Vergabekriterien für ein
klimaschutzbezogenes Umweltzeichen

Studie im Rahmen des Projekts
„Top 100 – Umweltzeichen für klima-
relevante Produkte“

Freiburg, Juni 2011

Autor/innen:

Andreas Manhart

Eva Brommer

Jens Gröger

Öko-Institut e.V.

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 1771

79017 Freiburg, Deutschland

Hausadresse

Merzhauser Straße 173

79100 Freiburg, Deutschland

Tel. +49 (0) 761 – 4 52 95-0

Fax +49 (0) 761 – 4 52 95-88

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95

64295 Darmstadt, Deutschland

Tel. +49 (0) 6151 – 81 91-0

Fax +49 (0) 6151 – 81 91-33

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7

10179 Berlin, Deutschland

Tel. +49 (0) 30 – 40 50 85-0

Fax +49 (0) 30 – 40 50 85-388

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



**DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE**

Zur Entlastung der Umwelt ist dieses Dokument für den
beidseitigen Druck ausgelegt.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Methodisches Vorgehen	1
1 Definition der Produktgruppe	2
2 Markt- und Umfeldanalyse	3
2.1 Markttrends	3
2.1.1 Geschichte	3
2.1.2 Verkaufszahlen	4
2.1.3 Hersteller und ihre Modelle	4
2.1.4 Bezug von Buchinhalten	8
2.1.5 Preise	9
2.1.6 Stromverbrauch	9
2.1.7 Bedeutung von Schadstoffen	12
2.1.8 Rezyklierbarkeit	12
2.1.9 Lärm	14
2.1.10 Lebensdauer und Bedeutung der Langlebigkeit	14
2.2 Technologietrends	15
2.2.1 Cloud Computing	15
2.2.2 Farbige eInk-Displays	15
2.2.3 Flexible Displays	15
3 Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung	16
3.1 Ökobilanz	16
3.1.1 Funktionelle Einheit	16
3.1.2 Systemgrenzen	16
3.1.3 Betrachtete Wirkungskategorien	18
3.1.4 Zwischenfazit	23
3.2 Analyse der Lebenszykluskosten	23
3.2.1 Investitionskosten	23
3.2.2 Stromkosten	24
3.2.3 Reparaturkosten	24
3.2.4 Kosten für die Buchinhalte (E-Books)	25
3.2.5 Entsorgungskosten	25
3.2.6 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse	25
4 Konsumtrends	26
4.1 Nutzenanalyse	26

4.1.1	Gebrauchsnutzen	27
4.1.2	Symbolischer Nutzen	29
4.1.3	Gesellschaftlicher Nutzen	29
4.1.4	Zusammenfassung der Nutzenanalyse	30
5	Gesamtbewertung und Ableitung der Vergabekriterien	33
5.1	E-Book-Reader und bestehende Umweltzeichen	33
5.2	E-Book-Reader und die Ökodesign-Richtlinie	34
5.3	Ableitung für ein Umweltzeichen für E-Book-Reader	35
6	Literatur	37
7	Anhang	41
7.1	Anhang 1: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis	41
7.1.1	Kumulierter Primärenergieaufwand	41
7.1.2	Treibhauspotenzial	41
7.1.3	Versauerungspotenzial	41
7.1.4	Eutrophierungspotenzial	41
7.1.5	Photochemische Oxidantienbildung	42
7.2	Anhang 2: Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel	42

Einleitung

Die vorliegende Untersuchung zu E-Book-Readern ist Teil eines mehrjährigen Forschungsvorhabens, bei der die aus Klimasicht wichtigsten hundert Haushaltsprodukte im Hinblick auf ökologische Optimierungen und Kosteneinsparungen bei Verbrauchern analysiert werden.

Auf Basis dieser Analysen können Empfehlungen für verschiedene Umsetzungsbereiche erteilt werden:

- für Verbraucherinformationen zum Kauf und Gebrauch klimarelevanter Produkte (einsetzbar bei der Verbraucher- und Umweltberatung von Verbraucherzentralen, Umweltorganisationen und Umweltportalen),
- für die freiwillige Umweltkennzeichnung von Produkten (z.B. das Umweltzeichen Blauer Engel, für das europäische Umweltzeichen, für Marktübersichten wie www.topten.info und www.ecotopten.de oder für Umwelt-Rankings),
- für Anforderungen an neue Produktgruppen bei der Ökodesign-Richtlinie und für Best-Produkte bei Förderprogrammen für Produkte,
- für produktbezogene Innovationen bei den Unternehmen.

Methodisches Vorgehen

Für die Ableitung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen wird gemäß ISO 14024 geprüft, welche Umweltauswirkungen bei der Herstellung, Anwendung und Entsorgung des Produktes relevant sind – neben Energie-/Treibhauseffekt kommen Umweltauswirkungen wie Ressourcenverbrauch, Eutrophierungspotenzial, Lärm, Toxizität, etc. in Betracht.

Methodisch wird die Analyse mit der Methode PROSA – Product Sustainability Assessment durchgeführt (Abbildung 1). PROSA umfasst mit der Markt- und Umfeld-Analyse, der Ökobilanz, der Lebenszykluskostenrechnung und der Benefit-Analyse die zur Ableitung der Vergabekriterien erforderlichen Teil-Methoden und ermöglicht eine integrative Bearbeitung und Bewertung.

Eine Sozialbilanz wird nicht durchgeführt, weil soziale Aspekte, z.B. bei der Herstellung der Produkte beim Umweltzeichen, bisher nicht oder nicht gleichrangig einbezogen werden.

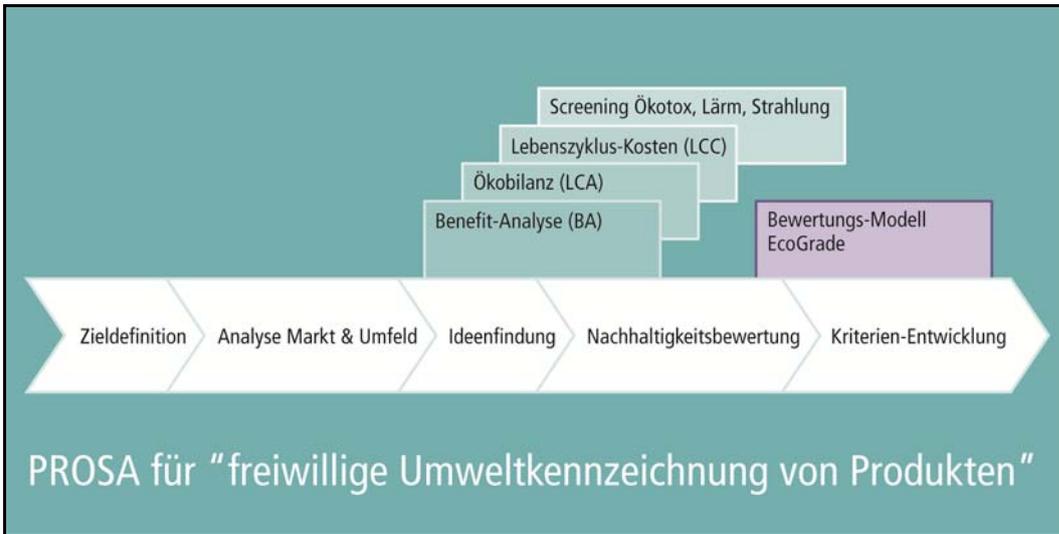


Abbildung 1 Die Grundstruktur von PROSA

1 Definition der Produktgruppe

E-Book-Reader sind elektronische Geräte zum Bezug, zur Speicherung, zum Transport und zur Darstellung von elektronischen Buchinhalten (E-Books). E-Book-Reader sind mobil verwendbar und verfügen über ein Display zur Darstellung von E-Books sowie über eine oder mehrere Steuerungsvorrichtungen zur Bedienung und zum „Umblättern“ der Seiten. Diese Steuerung kann über Tastatur oder Mittels berührungsempfindlichen Bildschirm (Touchscreen) erfolgen. Des Weiteren verfügen E-Book-Reader über eine oder mehrere Schnittstellen zum Bezug von E-Books.

Neben spezialisierten Geräten, mit sogenannten elnk-Display, lassen sich mit entsprechender Software auch Smartphones und mobil verwendbare PCs (v.a. Tablet-PCs) als E-Book-Reader nutzen.

E-Books sind wiederum elektronische Dateien, die bei ihrer Darstellung auf einem E-Book-Reader Buchinhalte so wiedergeben, dass sie gedruckten Büchern ähneln. Darstellung und Inhalte können typografisch gestalteten Seiten mit Texten, Grafiken, Fotos, Diagrammen und Tabellen umfassen. Bedingt durch die digitale Technik können E-Books mit Funktionen ausgestattet werden, die es bei gedruckten Büchern nicht gibt. So kann beispielsweise die Inhaltsseite mit den Kapitelnseiten verlinkt werden oder die von den gedruckten Büchern her bekannten Querverweise können als Links unmittelbar zu dem verlinkten Begriff oder dem entsprechenden Kapitel führen. Des Weiteren unterstützen E-Books Volltextrecherchen, sie ermöglichen das schnelle Auffinden von semantischen Zusammenhängen und bieten Markierungs- und Notizmöglichkeiten.

Die Abgrenzung von E-Book-Readern zu anderen mobil verwendbaren Geräten (Smartphones und Tablet-PCs) ist nicht immer eindeutig. So weisen einige als E-Book-Reader vermarktete Geräte einen Farbbildschirm mit Hintergrundbeleuchtung auf, der sich aufgrund seiner schnellen Bildwechselraten sowohl für die Darstellung von E-Books als auch zur Nutzung anderer Funktionen wie z.B. dem Abspielen von Filmdateien und dem Surfen im Internet eignet.

2 Markt- und Umfeldanalyse

2.1 Markttrends

2.1.1 Geschichte

1999 brachte die Firma NuvoMedia den ersten E-Book-Reader „Rocket eBook“ auf den amerikanischen Markt. Der kommerzielle Erfolg blieb allerdings aus (Spiegel 1999). Erst 2007 etablierten sich die E-Book-Reader auf dem amerikanischen Markt. Hier war insbesondere die Firma Amazon wegweisend, die im November 2007 das Lesegerät „Kindle“ vorstellte. Das Gerät „Kindle“ ist über eine spezielle Mobilfunkanbindung (Whispernet) fast überall in den USA an den Online-Buchhandel von Amazon angebunden. Dieses System ermöglicht es den amerikanischen Kindle-Nutzern, digitale Bücher, Zeitschriften und Zeitungen aus dem Amazon-Buchhandel mobil zu beziehen – ohne das Zwischenschalten eines Computers oder eines anderen Gerätes. Der Nutzer bezahlt dabei lediglich den Preis für das Buch, nicht für die Mobilfunknutzung und Übertragung.

Auch in Europa führten E-Book-Reader lange ein Nischendasein und erlangen erst seit der verstärkten Nutzung von Smartphones mit großem Bildschirm sowie von Tablet-PCs größere Aufmerksamkeit. Hier ist zu beobachten, dass einige Hersteller von E-Book-Readern bewusst Format und Design modischer Mobilgeräte wie Apples „iPhone“ und „iPad“ imitieren und so den Trend zu mobilen Informations- und Kommunikationsgeräten für ihre Produkte nutzen wollen.

Im Gegensatz zu Amazons Kindle-System, in den USA ist der Bezug von digitalen Inhalten in Europa weniger komfortabel, da E-Books zumeist zuerst auf einen internetfähigen Computer geladen werden müssen, von wo aus sie mittels einer geeigneten Schnittstelle (z.B. USB-Kabel, Speicherkarte, Bluetooth) auf den E-Book-Reader übertragen werden können. Zwar kommen zunehmend Geräte auf den Markt, die den Buchbezug mittels WLAN- oder UMTS-Anbindung ans Internet komfortabler gestalten können, diese Systeme sind aber entweder geografisch nur begrenzt verfügbar (WLAN) oder kostenpflichtig (UMTS).

2.1.2 Verkaufszahlen

Daten zum Verkauf von E-Book-Readern werden nicht einheitlich erfasst und unterliegen teilweise der betriebsinternen Geheimhaltung. Dies ist insbesondere beim weltweiten Marktführer der Branche Amazon (mit seinem E-Book-Reader „Kindle“) der Fall.

Erhältliche Verkaufszahlen beziehen sich zumeist auf die kostenpflichtigen E-Books, von denen zumindest ansatzweise Marktdurchdringung und Wachstum des E-Book-Reader Bereichs abgeschätzt werden können. So wurden im ersten Halbjahr des Jahres 2009 in Deutschland 65.000 kostenpflichtige E-Books verkauft, wobei der durchschnittliche Kaufpreis bei 10,26 Euro lag (Buchmarkt.de 2009). Amazon meldete Mitte 2010, dass – bezogen auf das weltweite Geschäft – der Absatz von E-Books mittlerweile den Absatz konventioneller Bücher überholt habe und im ersten Halbjahr 2010 bereits dreimal so viele E-Books verkauft wurden wie gedruckte Bücher (Spiegel Online 2010). Das dazu benötigte Lesegerät „Kindle“ soll im Jahr 2010 weltweit 8 Millionen Mal verkauft worden sein (Beyondprint 2010).

Diese Verkaufszahlen täuschen allerdings darüber hinweg, dass der E-Book Markt in Deutschland wesentlich langsamer anläuft als in anderen Ländern wie beispielsweise den USA und Großbritannien. Zwar prognostizieren verschiedene Studien auch in Deutschland den Marktdurchbruch von E-Books und E-Book-Readern, es herrscht aber weitgehende Einigkeit darüber, dass E-Books und deren Lesegeräte mittelfristig nur ein Teilssegment des deutschen Buchmarktes übernehmen werden. So gibt eine Studie des Forsa-Instituts an, dass die Zahl der Deutschen für die derzeit schon E-Books und E-Book-Readern in Betracht kommt, 2,9 Millionen beträgt (Zeit Online 2010). Insgesamt wird das mittelfristige Potenzial in Deutschland auf ca. 29% der Leser geschätzt (Boersenblatt 2009).

Bei der Interpretation dieser Zahlen muss berücksichtigt werden, dass die Nutzung von E-Books (also Bezug und Nutzung digitaler Buchinhalte) nicht automatisch an den Verkauf von E-Book-Readern gekoppelt ist. So ist bereits jetzt zu beobachten, dass E-Books auch mit Hilfe anderer mobiler Elektronikgeräte wie Smartphones und Tablet-PCs genutzt werden.

2.1.3 Hersteller und ihre Modelle

Derzeit sind in Deutschland ca. 30 verschiedene E-Book-Reader erhältlich (siehe Tabelle 1). Darunter befinden sich sowohl Geräte von namhaften Firmen der Unterhaltungselektronik (Sony, Apple, Acer) als auch von weitgehend unbekanntem Herstellern. Die Anzahl der Hersteller nimmt derzeit schnell zu, was insgesamt wohl damit erklärt werden kann, dass viele Firmen auf einen baldigen Marktdurchbruch digitaler Bücher setzen. So präsentierten die Firmen Onyx, Boeye und Elonex auf der internationalen Funkausstellung im Herbst 2010 in Berlin verschiedene neue E-Book-Reader, die allerdings noch nicht im deutschen Einzelhandel erhältlich sind.

Die meisten Geräte sind mit einem eInk-Display ausgestattet. Diese Display-Technologie ermöglicht eine scharfe Darstellung von Schwarz-Weiss-Abbildungen und kommt ohne

Hintergrundbeleuchtung aus. Mit eInk-Displays dargestellte Bilder und Textseiten sind in optischer Hinsicht herkömmlichen Buchseiten sehr ähnlich. Da der Bildschirm nicht selbstleuchtend ist, hängt – wie beim herkömmlichen Buch – die Helligkeit der Bildwiedergabe vom Umgebungslicht ab. Somit ist die Bilddarstellung bei starker Beleuchtung besser als bei Schummerlicht, was den üblichen und als angenehm empfundenen Lesegewohnheiten (z.B. mit Leselampe oder im Freien) entgegen kommt. Zudem benötigen eInk-Displays sehr wenig Strom und ermöglichen somit eine hohe Akkulaufzeit der E-Book-Reader. Die Gründe für diesen niedrigen Stromverbrauch liegen einerseits in der fehlenden Hintergrundbeleuchtung, andererseits in der eInk-Technologie selbst: Diese basiert darauf, dass je nach angelegter Spannung schwarze beziehungsweise weiße Partikel an die Displayoberfläche befördert werden. Dies bedeutet, dass die Displays lediglich bei einem Bildwechsel Strom verbrauchen, nicht aber bei der bloßen Anzeige. Allerdings haben eInk-Displays den Nachteil, dass der Aufbau eines neuen Bildes ca. ein bis zwei Sekunden Zeit benötigt. Um sogenannte ‚Geisterbilder‘¹ zu vermeiden wird innerhalb dieser Zeitspanne das Display in der Regel farblich kurz umgekehrt, bevor sich das neue Bild aufbaut. Somit eignen sich eInk-Displays ausschließlich zur Darstellung unbewegter Bilder.

Um E-Book-Reader zudem für Multimediainhalte nutzen zu können, sind einige Geräte mit einem LCD-Bildschirm mit Hintergrundbeleuchtung ausgestattet. Insbesondere die Modelle von Apple (iPad), PocketBook (IQ 701) und Elonex (500EB und 700EB) bewegen sich an der Schnittstelle von E-Book-Readern und Tablet-PCs, da sie neben E-Books auch Multimediainhalte (z.B. Filmdateien) darstellen können und zum Teil auch vollwertige Internetfunktionalitäten (Browser und E-Mail) aufweisen.

Die Displaygrößen bewegen sich zwischen 13 und 25 cm Bildschirmdiagonale (5,0 bis 9,7 Zoll). Dabei sind die kleineren Geräte vor allem für das Lesen von Büchern konzipiert, die größeren Bildschirme hingegen auch für digitale Zeitschriften und Zeitungen mit größeren Abbildungen geeignet.

Ein Großteil der Modelle ermöglicht zudem das Speichern und Abspielen von Audiodateien (zumeist im MP3-Format) mittels Kopfhörer.

Die Bedienung von E-Book-Readern erfolgt zumeist über ein mehr oder weniger umfangreiches Tastensystem. Einige Modelle sind aber auch mit einem berührungsempfindlichen Bildschirm (Touchscreen) ausgestattet, der zumeist mit einem speziellen Stift bedient werden kann. Die Bildschirme einiger weniger Modelle können aber auch mit dem Finger gesteuert werden (z.B. „iPad“ von Apple, „Reader Touch Edition“ von Sony).

¹ Als Geisterbild bezeichnet man das spurenhafte Zurückbleiben des vorherigen Bildes. Bei der Darstellung von E-Books bedeutet dies, dass neben der aktuell angezeigten Buchseite noch die vorherig angezeigte Seite schemenhaft erkennbar ist.

Fast alle E-Book-Reader sind mit wiederaufladbaren Lithium-Ionen Akkus ausgestattet. Lediglich die Modelle ‚Lite‘ und ‚Mini‘ von Ectaco werden mit AA- und AAA-Batterien betrieben.

Das Laden der Akkus erfolgt entweder mittels eines mitgelieferten externen Netzteils oder über eine standardisierte USB-Schnittstelle, die zugleich auch zum Datentransfer zwischen E-Book-Reader und Computer verwendet wird. Viele Hersteller mit USB-ladbaren Produkten verzichten sogar ganz auf die Auslieferung eines externen Netzteil (z.B. Bookeen, PocketBook und Sony)².

Die Akkus können bei vielen Modellen nicht vom Nutzer selbst gewechselt werden, sondern sind fest im Gehäuse verbaut. Dies ist u.a. deshalb möglich, weil die heute üblichen Li-Ionen Akkus eine Lebensdauer von 500 bis 1000 Ladezyklen aufweisen (DIN Verbraucherrat 2005) und E-Book-Reader lediglich 20- bis 100-mal pro Jahr geladen werden müssen (siehe Kapitel 2.1.6). Bei einer angenommen Nutzungsdauer von drei Jahren tritt deshalb bei hochwertigen Akkus mit wirkungsvollem Über- und Entladungsschutz sowie einer sachgerechter Lagerung (Vermeidung hoher Temperaturen) kein spürbarer Qualitätsverlust auf.

Tabelle 1 Übersicht über Hersteller von E-Book-Readern und deren Modelle (Stand: Dezember 2010)

Hersteller	Modell	Display	Bildschirmgröße	Steuerung*	WLAN / WiFi	Bluetooth	UMTS	Audio	Gewicht	Preis
Sony	Reader Touch Edition (PRS 650)	eInk	6,0"	TS	-	-	-	+	215 g	229 €
Sony	Reader Pocket Edition (PRS 350)	eInk	5,0"	TS	-	-	-	-	155 g	179 €
IRX Innovations	iREX DR 1000	eInk	10,2"	TS	+	+	-	-	570 g	699 €
Apple	iPad	LCD	9,7"	TS	+	-	+	+	700 g	499 €
iRiver	Cover Story	eInk	6,0"	TS	+	-	-	+	310 g	220 €
Interead	Cool-er	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	178 g	225 €
Amazon	Kindle 3**	eInk	6,0"	T	+	-	+	+	241 g	189 \$
Amazon	Kindle DX**	eInk	9,7"	T	-	-	+	+	536 g	359 \$
Bookeen	Opus	eInk	5,0"	T	-	-	-	-	150 g	180 €
Bookeen	Gen 3	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	174 g	250 €
Bookeen	Orizon	eInk	6,0"	TS	+	+	-	+	245 g	230 €
BeBook	Club	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	278 g	189 €
BeBook	Neo	eInk	6,0"	TS	+	-	-	+	298 g	269 €
BeBook	One	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	220 g	249 €
PocketBook	360°	eInk	5,0"	T	-	-	-	-	180 g	169 €
PocketBook	Pro 602	eInk	6,0"	T	+	+	-	+	250 g	199 €
PocketBook	Pro 603	eInk	6,0"	TS	+	+	+	+	280 g	269 €

² Externe Ladegeräte für Modelle dieser Hersteller sind zwar erhältlich, aber werden nicht zusammen mit dem Gerät ausgeliefert.

Hersteller	Modell	Display	Bildschirmgröße	Steuerung*	WLAN / WiFi	Bluetooth	UMTS	Audio	Gewicht	Preis
PocketBook	Pro 902	eInk	9,7"	T	+	+	-	+	530 g	329 €
PocketBook	Pro 903	eInk	9,7"	TS	+	+	+	+	581 g	399 €
PocketBook	IQ 701	TFT	7,0"	TS	+	-	-	+	516 g	159 €
PocketBook	301	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	174 g	199 €
PocketBook	302	eInk	6,0"	TS	+	+	-	+	280 g	259 €
Hexaglot	N518	eInk	6,0"	TS	-	-	-	+	192 g	280 €
Ectaco	JetBook	LCD ***	5,0"	T	-	-	-	+	210 g	160 €
Ectaco	Lite	LCD ***	5,0"	T	-	-	-	-	260 g	130 €
Ectaco	Mini	LCD ***	5,0"	T	-	-	-	-	165 g	100 €
Acer	LumiRead WLAN	eInk	6,0"	T	+	-	-	+	250 g	179 €
Acer	LumiRead UMTS + WLAN	eInk	6,0"	T	+	-	+	+	250 g	229 €
Elonex	621EB	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	180 g	k.A.
Elonex	500EB	LCD	5,0"	T	-	-	-	+	190 g	k.A.
Elonex	700EB	LCD	7,0"	T	-	-	-	+	340 g	k.A.
Aluratek	LIBRE eBook Reader PRO**	LCD ***	5,0"	T	-	-	-	+	213 g	130 \$
Aluratek	LIBRE eBook Reader PRO** with 2 GB SD	LCD ***	5,0"	T	-	-	-	+	213 g	150 \$
Aluratek	LIBRE Color eBook Reader	LCD	7,0"	T	-	-	-	+	379 g	200 \$
Axdia	Media Book Scout	LCD	5,0"	T	-	-	-	+	192 g	k.A.
Axdia	Media Book Scala	LCD	7,0"	T	-	-	-	+	340 g	k.A.
Boeye	EReader G51	eInk	5,0"	T	+	+	-	+	179 g	k.A.
Boeye	EReader G10	eInk	9,7"	T	+	+	-	+	179 g	k.A.
Boeye	EReader G5	eInk	5,0"	T	+	+	-	+	179 g	k.A.
Boeye	EReader G5	eInk	6,0"	T	+	+	-	+	179 g	k.A.
Hanvon	WISEreader B630	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	265 g	k.A.
Hanvon	WISEreader N610	eInk	6,0"	TS	-	-	-	+	290 g	k.A.
Hanvon	WISEreader N518	eInk	5,0"	TS	-	-	-	+	190 g	k.A.
Hanvon	WISEreader N516	eInk	5,0"	TS	-	-	-	+	170 g	k.A.
Hanvon	WISEreader N526	eInk	5,0"	TS+T	-	-	-	+	200 g	279 €
Hanvon	WISEreader N518	eInk	5,0"	TS+T	-	-	-	+	190 g	259 €
Onyx	Boox 60	eInk	5,0"	TS	+	-	-	+	k.A.	279 \$
Samsung	E6	eInk	6,0"	TS	+	+	-	+	k.A.	k.A.
Samsung	E101	eInk	10,0"	TS	+	+	-	+	k.A.	k.A.
TrekStor	eBook Player 5(M)	LCD	5,0"	TS	-	-	-	+	195 g	k.A.
TrekStor	eBook Player 7(M)	LCD	7,0"	TS	-	-	-	+	369 g	k.A.
ViewSonic	VEB620	eInk	6,0"	T	-	-	-	+	220 g	k.A.
ViewSonic	VEB625	eInk	6,0"	TS	+	-	-	+	258 g	k.A.
Medion	Oyo WLAN	eInk	6,0"	TS	+	-	-	+	240 g	139 €

* TS = Touchscreen, T = Tasten // ** nur in den USA erhältlich // *** ohne Hintergrundbeleuchtung

2.1.4 Bezug von Buchinhalten

E-Book-Reader können digitale Bücher (E-Books) verschiedener Formate darstellen. Die gängigsten Formate sind derzeit PDF und Epub, welche zumeist mit einem speziellen Kopierschutz (i.d.R. Adept von Adobe) versehen sind. Weitere Sonderformate sind Mobipocket, AZW (Amazon-Format für Kindle Lesegeräte), LIT (Microsoft), PDB (Palm), TomeRaider und Open eBook. Zudem unterstützen die E-Book-Reader i.d.R. mehrere Bildformate (v.a. JPG, GIF, BMP, PNG und RTF).

Die E-Books werden in der Regel über einen Computer aus dem Internet (kostenfrei oder kostenpflichtig) bezogen und mittels USB-Schnittstelle oder Speicherkarte auf den E-Book-Reader übertragen. Die wichtigsten Anbieter von deutschsprachigen E-Books sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Anbieter von deutschsprachigen E-Books und geschätzte Anzahl verfügbarer Buchtitel

Anbieter	Web-Adresse	Angebote Titel deutsch / englisch
Amazon	www.amazon.com (für Kindle)	Über 25.000 / über 440.000
Apple	Über iBooks	k.A. / k.A.
bearn-eBooks.de	www.bearn-ebooks.de	12.100 / 1.000
bookson	www.bookson.de	Über 40.000 / k.A.
buch.de	www.buch.de	40.000 / k.A.
buecher.de	www.buecher.de	100.000 / 2.500
ciando	www.ciando.com	Über 40.000 / k.A.
Digital-Lesen	www.digitallesen.de	12.000 / k.A.
Dussmann	www.kulturkaufhaus.de	40.000 / k.A.
libreka	www.libreka.de	28.000 / k.A.
Libri.de	www.libri.de	Über 10.000 / k.A.
Txtr	www.txtr.com/store	56.000 / 146.000
Weltbild.de	www.weltbild-ebooks.de	Über 40.000 / vereinzelt

Quellen: StWa 2010, SZ 2011

Während bei urheberrechtlich ungeschützten Büchern die Übertragung weitgehend über Standardsoftware (Microsoft Explorer) erfolgen kann, wird für kopiergeschützte (urheberrechtlich geschützte) E-Books eine Spezialsoftware benötigt (Adobe Digital Editions). Diese kostenfreie Software muss auf dem PC installiert und autorisiert werden. Die Software stellt sicher, dass die Buchinhalt lediglich auf eine beschränkte Anzahl von Medienträger übertragen wird und die Dateien nicht ausgedruckt werden können, sodass eine unkontrollierte Weiterverbreitung der Buchinhalte unterbunden wird.

Parallel zu diesem Vorgehen existieren noch verschiedenen Systeme, in denen Online-Buchhändler und Endgeräte über einen standardisierten Vertriebsweg exklusiv zusammengeschlossen sind. Das größte und bekannteste System dieser Art ist Amazons Kindle-

System, das vor allem in den USA Verbreitung findet und ein eigenes Dateiformat (AZW) verwendet³. Auch Apple vertreibt E-Books („iBooks“) über seinen Online-Handel iTunes. Diese E-Books im PDF-Format sind mit einem speziellen Kopierschutz versehen und können ausschließlich auf Apple Endgeräten („iPhone“, „iPad“) dargestellt werden. Beide Systeme haben gemein, dass die jeweiligen Lesegeräte ausschließlich für die hauseigenen Formate konzipiert sind und andere Dateiformate bzw. Kopierschutzsysteme nicht unterstützt werden. In Deutschland existiert ein in Ansätzen vergleichbares System zwischen dem Buchhändler Thalia und dem Endgerät „Oyo“ (Medion). Dieses Endgerät ist allerdings so konzipiert, dass auch andere Dateiformate und Kopierschutzsysteme unterstützt werden.

Diese Systeme sorgen i.d.R. für einen vergleichsweise unkomplizierten Bezug von urheberrechtlich geschützten Buchinhalten mittels Mobilfunkübertragung. Allerdings besteht der Nachteil dieser Systeme darin, dass die Endgeräte auf einen Anbieter von Buchinhalten festgelegt sind und somit keine Titel anderer Anbieter bezogen werden können.

2.1.5 Preise

Die Anschaffungspreise für E-Book-Reader bewegen sich zwischen 100 und 700 Euro, wobei ein Großteil der Geräte um 200 Euro kostet (siehe Tabelle 1). Hinzu kommen noch die Kosten für die Buchinhalte (E-Books), die üblicherweise mit 6 bis 20 Euro pro Titel zu Buche schlagen. Hinzu kommen verschiedene Sonderangebote in der Preisklasse zwischen 1 und 2 Euro. Dabei sind digitale Buchtitel i.d.R. 20% günstiger als die jeweils gleichen Titel in gedruckter Fassung. Laut Buchmarkt.de (2009) liegt der durchschnittliche Preis für E-Books in Deutschland bei 10,26 Euro.

Da einige Geräte über UMTS-Anbindung verfügen, kommen zum Teil noch Mobilfunkgebühren hinzu. So wird der „LumiRead“ von Acer mit einer SIM-Karte mit einem Übertragungsvolumen von 50 MB verkauft. Nach Ablauf des Guthabens belaufen sich die Kosten auf 0,24€/MB.⁴ Eine Grundgebühr fällt nicht an. Beim „Kindle“ und beim UMTS-fähigen E-Book-Reader von Sony fallen keine zusätzlichen Kosten für den Datentransfer an, eine kostenlose Flatrate ist bereits im Gerätepreis inbegriffen.

2.1.6 Stromverbrauch

Die Hersteller von E-Book-Readern geben für Geräte mit eInk-Display Akkulaufzeiten zwischen 6.800 und 14.000 Seitenumschlägen an. Diese Werte entsprechen allerdings idealen Laborbedingungen und können in der Praxis kaum reproduziert werden (Schnell

³ Anfang 2011 wurde das Amazon-Kindle System auch auf den deutschen Markt ausgeweitet und mit mehr als 25.000 deutschsprachigen Buchtiteln hinterlegt (SZ 2011).

⁴ Der Datentransfer beim Bezug eines E-Books beläuft sich laut Moberg et al. (2011) im Durchschnitt auf 2,2 MB pro Buch. Dies bedeutet, dass das Startguthaben für den Bezug von über 20 Buchtiteln ausreicht. Danach fallen Zusatzkosten in der Größenordnung von 0,50 Euro pro Titel an.

2009). Dies liegt insbesondere an der Tatsache, dass zwar das eInk-Display nur beim Umblättern Strom verbraucht, das Gesamtgerät im Betrieb und Standby aber durchaus einen gewissen Grundstromverbrauch aufweist, der dazu führt, dass die Akkuladung auch ohne häufiges Blättern beansprucht wird. Praxistests legen nahe, dass E-Book-Reader mit eInk-Display in der Regel nach etwas mehr als 14 Tagen intensiver Nutzung neu geladen werden müssen. Die Anzahl der Seitenumschläge spielt hierbei in der Praxis eine deutlich untergeordnete Rolle (StiWa 2010). Dieser Wert wird durch eine Beispielrechnung des Hardwareherstellers Quanta im Wesentlichen bestätigt. Hierbei wird davon ausgegangen, dass der Nutzer pro Tag etwa 200 Seitenumschläge tätigt (Quanta 2010).

Bei Geräten mit LCD-Display mit Hintergrundbeleuchtung ist die Akkulaufzeit mit ca. acht Stunden Betriebszeit in der Regel deutlich kürzer (Infothema 2010; Quanta 2010).

Das Laden erfolgt in der Regel mit einer Leistung zwischen 3 und 7,5 Watt über zwei bis fünf Stunden. Hierbei ist anzunehmen, dass insbesondere Geräte mit kurzen Ladezeiten einen etwas größeren Ladestrom benötigen, sodass der Strombedarf bei ca. 15 Wh pro Ladevorgang liegt. Der Ladevorgang beim iPad von Apple benötigt – je nach verwendetem Ladesystem – zwischen 5 und 10 Watt über 2,5 bis 7,6 Stunden (Buchanan & Kaufmann 2010), was einen Strombedarf von 25 bis 38 Wh pro Ladevorgang nach sich zieht.

Hinzu kommen die Energieverluste beim Ladevorgang selbst. Diese resultieren einerseits aus den Ineffizienzen der verwendeten Ladegeräte, andererseits aus eventuellen Leerlaufverlusten nach Abschluss des eigentlichen Ladevorgangs.

Ineffizienzen beim Ladevorgang

Bei Verwendung externer Netzteile betragen die Verluste maximal den zulässigen Grenzwert der EU-Verordnung Nr. 278/2009 (Netzteilverordnung). Für ein typisches externes Netzteil zum Laden von E-Book-Readern mit 7,5 Watt Ausgangsleistung beträgt diese Mindesteffizienz ab dem 6. April 2011 ca. 75%. Dies bedeutet, dass bei einem Ladevorgang eines E-Book-Readers mit eInk-Display ca. 5 Wh verloren gehen. Bei E-Book-Readern mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalität beträgt der Wert ca. 11 Wh.

Tabelle 3 Effizienz- und Leerlaufverluste beim Ladevorgang von E-Book-Readern

Gerätetyp	Akkulaufzeit bei intensiver Nutzung*	Ladevorgänge pro Jahr	Strombedarf	Effizienzverluste	Leerlaufverluste	Jahresstromverbrauch
			pro Ladevorgang			
E-Book-Reader mit eInk-Display	14 Tage	26	15 Wh	5 Wh	3 Wh	598 Wh
E-Book-Reader mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten	4 Tage	91	25 Wh	11 Wh	3 Wh	3549 Wh

* Zwei Stunden oder 200 Seitenumschläge

Hinzu kommen noch weitere Ineffizienzen resultierend aus den Leerlaufverlusten nach abgeschlossenem Ladevorgang. Hier ist anzunehmen, dass ein gewisser Teil der Nutzer ihren E-Book-Reader länger als nötig an der Ladevorrichtung angeschlossen belässt. Dies resultiert insbesondere aus der verbreiteten Gewohnheit, mobile Informations- und Kommunikationsgeräte über Nacht zu laden, was die benötigte Ladedauer in der Regel deutlich übersteigt. In der EuP-Vorstudie zu Netzteilen und Ladegeräten wurde für Ladegeräte für Handys eine tägliche Verweildauer des Ladegerätes am Stromnetz von 10 Stunden angenommen (EuP 2007). Zwar erscheint diese Zeitspanne auf den ersten Blick ziemlich lang, es ist aber auch zu berücksichtigen, dass einige Nutzer externe Ladegeräte immer in der Steckdose belassen und somit – bis auf die Zeitspannen tatsächlicher Ladevorgänge – permanent Leerlaufverluste auftreten. Dieses Nutzerverhalten wird in jüngerer Zeit auch dadurch begünstigt, dass zunehmend externe Ladegeräte mit USB-Schnittstelle verkauft werden. Bei diesen Ladegeräten kann das Verbindungskabel am Netzteil selbst entfernt werden, sodass das eingesteckte Netzteil optisch nicht negativ durch ein herunterhängendes oder herumliegendes Kabel auffällt, sondern im Gegenteil einen „aufgeräumten“ Eindruck macht (siehe Abbildung 2).

Für diese Studie wird deshalb ebenfalls angenommen, dass pro Ladevorgang im Durchschnitt das Ladegeräte weitere 10 Stunden im Leerlauf verbleibt. Die maximal zulässigen Leerlaufverluste für externe Netzteile wie sie für E-Book-Reader verwendet werden betragen ab dem 6. April 2011 0,3W (EU-Verordnung Nr. 278/2009). Somit wird davon ausgegangen, dass pro Ladevorgang zusätzliche 3 Wh Leerlaufverluste auftreten.



Abbildung 2 USB-Netzteil zum Laden von Kleingeräten wie Handys oder E-Book-Reader

In einem alternativen Szenario wird der E-Book-Reader mittels USB-Schnittstelle an einem Computer geladen. Dies hat einerseits den Vorteil, dass dabei die oftmals höheren Effizienzen größerer Netzteile genutzt werden. Diese betragen bei Notebooks i.d.R. Effizienzwerte um 87%, bei Desktop-PCs über 80%. Andererseits besteht hier die Möglich-

keit, den Computer über die eigentliche Nutzungsdauer hinaus angeschaltet zu lassen – einzig zum Zweck, den E-Book-Reader zu laden. Zwar werden bei vielen Desktop-PCs die USB-Schnittstellen auch im Aus-Zustand mit Strom versorgt, bei Notebooks ist dies allerdings nicht üblich, sodass das Gerät während des Ladevorgangs im Idle-Mode betrieben werden muss. Da der Stromverbrauch von Notebooks im Idle-Mode zwischen 10 und 50 Watt beträgt (ETT 2009), ist diese Form des Ladens überaus ineffizient.

2.1.7 Bedeutung von Schadstoffen

Relevant sind hier vor allem:

- Produktion: Einsatz von zahlreichen häufig toxischen Chemikalien. Wichtig für Arbeits- und Umweltschutz.
- Schadstoffe im Produkt, die problematisch für Recycling bzw. Entsorgung sind oder während des Gebrauchs ausgasen können.

Am 23. März 2005 wurde das Elektro- und Elektronikgerätegesetz (Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten, ElektroG) verabschiedet. Dieses Gesetz setzt zwei zugrundeliegende EU-Richtlinien um: die EU-Richtlinie 2002/96/EG über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (sogenannte „WEEE-Richtlinie“) und die EU-Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (sogenannte „RoHS-Richtlinie“). Demnach dürfen besonders schädliche Substanzen wie Blei, Quecksilber, Cadmium oder bestimmte Bromverbindungen seit Juli 2006 in den meisten Geräten nicht mehr verwendet werden (Ausnahmen müssen bei der EU-Kommission beantragt werden). Alte, nicht mehr genutzte Geräte, die entsorgt werden sollen, können Verbraucher seit März 2006 kostenlos bei kommunalen Sammelstellen abgeben. Dies gilt sowohl für „historische Altgeräte“ (die vor dem 13.08.2005 in Verkehr gebracht wurden) als auch für „neue Altgeräte“ (die nach dem 13.08.2005 in Verkehr gebracht wurden). Die Hersteller sind verpflichtet, die gesammelten Geräte zurückzunehmen und nach dem Stand der Technik sicher zu entsorgen. Die im ElektroG genannten Entsorgungs- und Recyclingquoten müssen seit dem 31.12.2006 eingehalten werden.

2.1.8 Rezyklierbarkeit

E-Book-Reader enthalten neben verschiedenen Schadstoffen auch zahlreiche Edel- und Sondermetalle mit hohem intrinsischem Materialwert und einer z.T. strategischen Bedeutung für wichtige Nachhaltigkeitstechnologien (z.B. Gold, Silber, Palladium, Kobalt). Zwar liegen keine spezifischen Daten für die Konzentrationen in E-Book-Readern vor, es kann aber davon ausgegangen werden, dass sich diese in einer ähnlichen Größenordnung befinden wie bei Handys. Diese Konzentrationen sind in Tabelle 4 dargestellt und auf einen E-Book-Reader bezogen:

Tabelle 4 Kupfer- und Edelmetallgehalte eines 200g schweren E-Book-Readers (ohne Batterie)

	Konzentration	Menge pro E-Book-Reader
Kupfer	12,8%	25,6 g
Silber	3630 ppm	0,726 g
Gold	347 ppm	0,0694 g
Palladium	151 ppm	0,0302 g

Quelle: Hagelüken & Buchert 2008

Diese Metalle können mit bestehenden Technologien und unter Einhaltung europäischer Umweltgesetze und Emissionsgrenzwerte zum großen Teil zurückgewonnen werden. Der Zusatznutzen der Rückgewinnung liegt auch darin, dass bei den pyrometallurgischen Raffinerieverfahren auch die schadstoffhaltigen Komponenten adäquat behandelt und verwertet werden.⁵ Dadurch werden Schadstoffe den Abfallströmen entzogen. Die Grundvoraussetzung für diese Behandlung sind allerdings zwei wesentliche Schritte:

- Die Sammlung der Geräte sowie deren Transport zu fachgerechten Recyclingbetrieben (zur Vorbehandlung).
- Eine sachgerechte Vorbehandlung.

Beide Schritte sind mitunter mit Problemen behaftet. So wird beobachtet, dass elektronische Kleingeräte nur zu einem sehr kleinen Anteil an den dafür vorgesehenen Sammelstellen abgegeben werden. So berichtet Hagelüken (2006), dass weltweit nur etwa 1% aller ausgemusterten Handys tatsächlich bei den Edelmetallraffinerien ankommen. Der Rest wird entweder von den Nutzern noch für längere Zeit aufbewahrt, einer eventuellen Zweitnutzung zur Verfügung gestellt oder unsachgemäß (z.B. über den Hausmüll) entsorgt. Für die WEEE-Kategorie 4A „Consumer Electronics (ohne Bildschirme)“, die neben E-Book-Readern auch noch Geräte wie HiFi-Anlagen und Set-Top-Boxen beinhaltet, liegt die Erfassungsquote im EU-Durchschnitt bei 40,1% (Huisman et al. 2007). Für eine weiterführende Betrachtung in Kapitel 3 kann deshalb davon ausgegangen werden, dass 20% der Altgeräte einem fachgerechten Recycling zugeführt werden.

Bei der sachgerechten Vorbehandlung ist es von großer Bedeutung, dass Li-Ionen Batterien unbeschadet entnommen und in einer getrennten Fraktion gesammelt und verwertet werden. Dies ist einerseits notwendig, um die Prozesse der Metallrückgewinnung zu optimieren,⁶ andererseits auch, um Sicherheitsrisiken bei der Behandlung zu reduzieren. So weisen viele Li-Ionen Batterien im Abfallstrom noch eine Restladung auf, die bei Kurzschlüssen in der

⁵ So wird der Kunststoffanteil der Geräte als Brennstoff und Reduktionsmittel eingesetzt. Die darin enthaltenen Flammschutzmittel werden dabei thermisch zerstört.

⁶ Kobalt in Li-Ionen-Akkus muss in einem separaten Raffinerieprozess gewonnen werden, während andere Edel- und Sondermetalle in integrierten Kupferhütten gewonnen werden.

Akkuzelle (ausgelöst durch mechanische Beanspruchung) zu Hitzeentwicklung und Bränden führen kann (SIMS 2010).

Beim Prozess der Batterieentnahme ist es unabdingbar, dass sich die Batterien schnell und ohne Spezialwerkzeug entnehmen lassen. Dies ist bei vielen E-Book-Readern problematisch zu bewerten, da die Batterien oftmals fest in das Gehäuse integriert sind (siehe Kapitel 2.1.3).

Die Geräte (ohne Batterien) können vollständig pyrometallurgischen Anlagen zur Rückgewinnung von Kupfer und Edelmetallen zugeführt werden. Die Kunststoffe dienen in diesem Raffinerieprozess als Brennstoff und Flussmittel. Ebenso werden Stahl, Aluminium und Glas nicht zurück gewonnen und gehen in die Schlacke. Insgesamt kann von folgenden Rückgewinnungsraten für Kupfer und Edelmetalle ausgegangen werden:

Tabelle 5 Kupfer- und Edelmetallrückgewinnungsraten im pyrometallurgischen Prozess

	Konzentration pro Gerät	Rückgewinnungsrate	Rückgewinnung pro Gerät
Kupfer	25,60 g	100%	25,60 g
Silber	0,726 g	95%	0,6897 g
Gold	0,0694 g	95%	0,0659 g
Palladium	0,0302 g	95%	0,0287 g

Quelle für Rückgewinnungsraten: Hagelüken & Buchert 2007; Prakash & Manhart 2010

Zudem werden in diesem Prozess weitere Metalle wie Nickel, Zinn, Wismut und Indium zurückgewonnen. Über Konzentrationen und Rückgewinnungsraten sind aber keine genaueren Daten verfügbar.

2.1.9 Lärm

E-Book-Reader weisen keine beweglichen Teile wie Lüfter oder rotierende Festplatte auf. Störende Geräuscentwicklungen beim Betrieb können deshalb ausgeschlossen werden.

2.1.10 Lebensdauer und Bedeutung der Langlebigkeit

Über eine lange Lebensdauer lassen sich die Umweltauswirkungen von E-Book-Readern deutlich reduzieren. So zeigt die orientierende Ökobilanz eines E-Book-Readers in Kapitel 3.1, dass die Herstellung über 99% des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen verursacht.

Entscheidend für eine lange Lebensdauer sind im Wesentlichen folgende Faktoren:

- robustes Design,
- qualitativ hochwertige Akkus,
- Vorhalten von Ersatzteilen Seitens des Herstellers,
- Kompatibilität für alle gängigen E-Book- und Bildformate;

- Updatefähigkeit der verwendeten Software.

Anders als bei anderen mobil genutzten Elektronikgeräten spielt die Auswechselbarkeit der Akkus keine entscheidende Rolle. Dies liegt darin begründet, dass innerhalb einer dreijährigen intensiven Nutzung lediglich ca. 300 Ladevorgänge erforderlich sind. Qualitativ hochwertige Li-Ionen Akkus ermöglichen aber über 800 Ladezyklen, ohne spürbare Verschlechterung der Akkuleistung.⁷

2.2 Technologietrends

Wie bereits in Kapitel 2.1.3 beschrieben, besteht derzeit ein Trend zu E-Book-Readern mit Touchscreen und UMTS-Schnittstelle. Zusätzlich hierzu existieren weitere technologische Innovationen, die im Folgenden kurz beschreiben werden.

2.2.1 Cloud Computing

Ein weiterer Trend im E-Book Bereich ist die Speicherung der Buchinhalte in Rechenzentren (Cloude Computing). Dieser Trend geht vom Bereich der Smartphones und Tablet-PCs aus und bedeutet, dass die gekauften und angesehenen Buchdateien nicht auf einem Lesegerät selbst abgespeichert werden, sondern in Rechenzentren. Bei jeder Benutzung werden die Buchinhalte sowie eventuell getätigte Notizen erneut auch das Lesegerät übertragen. Dies soll insbesondere den Vorteil haben, dass Nutzer mit verschiedenen Lesegeräten auf ihre E-Book-Bibliothek zugreifen können. Für diese Funktion sind allerdings ausschließlich Lesegeräte mit guter Datenanbindung (UMTS mit Flatrate-Tarifen) geeignet.⁸

2.2.2 Farbige eInk-Displays

Nach Aussage verschiedener Technologiefirmen befinden sich farbige eInk-Displays kurz vor der Markteinführung (Heise 2009). Je nach Qualität und Kontrast der Displays könnten mit farbigen eInk-Displays nicht nur Bücher, sondern auch digitale Bildbände und Hochglanzmagazine dargestellt werden.

2.2.3 Flexible Displays

Zudem wird auch an der Entwicklung biege- und faltbarer Displays gearbeitet. Die Vision hierbei sind Lesegeräte, die sich – ähnlich wie echtes Papier, beispielsweise eine Zeitung – falten und einrollen lassen und somit die Vorteile großer Displays und kleiner Packmaße verbinden.

⁷ Dennoch spielt die leichte Entnehmbarkeit der Akkus eine große Rolle beim Thema Rezyklierbarkeit (siehe Kapitel 2.1.8)

⁸ Zur Bewertung der Umweltauswirkungen dieser Technologie muss zusätzlich noch der verursachte Datenverkehr sowie der daraus resultierende Stromverbrauch mit berücksichtigt werden. Diese Betrachtung geht aber über Ansatz und Umfang dieser Studie hinaus.

3 Ökobilanz und Lebenszykluskostenrechnung

Anhand der orientierenden Ökobilanz sowie der Analyse der Lebenszykluskosten soll ein Eindruck über Umweltauswirkungen und Lebenszykluskosten von E-Book-Readern ermittelt werden. Die Ergebnisse bieten eine Orientierungshilfe zur Frage, wo die Verbesserungspotenziale in dieser Produktgruppe liegen.

3.1 Ökobilanz

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer orientierenden Ökobilanz eines E-Book-Readers dargestellt. Für eine bessere Einordnung und Interpretation der Ergebnisse wird dem System ‚E-Book-Reader‘ zudem die Herstellung und Nutzung konventioneller Bücher gegenüber gestellt.

3.1.1 Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit ist die jährliche Nutzung eines E-Book-Readers durch eine Privatperson.

Spezifikation eines durchschnittlichen am Markt erhältlichen E-Book-Readers:

- eInk-Display
- Bildschirmgröße: 6 Zoll
- Gewicht: 250g (ohne Verpackung)
- Nutzungsdauer: 3 Jahre

3.1.2 Systemgrenzen

Folgende Teilprozesse werden bei der orientierenden Ökobilanz berücksichtigt:

- Herstellung des E-Book-Readers,
- Distribution,
- Nutzung des Geräts durch eine Privatperson über ein Jahr,
- Entsorgung des E-Book-Readers.

Herstellung

Datengrundlage für die Herstellung des E-Book-Readers bildet eine Ökobilanz-Studie zum Vergleich von E-Book-Readern mit Büchern (Moberg et al. 2011). Die dort angenommene Materialzusammensetzung wurde übernommen und anhand der Markt- und Umfeldanalyse (siehe Kapitel 2.1.3) auf das durchschnittliche Gewicht (250 g) herunterskaliert.

Distribution

Da die Produktion von E-Book-Readern hauptsächlich in China stattfindet, wird für die Distribution eine Transportstrecke von Shanghai nach Hamburg angenommen. Ferner wird angenommen, dass die E-Book-Reader in gleichen Teilen sowohl per Überseecontainer als auch per Luftfracht transportiert werden.

Nutzung

Um die Umweltauswirkungen der Nutzungsphase zu berechnen, wurde der Energieverbrauch eines gängigen E-Book-Readers ermittelt. Dies erfolgte anhand eigener Berechnungen und Abschätzungen (siehe Kapitel 2.1.6).

Da derzeit am Markt ebenfalls Geräte mit LCD-Farbdisplays erhältlich sowie einige Modelle mit Multimediafunktionalitäten ausgestattet sind, wird solch ein Gerät für die folgenden Berechnungen dem durchschnittlichen E-Book-Reader gegenübergestellt.⁹

Tabelle 6 zeigt den durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauch der beiden betrachteten Gerätetypen.

Tabelle 6 Stromverbrauch der betrachteten Gerätetypen

Gerätetyp	Stromverbrauch [kWh/a]
E-Book-Reader mit eInk-Display	0,598
E-Book-Reader mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten	3,549

Der E-Book-Reader mit eInk-Display verbraucht im Schnitt 0,6 kWh pro Jahr und liegt damit deutlich unter dem Jahresstromverbrauch des E-Book-Readers mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten mit 3,5 kWh.

Entsorgung

Ausgehend von der Betrachtung in Kapitel 2.1.8 wurde für die Entsorgung angenommen, dass 20% der Geräte einem sachgerechten Recycling zugeführt werden wobei 100% des enthaltenen Kupfers, und 95% der enthaltenen Edelmetalle Gold, Silber und Palladium zurück gewonnen werden. Für die Rückgewinnungsrate von anderen Materialien wie Stahl, Aluminium, Glas und Kunststoffe wurde entsprechend den Bedingungen in den angewandten Raffinerieprozessen 0% angesetzt. Für die 80% der nicht erfassten Geräte wird angenommen, dass diese über den Hausmüll entsorgt werden oder anderweitig der stofflichen Verwertung entgehen.

⁹ Je nach Ausstattung des Geräts, sind solche Geräte eher den E-Book-Readern oder den Tablet-PCs zuzuordnen.

3.1.3 Betrachtete Wirkungskategorien

Folgende Wirkungskategorien werden in der orientierenden Ökobilanz betrachtet (Erläuterungen zu den Wirkungskategorien siehe Anhang):

- Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA),
- Treibhauspotenzial (GWP),
- Versauerungspotenzial (AP),
- Eutrophierungspotenzial (EP),
- Photochemische Oxidantienbildung (POCP).

Die Wirkungskategorien Flüchtige Organische Verbindungen (VOC) und Langlebige Organische Schadstoffe (POP) werden in der Ökobilanzbewertung nicht berücksichtigt, da die Datenlage bei E-Book-Readern noch mit großer Unsicherheit behaftet ist.

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der betrachteten Wirkungskategorien dieser PROSA-Studie dargestellt. Die Daten beziehen sich jeweils auf eine Nutzungsdauer von einem Jahr. Die negativen Zahlenwerte bei der Entsorgung stehen für Gutschriften beim Recycling.

Tabelle 7 Absolute Ergebnisse der Umweltauswirkungen eines E-Book-Readers mit eInk-Display

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ e]	AP [kg SO ₂ e]	EP [kg PO ₄ e]	POCP [kg Eth.e]
Herstellung	131,30	7,77	0,18	0,01	0,01
Distribution	0,004	0,0003	0,000001	0,0000002	0,0000001
Nutzung	6,04	0,36	0,0005	0,0001	0,00003
Entsorgung	0,33	0,06	0,05	0,00002	0,002
Gutschrift	-1,77	-0,32	-0,05	-0,0005	-0,002
Summe	135,90	7,88	0,18	0,00	0,01

Wie aus der Tabelle ersichtlich wird, trägt hauptsächlich die Herstellungsphase zu den Umweltauswirkungen bei. Die prozentualen Anteile der einzelnen Lebensphasen an den Umweltauswirkungen sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8 Prozentuale Ergebnisse der Umweltauswirkungen eines E-Book-Readers mit eInk-Display

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ e]	AP [kg SO ₂ e]	EP [kg PO ₄ e]	POCP [kg Eth.e]
Herstellung	96,6%	98,7%	102,7%	109,8%	101,5%
Distribution	0,003%	0,004%	0,001%	0,004%	0,001%
Nutzung	4,4%	4,5%	0,3%	1,2%	0,3%
Entsorgung	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Gutschrift	-1,3%	-4,0%	-28,2%	-11,3%	-24,4%

Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
-------	--------	--------	--------	--------	--------

Wie zu erkennen ist, werden 96,6% des kumulierten Energieaufwands sowie 98,7% des Treibhauspotenzials in der Herstellungsphase verursacht. Aufgrund der Gutschriften in der Entsorgungsphase liegt der Anteil der Herstellungsphase teilweise bei über 100%. Dies ist beim Versauerungspotenzial (102,7%), beim Eutrophierungspotenzial (109,8%) sowie bei der photochemischen Oxidantienbildung (101,5%) der Fall. Durch den geringen Stromverbrauch des E-Book-Readers hat die Nutzungsphase lediglich einen Anteil zwischen 0,3% (Versauerungspotenzial und photochemische Oxidantienbildung) und 4,5% (Treibhauspotenzial und kumulierter Energieaufwand) an den Gesamtumweltauswirkungen.

Diesen Ergebnissen werden in der folgenden Tabelle 9 die Umweltauswirkungen eines E-Book-Readers mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten gegenübergestellt.

Tabelle 9 Absolute Ergebnisse der Umweltauswirkungen eines E-Book-Readers mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ e]	AP [kg SO ₂ e]	EP [kg PO ₄ e]	POCP [kg Eth.e]
Herstellung	131,30	7,77	0,18	0,01	0,01
Distribution	0,004	0,0003	0,000001	0,0000002	0,0000001
Nutzung	35,83	2,13	0,003	0,0003	0,0002
Entsorgung	0,33	0,06	0,05	0,00002	0,002
Gutschrift	-1,77	-0,32	-0,05	-0,0005	-0,002
Summe	165,70	9,65	0,18	0,01	0,01

Trotz des höheren Stromverbrauchs hat auch beim E-Book-Reader mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten die Herstellungsphase einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtumweltauswirkungen. Die prozentualen Anteile der einzelnen Lebensphasen sind in der folgenden Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10 Prozentuale Ergebnisse der Umweltauswirkungen eines E-Book-Readers mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten

	KEA [MJ]	GWP [kg CO ₂ e]	AP [kg SO ₂ e]	EP [kg PO ₄ e]	POCP [kg Eth.e]
Herstellung	79,2%	80,6%	101,3%	103,9%	99,9%
Distribution	0,003%	0,003%	0,001%	0,004%	0,001%
Nutzung	21,6%	22,0%	1,6%	6,5%	1,9%
Entsorgung	0,2%	0,7%	24,9%	0,4%	22,3%
Gutschrift	-1,1%	-3,3%	-27,8%	-10,7%	-24,1%
Summe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Die Herstellungsphase trägt mit 79,2% zum kumulierten Energieaufwand und mit 80,6% zum Treibhauspotenzial bei. Der Anteil des Versauerungspotenzial liegt mit 101,3% fast gleich auf mit dem der photochemischen Oxidantienbildung mit 99,9%. Beim Eutrophierungspotenzial hat die Herstellungsphase einen Anteil von 101,3%. Im Vergleich zum E-Book-Reader mit eInk-Display spielt hier die Nutzungsphase jedoch eine größere Rolle. 21,6% des kumulierten Energieaufwands und 22% des Treibhauspotenzials werden in der Nutzungsphase verursacht. Das Versauerungspotenzial und die photochemische Oxidantienbildung liegen wieder ähnlich mit 1,6 resp. 1,9%. Der Anteil des Eutrophierungspotenzials liegt etwas höher bei 6,5%.

Um die Ergebnisse besser einordnen zu können, werden im Folgenden die Umweltauswirkungen konventioneller Bücher dargestellt. Dabei wird angenommen, dass eine Privatperson im Durchschnitt 10 Bücher à 200 DIN A5 Seiten pro Jahr liest. Dies entspricht in etwa den durchschnittlichen Lesegewohnheiten typischer E-Book-Reader Nutzergruppen (Börsenblatt 2009). Für die Modellierung wurde Frischfaserpapier mit einer Grammatur von 135 g/m² bilanziert, das nach der Herstellung im Offset-Druckverfahren bedruckt wird (0,06 t Druckfarbe/t Druck¹⁰). Daraus ergeben sich Umweltauswirkungen, wie sie in Tabelle 11 dargestellt sind. Die Entsorgung der Bücher bleibt unberücksichtigt, da davon ausgegangen werden kann, dass die meisten Bücher aufgehoben werden und lediglich ein Bruchteil weggeworfen wird.

Tabelle 11 Absolute Ergebnisse der Umweltauswirkungen konventioneller Bücher aus Frischfaserpapier

	Papierherstellung	Druck	Summe
KEA [MJ]	333,19	34,99	368,19
GWP [kg CO ₂ e]	10,06	0,80	10,86
AP [kg SO ₂ e]	0,08	0,004	0,08
EP [kg PO ₄ e]	0,01	0,001	0,01
POCP [kg Eth.e]	0,01	0,001	0,01

Die Herstellung der jährlich 10 gelesenen Bücher verursacht rund 370 MJ kumulierten Energieaufwand und ein Treibhauspotenzial von knapp 11 kg CO₂e.

Tabelle 12 Prozentuale Ergebnisse der Umweltauswirkungen konventioneller Bücher aus Frischfaserpapier

	Papierherstellung	Druck	Summe
KEA [MJ]	90,5%	9,5%	100,0%
GWP [kg CO ₂ e]	92,6%	7,4%	100,0%
AP [kg SO ₂ e]	94,5%	5,5%	100,0%
EP [kg PO ₄ e]	81,2%	18,8%	100,0%
POCP [kg Eth.e]	91,4%	8,6%	100,0%

¹⁰ Vgl. Seum et al. 2010

Wie Tabelle 12 zeigt, trägt hauptsächlich die Herstellungsphase zu den Umweltbelastungen bei. Bis auf das Eutrophierungspotenzial (81,2%) hat die Papierherstellung bei den anderen Wirkungskategorien einen Anteil von über 90%. Das Drucken hat einen vergleichsweise geringen Anteil zwischen 5,5% (Versauerungspotenzial) und 18,8% (Eutrophierungspotenzial).

Besteht das Buch aus Recyclingpapier ergeben sich Umweltauswirkungen wie sie in Tabelle 13 dargestellt sind.

Tabelle 13 Absolute Ergebnisse der Umweltauswirkungen konventioneller Bücher aus Recyclingpapier

	Papierherstellung	Druck	Summe
KEA [MJ]	127,01	34,99	162,01
GWP [kg CO ₂ e]	7,83	0,80	8,63
AP [kg SO ₂ e]	0,02	0,004	0,03
EP [kg PO ₄ e]	0,003	0,001	0,004
POCP [kg Eth.e]	0,002	0,001	0,003

Die Umweltauswirkungen der Bücher aus Recyclingpapier liegen leicht unter denen aus Frischfaserpapier. Die Herstellung der Bücher verursacht rund 160 MJ kumulierten Energieaufwand und ein Treibhauspotenzial von knapp 9 kg CO₂e.

Die prozentualen Anteile sind in Tabelle 14 veranschaulicht.

Tabelle 14 Prozentuale Ergebnisse der Umweltauswirkungen konventioneller Bücher aus Recyclingpapier

	Papierherstellung	Druck	Summe
KEA [MJ]	78,4%	21,6%	100,0%
GWP [kg CO ₂ e]	90,7%	9,3%	100,0%
AP [kg SO ₂ e]	83,0%	17,0%	100,0%
EP [kg PO ₄ e]	67,3%	32,7%	100,0%
POCP [kg Eth.e]	80,6%	19,4%	100,0%

Auch bei den Büchern aus Recyclingpapier trägt hauptsächlich die Papierherstellung zu den Umweltbelastungen bei. Zwischen 67% (Eutrophierungspotenzial) und 90% (Treibhauspotenzial) der Umweltauswirkungen werden in der Papierherstellung verursacht, das Drucken hat einen Anteil zwischen 9% (Treibhauspotenzial) und 33% (Eutrophierungspotenzial).

Amortisationsrechnung

Um herauszufinden, ab welcher Anzahl gelesener Bücher sich die Anschaffung eines E-Book-Readers aus ökologischer Sicht lohnt, wird für die einzelnen Umweltkategorien eine Amortisationsrechnung durchgeführt. Dabei werden die Umweltauswirkungen des E-Book-Readers denen des konventionellen Buches gegenübergestellt, um den Break-Even-Point zu errechnen.

Tabelle 15 Break-Even-Point E-Book-Reader und konventionelles Buch

	KEA	GWP	AP	EP	POCP
BEP E-Book-Reader mit eInk-Display – Buch aus Frischfaserpapier	10,76	21,97	68,28	20,01	47,84
BEP E-Book-Reader mit LCD-Display – Buch aus Frischfaserpapier	11,88	26,78	76,84	21,49	53,03
BEP E-Book-Reader mit eInk-Display – Buch aus Recyclingpapier	24,98	27,88	214,81	35,07	108,34
BEP E-Book-Reader mit LCD-Display – Buch aus Recyclingpapier	31,30	35,94	258,52	38,74	124,15

Tabelle 15 gibt die Schwelle an, an der die Umweltbelastungen eines einzelnen E-Book-Readers gleich den Umweltbelastungen einer bestimmten Anzahl an konventionellen Büchern sind. Rundet man diese Werte auf, so ergibt sich die Anzahl der Bücher, die gelesen werden müssen, um den E-Book-Reader aus ökologischer Sicht besser aussehen zu lassen.

Beim Vergleich eines E-Book-Readers mit eInk-Display mit einem Buch aus Frischfaserpapier bedeutet das, dass sich hinsichtlich des kumulierten Energieaufwands (KEA) ein E-Book-Reader ab 11 Büchern rentiert oder vereinfacht ausgedrückt, dass die Herstellung von 11 gedruckten Büchern genauso viel Energie verbraucht wie die Herstellung eines E-Book-Readers.

Betrachtet man das Treibhauspotenzial (GWP), so weist ein E-Book-Reader mit eInk-Display erst ab 22 substituierten Büchern aus Frischfasern einen Umweltvorteil gegenüber dem gedruckten Buch auf. Diese Diskrepanz zum Energieaufwand (KEA) ist vor allem durch die Freisetzung des Treibhausgases Schwefelhexafluorid (SF₆) bei der E-Book-Reader Herstellung bedingt.

Der Break-Even-Point für das Versauerungspotenzial liegt noch deutlich höher mit Werten zwischen 69 Büchern (Frischfaserpapier vs. eInk-Display) und 259 Büchern (Recyclingpapier vs. LCD-Display).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch Moberg et al. (2011).

3.1.4 Zwischenfazit

Sowohl E-Book-Reader mit eInk-Display als auch Lesegeräte mit LCD-Bildschirm und Hintergrundbeleuchtung weisen bei durchschnittlicher Nutzung (10 Bücher pro Jahr) Vorteile beim Energieverbrauch und den Treibhausgasemissionen gegenüber herkömmliche Büchern auf. Am stärksten ausgeprägt sind diese Vorteile bei E-Book-Readern mit eInk-Displays. Insgesamt findet ein Großteil der Umweltauswirkungen in der Herstellungsphase statt, sodass eine möglichst lange Nutzungsdauer der Geräte entscheidend für die Gesamtbilanz ist. Zudem muss sichergestellt sein, dass E-Book-Reader auch tatsächlich zum Ersatz von gedruckten Büchern führen. Dies kann beispielsweise durch Kriterien zur umfassenden Eignung für alle gängigen E-Book Dateiformate unterstützt werden.

Weitere Verbesserungspotenziale ergeben sich durch eine Verringerung der Leerlaufverluste nach Beendigung des Ladevorgangs (Ausstecken des Ladegeräts, Abschalten des Computers) sowie der Vermeidung sehr ineffizienter Ladevorgänge (wenn z.B. ein Notebook nur zum Laden des E-Book-Readers angeschaltet ist).

3.2 Analyse der Lebenszykluskosten

In der vorliegenden Studie werden die Kosten aus Sicht der privaten Haushalte berechnet.

Berücksichtigt wurden folgende Kostenarten:

- Investitionskosten (Kosten für die Anschaffung eines E-Book-Readers);
- Betriebs- und Unterhaltskosten
 - Stromkosten,
 - Reparaturkosten,
 - Kosten für die Buchinhalte (E-Books);
- Entsorgungskosten.

3.2.1 Investitionskosten

Je nach Ausstattung und Marke des E-Book-Readers variieren die Kaufpreise zwischen 100 und 700 Euro. Die meisten Geräte sind in der Preisklasse von 200 bis 300 Euro zu finden. Als durchschnittlicher Preis werden daher für die nachfolgenden Berechnungen 250 Euro festgesetzt.

Zur Berechnung der jährlichen Anschaffungskosten wird der Anschaffungspreis linear über die Nutzungsdauer abgeschrieben. Bei einer Nutzungsdauer von 3 Jahren ergeben sich somit jährliche Anschaffungskosten in Höhe von 83 Euro.

3.2.2 Stromkosten

Der Strompreis setzt sich in der Regel aus einem monatlichen Grundpreis und einem Preis pro verbrauchte Kilowattstunde zusammen. Mit Hilfe des durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauchs verschiedener Haushaltsgrößen kann ein durchschnittlicher Kilowattstundenpreis bei einem entsprechenden Jahresstromverbrauch errechnet werden. Der Grundpreis wurde mit eingerechnet.

Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Strompreise für unterschiedliche Haushaltsgrößen. In den vorliegenden Berechnungen wird mit dem Strompreis für einen durchschnittlichen Haushalt (0,264 €) gerechnet.

Tabelle 16 Strompreise für unterschiedliche Haushaltsgrößen¹¹

Haushaltsgröße	kWh-Preis (inkl. Grundgebühr)
<i>Durchschnitt</i>	0,264 €
1-Pers-HH	0,280 €
2-Pers-HH	0,264 €
3-Pers-HH	0,260 €
4-Pers-HH	0,256 €

Wendet man diesen Strompreis auf den Energieverbrauch der betrachteten Geräte an, ergeben sich jährliche Stromkosten wie sie in Tabelle 17 dargestellt sind.

Tabelle 17 Stromverbrauch und die daraus resultierenden Kosten der betrachteten Geräte

	Stromverbrauch [kWh/a]	Stromkosten [€/a]
E-Book-Reader mit eInk-Display	0,598	0,16
E-Book-Reader mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten	3,549	0,94

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, fallen für einen E-Book-Reader mit eInk-Display rund 16 Cent an jährlichen Stromkosten an, für den E-Book-Reader mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten 94 Cent.

3.2.3 Reparaturkosten

Es wird außerdem angenommen, dass E-Book-Reader, die nicht mehr funktionieren gegen ein neues Gerät ausgetauscht werden. Vor diesem Hintergrund und da keine repräsentativen

¹¹ Eigene Recherche, Stand: März 2011. Die Größe eines durchschnittlichen Haushalts liegt bei 2,04 Personen (Statistisches Bundesamt 2011, www.destatis.de)

Daten vorliegen, bleiben die Reparaturkosten für die folgenden Berechnungen unberücksichtigt.

3.2.4 Kosten für die Buchinhalte (E-Books)

Die Buchinhalte werden als elektronische Dateien (E-Books) auf verschiedenen Plattformen als Download angeboten und können über Schnittstellen auf den E-Book-Reader geladen werden. Aufgrund der Buchpreisbindung der Verlage liegen die Preise der E-Books ca. 10-20 Prozent unter denen der jeweiligen Print-Version. Als durchschnittlicher Preis für ein E-Book werden für die folgenden Berechnungen 10 Euro angenommen. Wendet man diesen Preis auf die durchschnittliche Lesegewohnheit von 10 Büchern / E-Books pro Jahr an, erhält man Kosten für den Bezug von E-Books in Höhe von 100 Euro pro Jahr.

3.2.5 Entsorgungskosten

Seit dem 24. März 2006 sind die Hersteller für die Rücknahme und Entsorgung der Altgeräte (finanz-)verantwortlich. In der vorliegenden Untersuchung werden daher keine zusätzlichen Entsorgungskosten angenommen.

3.2.6 Ergebnisse der Lebenszykluskostenanalyse

Die jährlichen Gesamtkosten setzen sich aus den anteiligen Anschaffungs- und Entsorgungskosten sowie den Kosten für die Nutzung, also Strom- und Reparaturkosten, zusammen. Sie sind im Folgenden sowohl für den E-Book-Reader mit eInk-Display als auch für den E-Book-Reader mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten dargestellt (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18 Jährliche Gesamtkosten der betrachteten Gerätetypen

	Anteilige Anschaffungskosten [€/a]	Nutzungskosten [€/a]		Jährliche Gesamtkosten [€/a]
		Stromkosten	Kosten für Buchinhalte	
E-Book-Reader mit eInk-Display	83,00	0,16	100,00	183,16
E-Book-Reader mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten	100,00	0,94	100,00	200,94

Die Berechnung der jährlichen Gesamtkosten zeigt, dass für einen E-Book-Reader mit eInk-Display Kosten in Höhe von rund 183 Euro pro Jahr entstehen. Die jährlichen Gesamtkosten eines E-Book-Readers mit LCD-Farbdisplay und Multimediafunktionalitäten liegen mit gut 200 Euro etwas höher. Grund dafür sind die höheren Anschaffungskosten sowie die Stromkosten während der Nutzungsphase.

4 Konsumtrends

4.1 Nutzenanalyse

Die Analyse des Nutzens wird nach der Benefit-Analyse von PROSA durchgeführt. Dabei werden die drei Nutzenarten Gebrauchsnutzen, Symbolischer Nutzen und Gesellschaftlicher Nutzen qualitativ analysiert. Für die Analyse gibt PROSA jeweils Checklisten vor. Aufgrund der Besonderheiten einzelner Produktgruppen können einzelne Checkpunkte aus Relevanzgründen entfallen oder neu hinzugefügt werden. Die drei Checklisten sind nachstehend wiedergegeben.



Abbildung 3 Checkliste Gebrauchsnutzen

Checkliste Symbolischer Nutzen

- Äußere Erscheinung /Design/ Geschmack/ Haptik/Akkustik o.ä.
- Prestige/Status
- Identität/Autonomie/Entfaltung
- Kompetenz
- Sicherheit/Vorsorge/Sorge für Andere
- Privatheit
- Sozialer Kontakt/Gemeinschaftspflege
- Genuss/Vergnügen/Freude/Erlebnis
- Kompensation/Belohnung
- Konsonanz mit gesellschaftlichen, religiösen oder ethischen Meta-Präferenzen

Abbildung 4 Checkliste Symbolischer Nutzen

Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

- Armutsbekämpfung
- Grundbedürfnis Ernährung
- Grundbedürfnis Wohnen
- Grundbedürfnis Gesundheit
- Information und Bildung
- Friedenssicherung
- Klimaschutz
- Biodiversität
- Qualifizierte Arbeitsplätze
- Gesellschaftliche Stabilität

Abbildung 5 Checkliste Gesellschaftlicher Nutzen

Im Folgenden wird der Nutzen von E-Book-Readern für Privatverbraucher analysiert.

4.1.1 Gebrauchsnutzen

Bezüglich des Gebrauchsnutzens ergeben sich für E-Book-Reader folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

- E-Book-Reader ermöglichen die Speicherung, Transport und Nutzung einer Vielzahl von Buchtiteln. Vorteile entfalten sich dabei insbesondere durch das handliche Format bei der Nutzung unterwegs (der „Bücherschrank im Taschenformat“).
- Im Gegensatz zu gedruckten Büchern kann bei E-Books die bevorzugte Schriftgröße am E-Book-Reader eingestellt werden.
- Zudem erlauben die meisten E-Book-Reader das Anfertigen und Speichern von Notizen im Text.
- Bessere Auffindbarkeit von Informationen durch elektronische Durchsuchbarkeit von Buchinhalten.
- Lange Akkulaufzeiten von ca. zwei Wochen machen das Gerät auch für längere Nutzung attraktiv.
- Die Lesequalität von eInk-Displays ist im Vergleich zu Displays mit Hintergrundbeleuchtung deutlich höher und kommt der von gedruckten Büchern nahe.

Nachteile

- Nachteilig wirkt sich z.T. der umständliche Bezug von Buchtiteln aus: Bücher müssen zumeist per Computer über das Internet bezogen werden und – bei urheberrechtlich geschützten Titeln – mit Hilfe einer Spezialsoftware verwaltet und auf den E-Book-Reader übertragen werden. Dieser Vorgang stellt für viele Erstnutzer eine beträchtliche Hürde dar.
- Bei einigen Einsatzgebieten (z.B. am Strand) bestehen Risiken der Verschmutzung, der Beschädigung oder des Diebstahls des Gerätes.
- Trotz langer Akkulaufzeit bestehen evtl. Nutzungseinschränkungen nach längerem Betrieb (Funktionsverlust bei leerem Akku).
- Viele Konsumenten sehen in E-Book-Readern keinen vollwertigen Ersatz für gedruckte Bücher, da das Lesen von Literatur vielmals eng mit der räumlichen Orientierung im Buch (vor und zurück blättern, Messen der Dicke der schon gelesenen Seiten...) sowie der subjektiven Einstellung zu Büchern zusammen hängt.
- Viele Konsumenten sind gegenüber der digitalen Speicherung von Büchern skeptisch und befürchten einen Verlust der Bücher ausgehend von Kompatibilitätsproblemen mit zukünftigen Lesegeräten.

4.1.2 Symbolischer Nutzen

Vorteile

- Mobile Elektronikgeräte wie Handys und Tablet-PCs erlangen zunehmend die Funktion von Statussymbolen. E-Book-Reader können von dieser Rolle profitieren und insbesondere Symbolcharakter bei intellektuellen Viellesern erzielen.
- Aufgrund der technischen Eigenschaften sind E-Book-Reader vor allem für Nutzergruppen mit hoher Reiseaktivität attraktiv. Dies könnte dazu führen, dass E-Book-Reader als Produktgruppe mit Symbolcharakter für Vielreisende wahrgenommen wird.

Nachteile

- In vielen Haushalten wird gedruckten Büchern ein hoher symbolischer Wert beigegeben. Im Vergleich hierzu eignen sich E-Books und E-Book-Reader nicht zum Sammeln und Ausstellen von Buchtiteln.

4.1.3 Gesellschaftlicher Nutzen

Der elektronische Buchmarkt steht, zumindest in Deutschland, noch ganz am Anfang seiner Entwicklung. Der Börsenverein des Deutschen Buchhandels (Börsenverein 2011) nennt den Umsatz mit E-Books im Jahr 2010 mit gerade einmal 0,5% des Käufer-Buchmarktes. Gleichzeitig ergab die Befragung des Börsenvereins seiner Mitglieder, dass zukünftig 78% aller Verlage E-Books anbieten werden und darin einen erheblichen Wachstumsmarkt sehen.

Mit Blick auf den boomenden E-Book-Markt in den Vereinigten Staaten kann allgemein davon ausgegangen werden, dass die elektronische Verbreitung von Büchern auch in Deutschland eine ähnlich steigende Entwicklung nehmen wird. Hier zeigen sich große Parallelen zur Musikindustrie und die elektronische Verbreitung von Musikdateien.

In der Musikindustrie hat das Internet und die damit verbundenen technischen Möglichkeiten zum Online-Sharing, d.h. zum Tausch von Musikdateien, dazu geführt, dass die Einnahmen aus dem Tonträgerhandel erheblich zusammen gebrochen sind. Technische Maßnahmen zur Verhinderung von illegalen Vervielfältigungen, vergleichbar dem Digital-Rights-Management, das bei den E-Books Anwendung findet, konnten diese Entwicklung nicht vollständig bremsen. Andererseits sind durch das Internet ganz neue Vertriebsmodelle für die Musikindustrie entstanden, von denen nicht zuletzt kleine Musiklabels und die Musiker selbst profitiert haben, die von nun an ihre Produkte (z.B. über MySpace, Twitter und Facebook) selbst vermarkten konnten.

Die Ausweitung des elektronischen Buchmarktes birgt für die Buchverlage einerseits Chancen, ihre Produktions- und Lagerkosten zu reduzieren und sehr flexibel auf den Buchmarkt reagieren zu können, andererseits drohen hiermit Risiken, wie das Zusammenbrechen des traditionellen Buchmarktes und der Bedeutungsverlust von etablierten Verlagen.

Für die Gesellschaft insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Reduktion von Produktionskosten (Buchdruck, Lagerung, Vertrieb) und der einfachere Einstieg in den Buchmarkt für kleinere Verlage oder die Autoren selbst zu einer Erhöhung der Informationsvielfalt führen wird und zu einem positiven Gesamtnutzen, vergleichbar dem Informationsgewinn durch das Internet, beitragen wird.

Aus gesellschaftlicher Sicht weisen E-Book-Reader und der damit zusammenhängende Strukturwandel daher folgenden Nutzen auf:

Vorteile

- Im Vergleich zu gedruckten Büchern führt die Nutzung von E-Book-Readern zu einer Einsparung von Ressourcen (Papier).
- Mit einer durchschnittlichen Nutzung von E-Book-Readern über drei Jahre und einem jährlichen Buchkonsum von zehn Büchern, ergeben sich positive Umweltauswirkungen hinsichtlich Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen.
- Erhöhung der Informationsvielfalt und Informationsgeschwindigkeit durch reduzierte Produktionskosten und einfachen Marktzugang durch Verlage und Autoren.
- Langfristige Verfügbarmachung von Buchinhalten durch elektronische Publikation und Speicherung.
- Vermeidung von „vergriffenen“ Buchtiteln oder aufwändiger Lagerhaltung von gedruckten Büchern.

Nachteile

- Bedeutungsverlust der bestehenden Verlags- und Buchkultur.
- Ggf. Arbeitsplatzverluste in der Buchdruckbranche und im klassischen Buchhandel.
- Kopiergeschützte Bücher können nicht mehr so leicht an Bekannten und Freunden verliehen werden

4.1.4 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse sind in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19 Zusammenfassung der Nutzenanalyse

Nutzen	Produktspezifische Aspekte
Gebrauchsnutzen	
+ Kleines Format	Kleiner Formt für viele Bücher („Bücherschrank im Taschenformat“)
+ Variable Schriftgrößen	Im Gegensatz zu gedruckten Büchern kann die Schriftgröße an die Bedürfnisse des Nutzers angepasst werden.

+ Notizen im Buchtext	E-Book-Reader erlauben das Anfertigen und Speichern von Notizen im Text.
+ Bessere Auffindbarkeit von Informationen	Durch elektronische Durchsuchbarkeit von Buchinhalten.
+ Lange Akkulaufzeit	E-Book-Reader können i.d.R. mit einer Batterieladung – selbst bei intensiver Nutzung – zwei Wochen lang betrieben werden.
+ Hohe Lesequalität	Die Textdarstellung auf eInk-Displays kommt deren von gedruckten Büchern nahe und wird als deutlich angenehmer empfunden als bei Geräten mit anderen Displays.
– Umständlicher Bezug von Buchtiteln	Buchtitel müssen zumeist mit einem Computer über das Internet gekauft und dann Mittels Spezialsoftware auf den E-Book-Reader übertragen werden.
– Nicht für alle Einsatzbereiche geeignet	Beschädigungen können insbesondere beim Einsatz im Freien (z.B. am Strand) auftreten.
– Funktionsverlust bei leerem Akku	Trotz langer Akkulaufzeit bestehen evtl. Nutzungseinschränkungen nach längerem Betrieb.
– Für viele Nutzer kein vollwertiger Ersatz für gedruckte Bücher	Andere räumliche Orientierung im Buch sowie andere subjektive Empfindungen sind für viele Nutzer gewöhnungsbedürftig.
– Unsicherheit im Bereich der Langzeitnutzung der Buchdateien	Bei digitaler Speicherung von Büchern Unsicherheiten bezüglich Kompatibilität mit zukünftigen Lesegeräten.
Symbolischer Nutzen	
+ Hoher Status mobiler Elektronikgeräte	E-Book-Reader können von der Rolle von Handys und Tablet-PCs als Statussymbole profitieren und insbesondere Symbolcharakter bei intellektuellen Viellesern erzielen.
+ Symbolcharakter für Vielreisende	E-Book-Reader sind vor allem für Nutzgruppen mit hoher Reiseaktivität attraktiv. Dies könnte dazu führen, dass E-Book-Reader als Produktgruppe mit Symbolcharakter für Vielreisende wahrgenommen wird.
– Hoher symbolischer Wert gedruckter Bücher	Im Vergleich hierzu eignen sich E-Books und E-Book-Reader nicht zum Sammeln und Ausstellen von Buchtiteln.
Gesellschaftlicher Nutzen	
+ Einsparung von Ressourcen	Im Vergleich zu gedruckten Büchern führt die Nutzung von E-Book-Readern zu einer Einsparung von Ressourcen (Papier).
+ Einsparpotenziale beim Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen	Im Vergleich zu gedruckten Büchern ergeben sich positive Umweltlastungspotenziale hinsichtlich Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen.
+ Erhöhung der Informationsvielfalt und -geschwindigkeit	Reduzierte Produktionskosten und einfachen Marktzugang durch Verlage und Autoren.
+ Bewahrung von Kulturgütern	Langfristige Verfügbarmachung von Buchinhalten durch elektronische Publikation und Speicherung. Vermeidung von „vergriffenen“ Buchtiteln oder aufwändiger Lagerhaltung von physischen Büchern.
– Strukturwandel im Verlagswesen	Bedeutungsverlust der bestehenden Verlags- und Buchkultur. Ggf. Arbeitsplatzverluste in der Buchdruckbranche und im klassischen Buchhandel.

– Einschränkung der „Verleihkultur“	Kopiergeschützte Bücher können nicht mehr so leicht an Bekannten und Freunden verliehen werden
--	---

5 Gesamtbewertung und Ableitung der Vergabekriterien

5.1 E-Book-Reader und bestehende Umweltzeichen

E-Book-Reader sind derzeit noch durch kein bestehendes Umweltzeichen abgedeckt. Dennoch bieten der Blaue Engel, Energy Star und EPEAT Kriterien für Tablet-PCs wie beispielsweise das iPad von Apple. Diese sind in den jeweiligen Vergabegründungen für Computer oder tragbare Computer integriert.

Die Abgrenzung zu E-Book-Readern erfolgt dabei im Wesentlichen über die Definition eines Computers. Dieser wird in der Vergabegründung des Blauen Engels für tragbare Computer (RAL-UZ78d 2011) wie folgt beschrieben:

„Ein Computer ist ein Gerät, das Logikoperationen ausführt und Daten verarbeitet. Ein Computer umfasst mindestens die folgenden Bestandteile:

- 1. eine Zentraleinheit (ZE), die die Operationen ausführt,*
- 2. Benutzereingabegeräte wie Tastatur, Maus, oder Game Controller, und*
- 3. ein Anzeigegerät zur Ausgabe von Informationen.“*

Bei weiter Interpretation dieser Definition müssten auch E-Book-Reader als Computer klassifiziert werden. Allerdings wird die Abgrenzung zu elektronischen Kleingeräten im folgenden Text der Vergabegründung weiter spezifiziert:

„Tablet-Computer, die neben anderen Eingabegeräten oder an deren Stelle einen berührungsempfindlichen Bildschirm haben können, gelten in dieser Spezifikation als tragbare Computer.“

„Geltungsbereich: [...] Nicht in den Geltungsbereich dieser Vergabegründung fallen Mobiltelefone, Smartphones, MDA's, PDA's und vergleichbare mobile Geräte.“

Generell ist davon auszugehen, dass die Vergabegründungen des Blauen Engels und anderer Umweltzeichen für tragbare Computer auf solche Geräte anwendbar ist, die neben der Darstellung von digitalen Buchinhalten auch noch andere Funktionen wie Darstellen und Abspielen von Multimediainhalten, Bearbeiten von Dateien, versenden von Emails etc. ermöglichen. Geräte die ausschließlich zur Darstellung von Buchinhalten (sowie zusätzlich dem Abspielen von Audiodateien) konzipiert sind, sind nicht durch existierende Vergabegründungen abgedeckt.

5.2 E-Book-Reader und die Ökodesign-Richtlinie

E-Book-Reader sind durch kein produktspezifisches Los durch den Ökodesign-Prozess erfasst. Dennoch haben zwei horizontale Lose eine gewisse Bedeutung für E-Book-Reader:

Anforderungen an den Standby und Aus-Zustand

Die sogenannte Standby-Verordnung (EC 1275/2008) ist seit dem 17. Dezember 2008 in Kraft und regelt die Mindestanforderungen an den Stromverbrauch im Standby- und Aus-Zustand.

Seit dem 17.12.2009 gelten folgende Mindestanforderungen:

Aus-Zustand: Maximal 1,0 W

Bereitschaftszustand: Maximal 2,0 W

Diese werden ab dem 17.12.2012 von folgenden Mindestanforderungen abgelöst:

Aus-Zustand: Maximal 0,5 W

Bereitschaftszustand: Maximal 1,0 W

Hier ist anzumerken, dass diese Grenzwerte in der Praxis für E-Book-Reader kaum Relevanz haben, da die Effizienz der Geräte – insbesondere solcher mit eInk-Display – sehr hoch ist und somit keine Aus- oder Bereitschaftszustände mit Verbräuchen über 0,5 W zu erwarten sind.

Anforderungen an die Netzteile

Die sogenannte Netzteilverordnung (EC 278/2009) ist seit dem 6. April 2009 in Kraft und regelt die Mindestanforderungen an die Effizienz externer Netzteile. Die zweite Stufe der verbindlichen Anforderungen tritt am 6. April 2011 in Kraft und beinhaltet folgende Kriterien:

Bitte hier noch eine Tabellenüberschrift einfügen, z.B.

Die Leistungsaufnahme bei Nulllast darf die nachfolgend genannten Obergrenzen nicht übersteigen:

	Externe AC/AC-Netzteile außer externen Niederspannungsnetzteilen	Externe AC/DC-Netzteile außer externen Niederspannungsnetzteilen	Externe Niederspannungsnetzteile
$P_O \leq 51,0 \text{ W}$	0,50 W	0,30 W	0,30 W
$P_O > 51,0 \text{ W}$	0,50 W	0,50 W	k. A.

Die durchschnittliche Effizienz im Betrieb darf die folgenden Grenzwerte nicht unterschreiten:

	Externe AC/AC- und AC/DC-Netzteile außer externen Niederspannungsnetzteilen	Externe Niederspannungsnetzteile
$P_O \leq 1,0 \text{ W}$	$0,480 \cdot P_O + 0,140$	$0,497 \cdot P_O + 0,067$
$1,0 \text{ W} < P_O \leq 51,0 \text{ W}$	$0,063 \cdot \ln(P_O) + 0,622$	$0,075 \cdot \ln(P_O) + 0,561$
$P_O > 51,0 \text{ W}$	0,870	0,860

5.3 Ableitung für ein Umweltzeichen für E-Book-Reader

Aus den angestellten Überlegungen werden Vergabekriterien für ein Umweltzeichen für E-Book-Reader abgeleitet. Die Kriterien sind im Anhang dieser Studie dokumentiert.

Insgesamt führen die angestellten Betrachtungen zu der Schlussfolgerung, dass E-Book-Reader Umweltentlastungspotenziale aufweisen, die sich vor allem aus dem Ersatz von gedruckten Büchern ergeben. Diese Entlastungen kommen bezogen auf die Treibhausgasemissionen ab einem effektiven Ersatz von 22 Büchern mit jeweils 200 Seiten pro E-Book-Reader zum Tragen und werden umso größer, je umfassend ein E-Book-Reader gedruckte Medien substituiert. Unter der Annahme, dass ein E-Book-Reader im Durchschnitt 30 Bücher substituiert ergeben sich auch mit durchschnittlichen Geräten Entlastungspotenziale bezüglich Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen. Diese positiven Effekte können durch produktspezifische Eigenschaften weiter unterstützt werden. Diese Eigenschaften betreffen vor allem eine

- langlebige Konstruktion (insbesondere durch eine Verwendung hochwertiger Batterien);
- eine umfassende Eignung für eine Vielzahl gängiger E-Book-Formate;

- einer Updatefähigkeit der Gerätesoftware;
- sowie dem Vorhalten von Ersatzteilen Seitens des Herstellers.

Unterstützt werden die Umwelteigenschaften zudem durch

- eine Beschränkung auf Geräte mit eInk-Display (sehr hohe Energieeffizienz);
- Kriterien zu Reduzierung der Ineffizienzen beim Ladevorgang;
- Kompatibilität mit Universalladegeräten;
- eine recyclinggerechte Konstruktion;
- Vermeidung umweltbelastender Materialien;
- Verbraucherinformationen zu verschiedenen umwelt- und produktrelevanten Themen.

6 Literatur

- Beyondprint 2010 Beyondprint: 2010: Kindle verkauft sich 8 Millionen Mal. Meldung vom 23.12.2010, Internet: <http://www.beyond-print.de/wp/2010/12/23/2010-kindle-verkauft-sich-8-millionen-mal/> (Zugriff: 16.05.2011).
- Börsenblatt 2009 Börsenblatt: Lesestudie: Deutsche sind E-Book-Skeptiker. Internet: <http://www.boersenblatt.net> (Zugriff: 28.05.2010).
- Börsenverein 2011 Börsenvereins des Deutschen Buchhandels e.V.: Umbruch auf dem Buchmarkt? Das E-Book in Deutschland, Pressekonferenz am 14. März 2011. Internet: http://www.boersenverein.de/sixcms/media.php/976/E-Book-Studie_2011.pdf (Zugriff: 24.03.2011)
- Buchanan & Kaufmann 2010 Buchanan, M.; Kaufmann, T.: Von fix bis lahm: Vier Lademöglichkeiten für das iPad im Vergleich. Internet: <http://www.gizmodo.de/2010/05/12/von-fix-bis-lahm-vier-lademoglichkeiten-fur-das-ipad-im-vergleich.html> (Zugriff: 04.01.2011).
- Buchmarkt.de 2009 Buchmarkt.de: Erste E-Book-Zahlen von GfK. Meldung vom 20.08.2009. Internet: <http://www.buchmarkt.de/content/39080-newsflash.htm> (Zugriff: 17.12.2010).
- Bunke et al. 2002 Bunke, D.; Griebshammer, R.; Gensch, C.-O.; EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung; UmweltWirtschaftsForum; Springer-Verlag. 10. Jg.; H. 4; Dezember 2002.
- DIN Verbraucherrat 2005 Verbraucherrat des DIN Deutschen Institut für Normung e.V.: Machbarkeitsstudie zur Normung von Akkus und Anschlüssen an akkubetriebenen Geräten für Ladegeräte. Berlin, 2005.
- ElektroG Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten vom 16. März 2005 (BGBl. I S. 762), zuletzt geändert durch Art. 11 G v. 31.7.2009 I 2585.
- EuP 2007 EuP Preparatory Study Lot 7: Battery chargers and external power supplies. BIO IS & Fraunhofer IZM, Brussels, 2007.
- EU-VO 1275/2008 Verordnung (EG) Nr. 1275/2008 der Kommission vom 17. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Stromverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Bereitschafts- und im Aus-Zustand.

Grießhammer et al. 2007	Grießhammer, R.; Buchert, M.; Gensch, C.-O.; Hochfeld, C.; Manhart, A.; Rüdener, I.; in Zusammenarbeit mit Ebinger, F.; Produkt-Nachhaltigkeits-Analyse (PROSA) - Methodenentwicklung und Diffusion; Öko-Institut 2007.
Grießhammer et al. 2009	Grießhammer, R., Quack, D., Brommer, E., Lüders, B. PROSA-Kurzstudie – Tragbare Kleincomputer (Netbooks) – Entwicklung der Vergabekriterien für ein Klimaschutzbezogenes Umweltzeichen, Öko-Institut 2009.
Hagelüken 2006	Hagelüken, C.: Improving metal returns and eco-efficiency in electronic recycling – a holistic approach to interface optimization between pre-processing and integrated metal smelting and refining. In: Proc. 2006 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 08.–11.05.2006, San Francisco.
Hagelüken & Buchert 2008	Hagelüken, C.; Buchert, M.: The mine above ground – opportunities & challenges to recover scarce and valuable metals from EOL electronic devices. Presentation auf der IERC Salzburg, 17. Januar 2008.
Heijungs et al. 1992	Heijungs, R. (final ed.): Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide (part 1) and Backgrounds (Part 2); prepared by CML, TNO and B&G; Leiden 1992.
Heise 2009	Heise online: Ab 2010 farbiges E-Papier. Meldung vom 30.11.2009. Internet: http://www.heise.de/newsticker/meldung/Ab-2010-farbiges-E-Paper-872278.html (Zugriff: 16.05.2011).
Huisman et al. 2007	Huisman, J.; Magalini, F.; Kuehr, R.; Maurer, C.; Ogilvie, S.; Poll, J.; Delgado, C.; Artim, E.; Szlezak, J.; Stevels, A.: 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Bonn 2007.
Infothema 2010	Infothema: EBook Reader Display. Internet: http://www.infothema.de/ebook-reader-display (Zugriff: 04.01.2011).
IPCC 1995	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Climate Change 1995 – The science of Climate Change.
Prakash & Manhart 2010	Prakash, S.; Manhart, A.: Socio-economic assessment and feasibility study on sustainable e-waste management in Ghana. Öko-Institut 2010.
Quanta 2010	Quanta Computer Inc.: Product-Category Rules (PCR) for preparing an environmental product declaration (EPD) for e-Reader. Version 1.0 (11.10.2010).
RAL-UZ78d 2011	RAL gGmbH (Hrsg.): Vergabegrundlage für Umweltzeichen „Der Blaue Engel“. Tragbare Computer RAL-UZ 78d. Ausgabe Januar 2011. Internet: http://www.blauer-engel.de/_downloads/vergabegrundlagen_de/UZ-078d.zip (Zugriff: 10.05.2011).

- Schnell 2009 Schnell, M.: Akkulaufzeiten bei eBook Readern kürzer als versprochen?
Internet: <http://www.ebook-reader.de/kontrastreich/akkulaufzeiten-bei-ebook-readern-kurzer-als-versprochen> (Zugriff: 04.01.2011).
- SIMS 2010 SIMS Recycling Solution: Mündliche Kommunikation. Echt, 2010.
- Spiegel 1999 Der Spiegel (vom 23.11.1999): Rocket eBook – Die Revolution stolpert voran.
Internet: <http://www.spiegel.de/netzwelt/tech/0,1518,53504,00.html>
(Zugriff: 03.01.2011).
- Spiegel Online 2010 Spiegel Online: Amazon verkündet E-Buch-Sieg. Internet: <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/0,1518,707505,00.html>
(Zugriff: 16.05.2011).
- StiWa 2010 Stiftung Warentest: Tragbarer Bücherschrank – Test E-Book-Reader. In Test 10/2010, S. 34-39.
- SZ 2011 Süddeutsche Zeitung: Unser Kindle – Amazon beginnt mit dem Verkauf deutschsprachiger E-Books. Meldung in der Ausgabe vom 23.-25. April 2011.
- Moberg et al. 2011 Moberg, A.; Borggren, C.; Finnveden, G.: Books from an environmental perspective – Part 2: e-books as an alternative to paper books”. International Journal of Life Cycle Assessment (2011) 16:238-246, Stockholm 2011.
- Zeit Online 2010 Zeit Online: E-Books auf der Buchmesse – Die Ruhe nach dem Hype. Internet: <http://www.zeit.de/kultur/literatur/2010-03/ebooks-buchmesse>
(Zugriff: 23.04.2010).

7 Anhang

7.1 Anhang 1: Wirkungskategorien der Life Cycle Analysis

- Kumulierter Primärenergieaufwand (KEA)
- Treibhauspotenzial (GWP)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Eutrophierungspotenzial (EP)
- Photochemische Oxidantienbildung (POCP)

7.1.1 Kumulierter Primärenergieaufwand

Die energetischen Rohstoffe werden anhand des Primärenergieverbrauchs bewertet. Als Wirkungsindikatorwert wird der nicht-regenerative (d.h. fossile und nukleare) Primärenergieverbrauch als kumulierter Energieaufwand (KEA) angegeben.

7.1.2 Treibhauspotenzial

Schadstoffe, die zur zusätzlichen Erwärmung der Erdatmosphäre beitragen, werden unter Berücksichtigung ihres Treibhauspotenzials bilanziert, welches das Treibhauspotenzial des Einzelstoffs relativ zu Kohlenstoffdioxid kennzeichnet. Als Indikator wird das Gesamtreibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach IPCC 2007 berücksichtigt.

7.1.3 Versauerungspotenzial

Schadstoffe, die als Säuren oder aufgrund ihrer Fähigkeit zur Säurefreisetzung zur Versauerung von Ökosystemen beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Versauerungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Versauerungspotenzial kennzeichnet die Schadwirkung eines Stoffes als Säurebildner relativ zu Schwefeldioxid. Als Indikatoren für die Gesamtbelastung wird das Gesamtversauerungspotenzial in SO₂-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2009 berücksichtigt.

7.1.4 Eutrophierungspotenzial

Nährstoffe, die zur Überdüngung (Eutrophierung) aquatischer und terrestrischer Ökosysteme beitragen können, werden unter Berücksichtigung ihres Eutrophierungspotenzials bilanziert und aggregiert. Das Eutrophierungspotenzial kennzeichnet die Nährstoffwirkung eines Stoffes relativ zu Phosphat. Als Indikator für die Gesamtbelastung werden das aquatische und das

terrestrische Eutrophierungspotenzial in Phosphat-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2009 berücksichtigt.

7.1.5 Photochemische Oxidantienbildung

Zu den Photooxidantien gehören Luftschadstoffe, die zum einen zu gesundheitlichen Schädigungen beim Menschen, zum anderen zu Schädigungen von Pflanzen und Ökosystemen führen können. Den leichtflüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds, VOC) kommt eine zentrale Rolle zu, da sie Vorläufersubstanzen sind, aus denen Photooxidantien entstehen können. Als Indikator für die Gesamtbelastung wird das Photooxidantienbildungspotenzial in Ethylen-Äquivalenten angegeben. Zur Bilanzierung werden die Charakterisierungsfaktoren nach CML 2009 berücksichtigt.

7.2 Anhang 2: Vergabegrundlage für das Umweltzeichen Blauer Engel